

*Министерство образования и науки  
Российской Федерации*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»*

**П. С. Волегов,  
Т. А. Герцен,  
И. Ю. Черникова**

**УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ  
РАБОТА В ПРОФИЛЬНОЙ ШКОЛЕ  
(II ЧАСТЬ)**

**Научное издание**

**СЕРИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЙ ВУЗ ШКОЛЕ**

Издательство «ПУШКА»  
2015

**УДК 372.85**

**ББК 74.2**

**У 91**

**Рецензенты:**

*В. Ю. Столбов* (доктор техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО ПНИПУ);

*Ю. В. Корзнякова* (канд. пед. наук, доцент ФГБОУ ВПО ПГГПУ);

*И. В. Елтышева* (канд. биол. наук, препод. МБОУ «Лицей № 1» г. Перми)

**П. С. Волегов, Т. А. Герцен, И. Ю. Черникова**

**У 91** Учебно-исследовательская работа в профильной школе (II часть): монография/ ФГБОУ ВПО ПНИПУ/ П. С. Волегов, Т. А. Герцен, И. Ю. Черникова; Пермь: Издательство «Пушка», 2015. – ? с.

Монография посвящена актуальным вопросам профилизации общего образования и методике преподавания математики и естественнонаучных дисциплин в 9–11-х классах современной школы. Раскрываются теоретические и практические аспекты организации и содержания учебно-исследовательской работы учащихся профильных классов и классов с углубленным изучением математики, физики и химии. Обобщен опыт творческой и исследовательской деятельности школьников в системе интеграции математических и естественнонаучных дисциплин.

Книга адресована педагогам и специалистам системы общего и высшего профессионального образования, студентам и аспирантам педагогических вузов.

**УДК 372.85**

Монография подготовлена в рамках государственного задания Минобрнауки России для ФГБОУ ВПО «ПНИПУ» в 2015 г. по НИР «Разработка и апробация программного комплекса творческих и исследовательских заданий по математическим и естественнонаучным дисциплинам для профильных школ и классов с углублённым изучением предметов».

**ISBN**

© ФГБОУ ВПО «ПНИПУ», 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко II части . . . . .	4
II часть. ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОФИЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СТАРШЕКЛАССНИКОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ . . . . .	5
Глава 1. Включение творческих и учебно-исследовательских заданий в образовательный процесс профильных классов (И. Ю. Черникова) . . . . .	5
Глава 2. Применение подходов математического моделирования в учебно-исследовательской работе для профильных школ и классов с углубленным изучением предметов физико-математического цикла (П. С. Волегов) . . . . .	20
Глава 3. Разработка и апробация комплекса творческих и исследовательских заданий интегративного характера (Т. А. Герцен) . . . . .	62
Послесловие . . . . .	94

## **Предисловие ко II части**

Представленная вторая часть научного труда по развитию учебно-исследовательской работы в профильной школе посвящена разбору эффективных форм и методов творческой и исследовательской деятельности старшеклассников. Особое внимание заслуживает система профессиональных проб на основе учебно-исследовательских работ интеграционного характера.

Вниманию исследователей, ученых в области общего образования предложен механизм разработки, апробации и внедрения в профильные естественнонаучные, инженерно-технические классы, классы с углубленным изучением математики, физики и химии особой формы организации исследовательской работы – интеграционное учебно-исследовательское задание внеурочного характера.

Инженерно-технические вузы, учреждения общего образования ставят единые задачи в формировании инновационных форм работы с талантливыми детьми в области математики, естественных наук, инженерно-технического творчества – развитие системы профессионального самоопределения молодежи на основе развития их интеллектуального и творческого потенциала. Коллектив авторов объединила общая тема по развитию исследовательской деятельности старшеклассников, разработке и внедрению интегрированных учебно-исследовательских заданий в систему качественной математической и естественнонаучной подготовки молодежи.

Данная работа будет интересна не только учителям и педагогам дополнительного образования, но и руководителям детских научных кружков, заместителям директоров школ с целью развития новых форм организации работы с талантливыми детьми.

И в завершение мы хотели бы поблагодарить педагогов центра развития детской и юношеской одаренности ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» за активный вклад в развитие учебно-исследовательской работы старшеклассников в Пермском регионе.

*Коллектив авторов:*

*П. С. Волегов, Т. А. Герцен, И. Ю. Черникова*

---

## **Глава 1.**

# **Включение творческих и учебно-исследовательских заданий в образовательный процесс профильных классов**

Современная система подготовки талантливых школьников к обучению в инженерно-технических вузах сопряжена с определенными трудностями: перегруженность общеобразовательных программ большим количеством небольших учебных курсов (иногда до 20% в учебном плане); нехватка квалифицированных специалистов, способных осуществлять индивидуально-групповое консультирование старшеклассников по новым направлениям фундаментальной науки, инженерно-техническому направлению. Законодательство Российской Федерации в области образования позволяет использовать в учебно-воспитательном процессе старшеклассников различные электронные, открытые и сетевые формы взаимодействия образовательных организаций общего и высшего профессионального образования, обеспечивающие качественную подготовку будущих инженеров, ученых, исследователей в области математики, физики и химии.

Для того чтобы сотрудничество между школой и Центром дополнительного довузовского образования инженерного вуза было эффективным, в образовательном процессе профильной школы необходимы серьезная корректировка и значительные изменения.

Многочисленные исследователи (А. В. Хуторской, Н. С. Лейтес, А. С. Савельев, С. А. Леднева, И. С. Якиманская) в области общей педагогики, физиологии и психологии развития детской одаренности неоднократно ставили вопрос о создании особой культурно-образовательной творческой среды, позволяющей каждому ребенку в индивидуальном темпе выстраивать свой образовательный маршрут с учетом возможностей и способностей к интеллектуальной деятельности ([3], [11], [24], [31]).

В системе учебной деятельности профильной школы или школы с углубленным изучением ряда предметов математического или естественнонаучного направлений следует обратить внимание на индивидуальные формы работы со старшеклассниками, возрастные и личные особенности. Необходимо активизировать формы работы со старшеклассниками, создающие устойчивую, внутренне значимую мотивацию молодежи на развитие и учение в области научного естествознания и дополнительных глав математики, его осознанное самоопределение, выбор будущей профессии. Нужно предусмотреть для школьников 10–11-х классов образовательные экскурсии на предприятия, в вузы, образовательные центры, специализирующиеся на профориентационной деятельности ([8], [17], [23], [25], [36]). Разнообразные тренинги, деловые игры, семинары на основе управляемой рефлексии, групповые и индивидуальные консультации высококвалифицированных специалистов позволят сформировать у школьников устойчивый интерес к занятиям наукой, проведению исследований, что, в конечном счете, позволит выстроить не только профессионально-образовательный маршрут старшеклассника, но и создаст условия для подготовки кадрового потенциала региона и станет основой для изменения регионального рынка труда с учетом потребностей предприятий, сферы обслуживания территории Российской Федерации.

Сотрудничество технического университета и школы открывает большие возможности для создания образовательного пространства региона, муниципалитета и позволит выстроить целеполагание участников образовательных отношений на совместную работу по реализации личного потенциала учащихся в области математики, естественных наук и инженерного дела.

Старшеклассникам предоставляется выбор уровня и глубины освоения не только предмета, но и создание условий для формирования представления в интегрированной области научных интересов, сферы производства и научного исследования, тем са-

мым у учащихся появляется возможность выбора личностнозначимой траектории выбора будущей профессии. Факультеты инженерно-технических вузов смогут получить не случайно попавших студентов, а действительно заинтересованных ребят, прошедших определенную предпрофессиональную довузовскую подготовку, обладающих ключевыми компетенциями, представляющими вектор направлений математической, естественнонаучной и инженерно-технической подготовки, ориентированных на осознанный выбор будущей профессии.

Особо следует отметить, что важным направлением деятельности при обучении и развитии талантливых детей является четкая организация сферы научно-исследовательской деятельности ([6], [22], [34]). Учитель классов с углубленным изучением предметов математического, естественнонаучного циклов, педагог дополнительного образования, специалист профильной школы, осуществляющий профориентационную деятельность, должны не только заинтересовать, научным поиском старшеклассников, показать преимущества различных форм и методов научно-исследовательской деятельности, но и предоставить возможность старшеклассникам в группах или индивидуально участвовать в опытно-экспериментальной и научно-исследовательской работе. Причем организационная сторона профориентационной работы должна быть четкой, структурированной и в научном плане сильной для старшеклассника. Общая задача всех специалистов – четкая организация учебно-научного исследования, планирование действий учащихся с учетом всех составляющих факторов, психолого-педагогический контроль этапов профориентационной и учебно-исследовательской деятельности старшеклассников.

Для того чтобы старшеклассник захотел участвовать в научно-исследовательской работе, необходимо сформировать научно-исследовательскую мотивацию. Будущий выпускник должен не только захотеть понимать научную информацию и сообщать ее

другим, но и говорить обдуманно, целенаправленно, решать проблемы, получать и передавать информацию, работать с литературными источниками, дискутировать и выступать с докладами, уметь слушать других и себя.

Рассмотрим организационный компонент профильной подготовки старшеклассников на примере включения учебно-исследовательского задания по математике с интеграцией в естественно-научные и инженерно-технические дисциплины (вариант технологической карты по М. В. Кларину).

*Структурные организационные схемы  
учебно-исследовательской деятельности учащихся  
по математическому направлению*

Схема № 1. «Обучение исследованию»

*Цель:* не столько достижение результата, сколько освоение самого процесса исследования.

*Технология:* учитель ставит проблему и намечает стратегию и тактику ее решения. Само решение предстоит найти учащемуся. Модель реализуется как форма организации индивидуальной деятельности ученика во внеурочное время.

*Шаг 1.* Столкновение с проблемой.

*Шаг 2.* Сбор данных – верификация.

*Шаг 3.* Сбор данных – экспериментирование.

*Шаг 4.* Построение объяснения.

*Шаг 5.* Анализ хода исследования.

Схема № 2. «Приглашение к исследованию»

*Цель:* развитие проблемного видения, стимулирование поискового мышления.

*Технология:* учитель ставит проблему, но уже метод ее решения ученики ищут самостоятельно. Реализуется как форма организации групповой и коллективной деятельности ученика во время урока.

*Шаг 1.* Знакомство с содержанием предстоящего исследования.

*Шаг 2.* Построение собственного понимания замысла исследования.

*Шаг 3.* Выделение трудностей учебного познания как проблемы исследования

*Шаг 4.* Реализация собственного способа построения исследовательской процедуры.

### Схема № 3. «Систематическое исследование»

*Цель:* формирование научного мышления, синтез процесса исследования и его результатов.

*Технология:* постановка проблемы, поиск методов ее исследования и разработка решения осуществляется учащимся самостоятельно.

*Шаг 1.* Определение проблемы.

*Шаг 2.* Выдвижение гипотезы.

*Шаг 3.* Выбор источников информации.

*Шаг 4.* Анализ и синтез данных.

*Шаг 5.* Организация данных для ответа на поставленные вопросы и проверки гипотезы.

*Шаг 6.* Интерпретация данных в соотнесении с социальными, экономическими и политическими процессами.

Учитывая специфику второй части настоящей монографии, именно ее практико-ориентированный характер, сформируем библиографический список, предложенный в конце настоящей главы, который послужил основой для размышления и обоснования необходимости введения в профильную школу особой формы работы – учебно-исследовательское задание интегрированного характера.

Рассмотрим особенности использования исследовательских форм работы с детьми на основе организации учебного процесса и основные принципы деятельности многопрофильного лица,

которые наиболее полно реализовались в работе физико-математического отделения (опыт представлен руководителем ресурсного центра детской и юношеской одаренности ПНИПУ (на базе МБОУ «Лицей № 1» г. Перми) Ниной Валентиновной Волковой).

График учебного процесса в течение года соответствует вузовскому. Два учебных семестра, в конце каждого – зачетная неделя, затем сессия, во время которой ребята сдают два экзамена по профильным предметам, как правило, в устной форме. В середине семестра проходит неделя межсессионной аттестации, по результатам которой определяется успешность каждого лицеиста в освоении программ по всем предметам. В конце 10-го класса проводится учебно-исследовательская практика, тематику и направление которой каждый обучающийся выбирает самостоятельно и осознанно. Планирование учебных занятий по 2 урока (парами) дало возможность использовать нетрадиционные для школ формы проведения занятий: лекции, семинары, лабораторные и практические занятия, проводимые в лабораториях и на кафедрах технического университета. Были апробированы и сейчас успешно используются такие виды контроля успешности обучения, как расчетные, проектные, творческие работы, требующие достаточно длительного временного промежутка для их выполнения, наличия при необходимости консультации с педагогом, ведущим предмет.

Ведут преподавательскую работу в отделении педагоги, имеющие высокий интеллект, широчайший кругозор. Часто это преподаватели пермских вузов. Это не просто математики и физики, информатики, химики, биологи и так далее, а люди, имеющие связь с наукой и производством, понимающие, где и как могут быть применены теоретические основы преподаваемых ими наук. Они готовы общаться с лицеистами на любую тему и умеют это делать без унижения достоинства своих учеников. На отделении довольно демократичные отношения с учащимися и вместе с тем очень высокие требования к ответам учеников и их знаниям, от-

ношению к учебе в целом. Преподаватели часто свободно общаются с лицеистами на переменах или по дороге в лицей или из лицея, участвуют в совместных поездках на турбазы, организуют экскурсионно-познавательные программы и встречи с учеными г. Перми. Иногда кажется даже, что отношения ребят и преподавателей слишком близкие, неформальные. Но это только кажется, потому что стоит закрыться двери на занятие и... каждый лицеист понимает, что для того, чтобы получить хотя бы «удовлетворительно», надо очень много заниматься, выполнять все учебные задания. Отметка за семестр по любому предмету никогда не выставляется по принципу «среднего арифметического» значения, надо отчитаться по всем видам контрольных мероприятий. Все это знают и рано или поздно вынуждены начинать заниматься на совесть. Это, с одной стороны, дает ребятам возможность планировать свою учебную нагрузку, а с другой – заставляет постоянно следить за графиком выполнения учебных заданий. В преподавательских комнатах (специализированные помещения для педагогических работников) педагоги постоянно обсуждают методы работы с ребятами, всегда имеется масса интересных и новых педагогических идей, их воплощение в реальности.

Процесс образования на отделении в первую очередь связан с идеями самоопределения личности. Приобретение знаний – процесс очень важный, но это не самоцель, а средство решения актуальных для ученика проблем. Наша основная задача как педагогов не только снабдить учеников определенным набором знаний, обучить их основным способам и алгоритмам в учебной деятельности, но и научить ориентироваться в сложных потоках информации, умению ставить своевременные и наиболее актуальные вопросы и самостоятельно получать на них обоснованные ответы.

В 10-й класс физико-математического отделения приходят учиться ребята из разных школ г. Перми и Пермского края.

Все они обладают различной компетентностью в разных образовательных областях. Цель образования на отделении состоит в достижении обучающимися уровня образованности, соответствующего их потенциалу и обеспечивающего возможность продолжения образования.

Для этого, во-первых, мы стараемся расширить круг личностно значимых проблем, развить систему ценностей и представление учеником своих возможностей, способностей определять цели своей деятельности и последовательности задач для их достижения.

Во-вторых, нам необходимо расширить круг средств решения значимых для лицеиста проблем. Это происходит за счет освоения учебных дисциплин, расширения образовательного пространства, а также формирование у учащихся универсальных способов деятельности. К числу универсальных способов решения проблем в педагогической теории и практике относят моделирование, прогнозирование, системный анализ, проектирование, исследование и т. д.

Одним из способов достижения поставленных целей является внедрение в учебный процесс элективных курсов, направленных на формирование метапредметных компетенций наших учеников. На протяжении последних лет ребята успешно осваивают такие курсы, как «Численные методы решения задач», «Основы математического моделирования», «Основы постановки и проведения физического эксперимента», «Применение нанотехнологий в различных сферах деятельности человека», «Объектно-ориентированное программирование», «Элементы фрактальной математики», «Элементы теории игр», «По страницам математических этюдов». Для расширения знаний по математике ребята занимаются исследовательскими практикумами, на которых осваивают такие разделы математики, как «Векторная алгебра», «Линейная алгебра», «Теория вероятностей», «Элементы теории чисел».

Сформировать у учащихся универсальные способы деятельности на материале одного предмета довольно сложно. Необходимо межпредметное взаимодействие. Для этого педагогическим коллективом физико-математического отделения ставится задача вывести учеников на индивидуальные образовательные траектории, помочь ребятам выбрать спектр именно тех учебных практик, которые необходимы для достижения поставленных целей. Довольно интересной в данной концепции является практика изучения предметов естественнонаучного цикла на английском языке или с применением английского языка. Довольно большой процент преподавателей физики, математики, химии, биологии, работающих на физико-математическом отделении, владеют английским языком, ведут научные исследования, общаются с коллегами из стран Европы, Америки. На отделении имеется опыт преподавания естественнонаучных предметов на английском языке. Иностранный язык на таких занятиях становится инструментом получения знаний из других областей. Эти занятия также являются дополнительными курсами и не разрушают структуру образования. В сочетании с разнообразным необычным мультимедиа-сопровождением соединение естественнонаучного и гуманитарного начал положительно отражается на успеваемости, общей эрудиции и культуре обучающихся. Также ученики отделения с удовольствием являются слушателями и участниками мастер-классов и семинаров, проводимых на английском языке учеными, приезжающими в наш город из Франции, Австрии, Нидерландов по совместным с Россией программам развития современной науки.

Еще одним из способов формирования у ребят старших классов универсальных способов деятельности является учебно-исследовательская работа (УИР). Она является обязательной для каждого ученика отделения и одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Это особый способ повышения познавательной активности и интеллектуального потенциала

учащегося. Выбор лицеистом темы исследования – важнейшая психолого-педагогическая задача. Она предполагает использование известных технических объектов в нестандартных ситуациях. Тема УИР обязательно должна соответствовать индивидуальным особенностям мышления и восприятия учащегося. Очень интересны, как показывает опыт, темы работ, связывающие между собой различные предметы: математику и информатику; физику, математику и информатику; экономику, математику и информатику; социологические исследования и информатику, и этот ряд можно продолжить. Исследовательская деятельность чаще всего либо выходит за рамки изучаемого учебного материала, либо в процессе изучения профильного предмета становится прорывом к разнообразным формам деятельности, которые и формируют общеобразовательную компетентность. Такая организация позволяет повысить мотивацию к исследовательской работе, заинтересовать лицеистов научными проблемами, ориентирует на обдуманый выбор будущей специальности.

На процесс формирования высокоинтеллектуальной, широко образованной личности большое влияние оказывает среда, в которой находится ученик. Создание такой среды – это еще одна важная задача, которая решается на физико-математическом отделении.

Преподаватели физико-математического отделения разработали и реализовали систему проектной деятельности лицеистов во внеучебное время, направленную на получение опыта работы в команде, решения поставленных задач в экстремальных условиях, умения правильно распределять время, выделенное на решение задач, самостоятельно выбирать приоритетные направления в своей деятельности, развивать лидерские качества. Помимо этого, каждый ученик отделения вправе выбирать для себя социальные практики, направленные на самореализацию. Это может быть участие в творческой группе по подготовке и проведению художественно-эстетических мероприятий, концертной деятель-

ности, членом сборных лицез по спортивным играм, выбрать для себя организационную работу в классе или отделении, стать действенным помощником классного куратора.

Еще одним важным направлением в работе отделения является профориентационная деятельность.

Наш лицей, и физико-математическое отделение в том числе, являясь уникальным общеобразовательным учебным заведением, фактически всегда был центром развития одаренности ребят. Об этом говорят и многочисленные победы и признания нашего лицез в различных конкурсах, проводившихся в Пермском крае и России.

Как Центр направление работы с одаренными ребятами оформилось в 2012 году, когда лицей стал ресурсным центром Института непрерывного образования Пермского национального исследовательского политехнического университета, принимая активное участие в конкурсах, олимпиадах, конференциях, экскурсионных программах, проводимых в рамках профориентационной деятельности вуза.

Основной задачей Центра является помощь учащимся в самоопределении, выборе вида своей будущей деятельности. В этом помогает существующая на физико-математическом отделении система тьюторского сопровождения обучающихся. Главная задача тьютора – через систему исследовательской деятельности, предметов, изучаемых углубленно, элективных курсов выбрать именно те учебные дисциплины, которые помогут поступить в нужный вуз, сформировать себя как личность. Благодаря такой поддержке многие лицеисты 10–11-х классов участвуют в олимпиадах, проводящихся вузами России, конкурсах научно-исследовательских работ краевого, всероссийского уровней, имеют научные публикации. При этом они приобретают опыт публичных выступлений, грамотных ответов на вопросы, умение обсуждать проблемы в рамках своей научной темы. В работе с лицеистами большую помощь оказывают преподаватели вузов Перми, рабо-

тающие в лицее. Многие из них являются нашими выпускниками, которые, получив высшее образование в основном по наукоемким специальностям, возвращаются к нам преподавать математику, физику, информатику.

Центр работает под руководством администрации лицея, которая формирует основные идеи, направления развития нашего образовательного учреждения, реализуя их через конкретные учебные и внеучебные мероприятия. Важным на физико-математическом отделении является организация встреч с ведущими учеными вузов нашего города, особенно Пермского национального исследовательского политехнического университета, посещение академических научных институтов, таких как Институт механики сплошных сред, Институт технической химии, факультет прикладной математики и механики ПНИПУ, лабораторий кафедр аэрокосмического, электротехнического, химико-технологического факультетов, ведущих работы по наукоемким направлениям, оснащенные современным оборудованием.

Знакомясь с основными направлениями развития современной науки, пытаюсь разобраться в заинтересовавших их вопросах, учащиеся, безусловно, расширят свой кругозор, научатся общаться на профессиональном языке, сориентируются в своих интересах, правильнее выберут путь получения дальнейшего образования.

Большинство выпускников физико-математического отделения лицея всегда отличает желание получить фундаментальное образование, а также желание самореализоваться в областях деятельности, отличных от своего профиля обучения.

От учеников общеобразовательных школ бывших лицеистов отличает отсутствие боязни задавать вопросы, умение отстаивать свое мнение, вести дискуссию, принимать смелые и нестандартные решения при выполнении учебных заданий, отсутствие боязни сделать ошибку и получить плохую отметку.

Педагоги физико-математического отделения уверены, что всестороннее развитие личности ребенка, раскрытие его творческого потенциала, гармонизация видения мира, умение найти подходы к решению любой поставленной перед ним задачи, непрерывность в образовании – вот спектр задач, которые должны решаться в аудиторной, внеаудиторной и внеучебной работе с учащимися.

### Библиографический список

1. Матюшкин А. М. Загадки одаренности. М., 1993.
2. Лейтес Н. С. Умственные способности и возраст. М.: Педагогика, 1971.
3. Выготский Л. Н. Воображение и творчество в дошкольном возрасте. СПб.: Союз, 1997. 92 с.
4. Карне М. Одаренные дети/Пер. с англ. Общ. ред. М.: Знание, 1994.
5. Психология детей и подростков. СПб.: Изд-во Буковского, 1994.
6. Одаренный ребенок/Под ред. О. М. Дьяченко. М., 1997.
7. Гильбух Ю. З. Внимание: одаренные дети. М.: Знание, 1991.
8. Психологический очерк: кн. для учителя. М.: Просвещение, 1991.
9. Мир Психологии//<http://psychology.net.ru>
10. Эфроимсон В. П. Загадка гениальности. М.: Знание, 1991.
11. Теплов М. Б. Избранные труды. В 2-х т. Т. 1. М.: Просвещение, 1971.
12. Лейтес Н. Легко ли быть одаренным?//Семья и школа. 1990. № 6.
13. Лейтес Н. С. Об умственной одаренности. М.: Просвещение, 1960.
14. Годфруа Ж. Психология. В 2-х т. Т. 1. М.: Мир, 1992. Л., 1983.
15. Лейтес Н. С. Проблемы психологии творчества и разработка подхода к изучению одаренности.
16. Одаренные дети/Пер. с англ. Под ред. Бурменской, Слуцкого. М.: Прогресс, 1991. 376 с.

16. *Запорожец А. В.* Избранные психологические труды. В 2-х т. М.: Просвещение, 1986.
17. *Лейтес Н. С.* Проблема развития познавательных способностей.
18. *Моляко В. А.*//Вопросы психологии. 1994. № 5. С. 86–95. Проблемы способностей в советской психологии: межвузов. сб. науч. тр. Л.: ЛГПИ, 1984.
19. *Лейтес Н.* Судьба вундеркиндов//Семья и школа. 1990. № 12. С. 27.
20. *Юнг К. Г.* Конфликты детской души. М.: Канон, 1995.
21. *Лейтес Н.* Бывают выдающиеся дети...//Семья и школа. 1990. № 3.
22. *Лейтес Н.* Возрастная одаренность//Семья.
23. *Фромм Э.* Анатомия человеческой деструктивности. М., 1996.
24. *Савельев А. И.* Детская одаренность: развитие средствами искусства. М.: Педагогическое общество России, 1999. 220 с.
25. *Хуторской А. В.* Развитие одаренности школьников: Методика продуктивного обучения: пособие для учителя. М.: ВЛАДОС, 2000.
26. *Бабаева Ю. Д.* Одаренность детей и подростков в области новых информационных технологий//Одаренный ребенок. 2002. С. 4–23.
27. *Леднева С. А.* Детская одаренность глазами педагогов//Начальная школа. 2003. № 1. С. 80–825; *Кулемзина А.* Кризисы детской одаренности//Школьный психолог. 2002.
28. *Аношкина В. Л., Резванов С. В.* Образование. Инновация. Будущее. М., 2001.
29. Стенограмма заседания Экспертной группы № 7 по обновлению «Стратегии-2020» от 31 мая 2011 г.//[http://strategy2020.rian.ru/g7\\_events/20110606/366083391.html](http://strategy2020.rian.ru/g7_events/20110606/366083391.html)
30. *Фейгельман М.* Как сохранить островки науки в России. Лекция и дискуссия. 19 апреля 2011 г.//<http://www.polit.ru/article/2011/04/19/feigelman/>
31. *Хуторской А. В.* Педагогическая инноватика: Методология, теория, практика: науч. издание. М.: Изд-во УНЦ ДО, 2005.
32. *Хуторской А. В.* Эвристическое обучение: Теория, методология, практика: науч. издание. М.: Международная педагогическая академия, 1998.

33. *Шестаков А. Л., Сидоров А. И., Шефер Л. А., Гичкина Е. В.* О системном подходе к формированию программ обучения в рамках непрерывного образования//Образование через всю жизнь: Непрерывное образование для устойчивого развития: тр. межд. сотрудничества. Т. 7/Сост. Н. А. Лобанов; под науч. ред. Н. А. Лобанова и В. Н. Скворцова. Ленингр. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, НИИ соц.-экон. и пед. пробл. непрерыв. образования. СПб.: ЛГУ им. А. С. Пушкина, 2009.

32. *Якиманская И. С.* Технология личностно-ориентированного образования. М., 2000.

34. *Завьялова О. Ф.* Развитие познавательных способностей и логического мышления младших школьников//Одаренный ребенок. 2010. № 3. С. 57–62.

35. *Зубарева А. В.* Апробация интегрированного курса «Математические приемы в практической географии»//Одаренный ребенок. 2010. № 3. С. 63–65. Библиогр. С. 65.

36. *Смушкевич Л. Н.* Организация проектной и исследовательской деятельности учащихся в условиях многопрофильного лицея//Одаренный ребенок. 2010. № 3. С. 88–92. Библиогр. С. 92.

37. *Сафронова Т. Г.* Взаимодействие основного и дополнительного образования: развитие творческой одаренности личности//Одаренный ребенок. 2010. № 3. С. 101–105.

38. *Маистровая З. Г.* Психолого-педагогическое сопровождение одаренных детей: диагностика развития//Одаренный ребенок. 2010. № 3. С. 120–124.

39. *Велтистов М. Е.* Философские и психолого-педагогические условия подготовки художника-педагога к развитию творческого воображения учащихся//Одаренный ребенок. 2009. № 2. С. 28–45.

## Глава 2.

### **Применение подходов математического моделирования в учебно-исследовательской работе для профильных школ и классов с углубленным изучением предметов физико-математического цикла**

В последние десятилетия основным инструментом научной, проектной, технологической и других видов деятельности (от астрофизики до экономики и истории) стало математическое моделирование исследуемых процессов, конструкций, явлений. Особенно значимость математического моделирования возросла в связи с гигантскими темпами развития вычислительной техники, появлением сверхмощных компьютеров и кластеров, ориентированных на новые вычислительные технологии – параллельные вычисления.

Возможность моделирования сложных систем, описываемых существенно нелинейными уравнениями физики, механики, математической физики, подходами молекулярной динамики и клеточных автоматов, вызвали настоящую революцию в естественных науках. Математические модели сложных процессов, в динамике отображающихся на экране компьютера, будят воображение ученого и являются источником новых идей [[www.mmsp.pstu.ru](http://www.mmsp.pstu.ru)].

*Математическое моделирование* – это идеальное научное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта осуществляется на языке математики, а исследование модели проводится с использованием тех или иных математических методов [по П. В. Трусову].

Учитывая, что математика – язык, на котором в науке принято описывать любые объекты, системы, процессы и явления в окружающем нас мире, использование методологии математического моделирования позволяет применять математические методы при решении задач, относящихся к совершенно различным областям знаний: в физике, химии, биологии, экономике, общественных науках, технике и технологии (в том числе расчет оптимальных конструкций или устройств). Кроме того, есть класс вопросов «чисто» математического или методического плана, которые можно рассматривать в рамках исследовательской работы (в том числе и с применением методологии математического моделирования). Например, вопросы алгебры (методы решения специальных видов уравнений, подходов к упрощению неравенств и т. д.); вопросы геометрии (сложные геометрические объекты, множества, сечения и др.); методические аспекты математики (создание тренировочных и программных комплексов для построения сечений, для распознавания геометрических образов, методика решения задач стереометрии, в том числе в задачах по физике и математике в рамках Единого государственного экзамена и т. д.).

Особенностью выполнения учебно-исследовательских работ по математическому моделированию является Единая методология построения и исследования математической модели, применимая к решению задач из любой предметной области: физики, химии, биологии, экономики и т. д. Общая схема построения модели приведена на рис. 2.1.

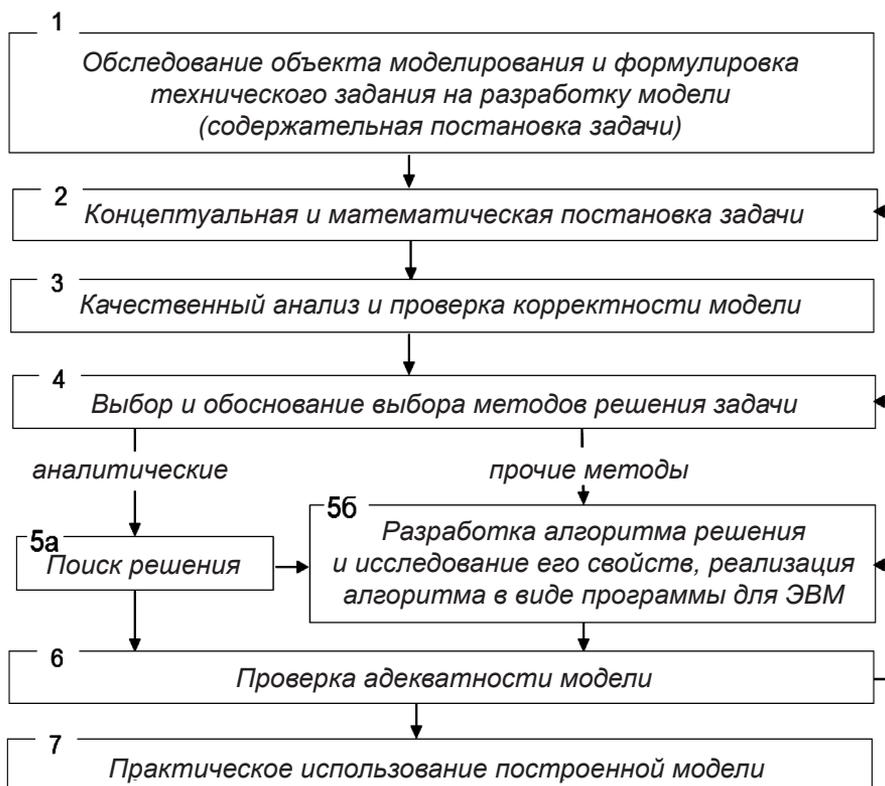


Рис. 2.1. Последовательность этапов при математическом моделировании.

Кратко остановимся на перечисленных этапах построения математической модели.

1. Перечень сформулированных в содержательной (словесной) форме основных вопросов об объекте моделирования, интересующих заказчика, составляет **содержательную постановку** задачи моделирования. Иначе говоря, при содержательной постановке задачи основное внимание уделяется:

- тщательному обследованию объекта моделирования с целью выявления основных факторов, механизмов, определяющих

его поведение, определения соответствующих параметров, позволяющих описывать моделируемый объект;

- сбору имеющихся экспериментальных данных об объекте моделирования;
- аналитическому обзору литературных источников, анализу и сравнению между собой построенных ранее моделей данного объекта (или подобных рассматриваемому объекту);
- анализу и обобщению всего накопленного материала, разработке общего плана создания математической модели.

В конечном счете, наиболее важными элементами содержательной постановки задачи в исследовательской работе являются постановка **цели** и **задач** исследования.

*Цель* работы отвечает на вопрос: «Что бы мы хотели видеть по окончании работы» и применительно к различным темам исследования может быть сформулирована в следующих видах.

#### *Пример 1*

«Целью работы является построение математической модели поведения самолета в воздухе и **исследование с ее помощью горизонтальной и вертикальной устойчивости самолета** в зависимости от внешних факторов».

#### *Пример 2*

«Целью работы является анализ распространения акустических волн в кристаллическом теле и **разработка способов обнаружения дефектов** в материале, для чего необходимо создать модель, которая позволила бы наблюдать за движением волны и **удовлетворяла бы следующим минимальным условиям: ...**»

Иначе говоря, важнейшими критериями цели являются ее **конкретность, достижимость и измеримость**.

Перечень **задач** исследования в первую очередь позволяет ответить на вопрос: «Что нужно предпринять, чтобы достичь цели?» и обычно содержит два важных раздела:

- К какой области знаний относится решаемая задача (математика, математика + физика, химия, биология, экономика, социология...)?

- Последовательность конкретных шагов, вспомогательных подзадач, усвоение нового материала и знаний по тематике работы.

### *Пример 3*

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- связать реакцию подвески с линейной скоростью автомобиля и радиусом поворота;
- сформулировать критерий потери сцепления колеса и поверхности дороги;
- записать уравнения движения автомобиля как абсолютно твердого тела, исследовать траектории движения автомобиля при различных условиях движения.

2. **Концептуальная постановка** задачи моделирования – это сформулированный в терминах конкретных дисциплин (физики, химии, биологии и т. д.) перечень основных вопросов об объекте моделирования, а также совокупность гипотез относительно свойств и поведения объекта моделирования.

Вообще говоря, важнейшим элементом концептуальной постановки является перечень **гипотез** (упрощений) о поведении объекта моделирования, его взаимодействии с окружающей средой, изменении внутренних параметров. Как правило, эти гипотезы правдоподобны в том смысле, что для их обоснования могут быть приведены некоторые теоретические доводы и экспериментальные данные, основанные на собранной ранее информации об объекте.

### Пример 4

Для упрощения построения математической модели примем следующую совокупность гипотез:

1. Так как скорость самолета много меньше скорости света, то его движение описывается законами классической механики Ньютона.

2. Самолет – абсолютно твердое тело, деформация корпуса и колебания крыльев в процессе полета не учитываются.

3. Система отсчета, относительно которой рассматривается движение – инерциальная.

4. Масса пассажиров и груза по сравнению с массой самолета мала.

5. Уменьшение массы самолета вследствие выработки топлива не учитывается.

6. Оледенением крыла вследствие низких температур можно пренебречь.

7. Автоматические системы помощи управления самолетом не учитываются.

8. В первом приближении будем аппроксимировать самолет эллипсоидом вращения с полуосями, равными линейным размерам самолета; это достаточно грубое предположение, но рассматривать реальную геометрию самолета не представляется возможным, в том числе из-за отсутствия в литературе данных о моментах инерции самолета как твердого тела.

9. Угол атаки крыла лежит в безопасном диапазоне 0–10 градусов.

**Математическая постановка задачи** отвечает на вопрос: «Как именно мы будем решать поставленные задачи?» и обычно содержит:

- Аналитические (точные) соотношения:
  - запись известных законов и теорем;
  - формулировка и доказательство новых лемм или теорем;
  - решение уравнений, поддающихся точному решению и т. д.

- Численные (приближенные) решения:
  - приближенное алгебраическое решение;
  - численное решение при помощи ЭВМ.
- Алгоритмическое решение:
  - в виде программы на ЭВМ (реализованной самостоятельно в среде программирования или в существующих средах программирования/специализированных программах);
  - в виде последовательности действий, которые нужно совершать, чтобы решить задачу.

Таким образом, математическая постановка задачи моделирования – это совокупность математических соотношений, описывающих поведение и свойства объекта моделирования.

3. Качественный анализ и проверка корректности математической постановки, как правило, включают:

– контроль размерностей, включающий правило, согласно которому приравниваться и складываться могут только величины одинаковой размерности;

– контроль порядков, состоящий из грубой оценки сравнительных порядков складываемых друг с другом величин и исключением малозначимых параметров;

– контроль физического смысла, состоящий в проверке физического или иного, в зависимости от задачи, смысла исходных и промежуточных соотношений, появляющихся по мере конструирования модели;

– контроль математической замкнутости – число неизвестных должно совпадать с числом уравнений.

Математическая модель является **корректной** (в смысле математического моделирования), если для нее осуществлен и получен положительный результат всех контрольных проверок: размерности, порядков, характера зависимостей, экстремальных

ситуаций, граничных условий, физического смысла и математической замкнутости.

4. После того как сформулирована математическая постановка задачи и выполнена проверка ее корректности, необходимо выбрать **метод ее решения**.

Метод реализации модели относят к *аналитическим*, если он позволяет получить выходные величины в виде аналитических выражений, т. е. выражений, в которых используется совокупность арифметических операций и переходов к пределу. Частным случаем аналитических выражений являются *алгебраические* выражения, в которых используется конечное или счетное число арифметических операций, операций возведения в целочисленную степень и извлечения корня. Важно помнить, что применение любого *численного метода* (например, для решения системы дифференциальных уравнений) приводит к погрешности результатов решения задачи, которую необходимо учитывать при анализе адекватности модели.

5. Под **адекватностью** математической модели будет пониматься степень соответствия результатов, полученных по разработанной модели, данным эксперимента или тестовой задачи.

Проверка адекватности модели преследует две цели:

- убедиться в справедливости совокупности гипотез, сформулированных на этапах концептуальной и математической постановок;
- убедиться, что точность полученных результатов соответствует точности, оговоренной в техническом задании.

Для проверки адекватности, как правило, решают так называемые *тестовые задачи*, т. е. создают такие модельные ситуации, для которых из литературы или общих соображений известно, как будет вести себя исследуемая система.

*Пример 5*

После решения системы уравнений (15) – (16) были получены следующие зависимости:

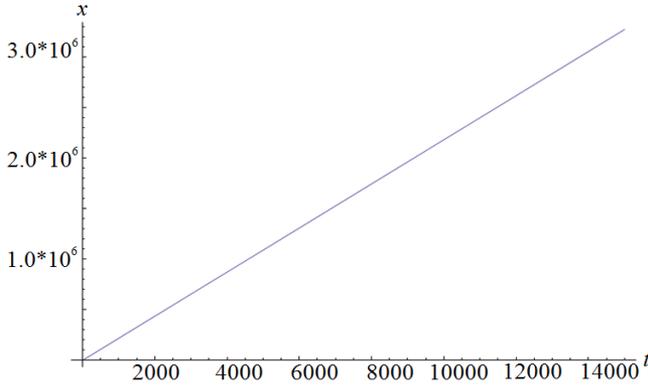


Рис. 2.2. Зависимость координаты  $x$  от времени при постоянных внешних условиях

На данном графике изображена зависимость координаты  $x(t)$  при стационарном полете в сплошной однородной среде.

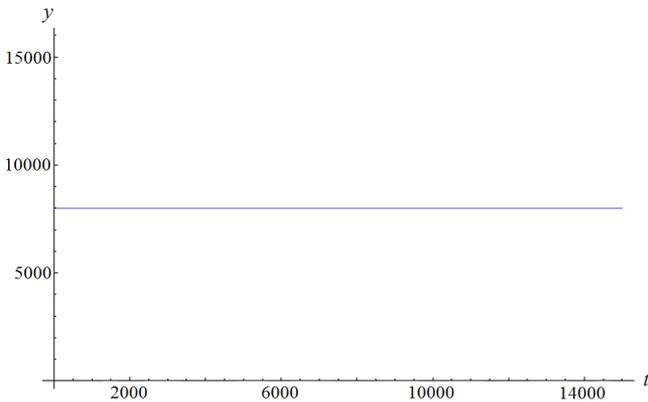


Рис. 2.3. Зависимость координаты  $y$  от времени при постоянных внешних условиях

Как можно заметить, в отсутствие внешних воздействий самолет летит равномерно, на постоянной высоте.

## Темы учебно-исследовательских работ по математическому моделированию

Ниже приводятся некоторые темы учебно-исследовательских работ по математическому моделированию, выполнявшиеся учащимися старших классов с углубленным изучением предметов физико-математического цикла под нашим руководством, а также некоторые комментарии к ним.

### Тема 1. Математическое моделирование полета самолета

На сегодняшний день самым распространенным видом перемещения являются авиаперелеты. По статистике, 87–90 процентов всех авиаперелетов сопровождаются попаданиями лайнера в турбулентные зоны и так называемые воздушные ямы. *Воздушная яма* в том смысле, к которому все привыкли – это мощный нисходящий поток воздуха. Он возникает из-за неравномерного распределения температуры или давления в атмосфере. *Турбулентность (турбулентное течение)* – явление, заключающееся в том, что при увеличении скорости течения жидкости или газа в среде самопроизвольно образуются многочисленные нелинейные фрактальные волны. Из-за этого воздушные массы становятся неоднородными по своему составу и плотности, и когда самолет проходит через них с очень большой скоростью, в салоне создаются вибрация и колебания, которые вызывают неприятные ощущения, при этом пассажиры испытывают дискомфорт и неудобства. Турбулентность измеряется в различных единицах, но чаще ее определяют в единицах  $g$  – ускорения свободного падения. Шквал (внезапное резкое усиление ветра) в один  $g$  создает опасную для самолетов турбулентность. Проблема прохождения самолетом турбулентных зон достаточно актуальна, так как на сегодняшний день в воздухе находятся свыше 3500 самолетов, или около 350 тысяч человек одновременно.

**Целью** работы являлось построение математической модели поведения самолета в воздухе и исследование с ее помощью горизонтальной и вертикальной устойчивости самолета в зависимости от внешних факторов.

**Задача работы:**

Рассмотреть задачу в трехмерной постановке, получить уравнения движения самолета и исследовать их решения на устойчивость в зависимости от изменяющихся внешних факторов.

Для исследования устойчивости модели можно провести следующие численные эксперименты:

- прохождение воздушных ям и турбулентных зон;
- взлет и посадка при сильных боковых ветрах;
- разворот на высоте при сильном ветре.

Полученные результаты могут быть применены в построении реалистичных авиасимуляторов для тренировок пилотов и оттачивания навыков пилотирования в условиях плохой погоды.

## **Тема 2. Математическое моделирование поведения автомобиля в условиях заноса**

Высокий темп современной жизни вызывает у человека потребность в быстром и безопасном перемещении на большие расстояния с относительно небольшими затратами. Удовлетворить данную потребность могут такие транспортные средства, как самолет, поезд, автомобиль и т. д.

Однако наиболее доступным средством передвижения для личного пользования является автомобиль. На данный момент в мире насчитывается около 750 миллионов автомобилей, находящихся в работоспособном состоянии и используемых по прямому назначению. Увеличивается мощность двигателя, прочность ходовой составляющей, поэтому растет и максимальная скорость, развиваемая автомобилем.

Всем известно, какими печальными могут стать последствия ДТП для жизни и здоровья людей. Нередко причиной ДТП является то, что водитель «не справился с управлением». Одной из возможных причин потери управления на дороге может быть занос.

Занос представляет собой боковое скольжение задней или передней оси автомобиля при продолжающемся поступательном движении. Определяющим фактором правильного поведения при выводе автомобиля из заноса является привод автомобиля. Существует три разновидности приводов:

- Задний привод – конструкция трансмиссии автомобиля, при которой крутящий момент, создаваемый двигателем, передается на задние колеса.

- Передний привод – компоновка и конструкция трансмиссии автомобиля, при которой создаваемый двигателем крутящий момент передается на передние колеса.

- Полный привод – конструкция трансмиссии автомобиля, при которой крутящий момент, создаваемый двигателем, передается на все колеса.

Таким образом, **актуальным** остается вопрос: автомобиль с каким приводом может развить наибольшую скорость без потери сцепления с дорогой или наиболее эффективно позволит выйти из заноса.

**Цель** исследования:

Требуется разработать и исследовать математическую модель, описывающую движение автомобиля по дороге.

Модель должна позволять:

- строить траекторию движения центра масс тела;
- решать основную задачу механики: определение координат автомобиля как центра масс тела.

Объектом моделирования является автомобиль, абстрагируемый абсолютно твердым телом (в общем случае) произвольной формы, имеющим точки опоры (колеса).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующий комплекс задач:

- связать реакцию подвески с линейной скоростью автомобиля и радиусом поворота;
- сформулировать критерий потери сцепления колеса и поверхности дороги;
- записать уравнения движения автомобиля как абсолютно твердого тела, исследовать траектории движения автомобиля при различных условиях движения.

### **Тема 3. Имитационное моделирование круговых нерегулируемых перекрестков**

Круговой перекресток – это перекресток, где приближающиеся транспортные средства начинают круговое движение вокруг центрального «острова» до выезда на одном из поворотов (ответвлений) с кругового перекрестка.

По приоритету проезда можно разделить перекрестки с круговым движением на два типа:

1. Круговой перекресток равнозначных дорог. В этом случае действует правило «помеха справа», согласно которому водитель обязан пропустить другое транспортное средство, находящееся справа. Об этом необходимо помнить водителям, движущимся по кольцу, так как в этом случае приоритетом обладают транспортные средства, въезжающие на круговой перекресток. Итак, главным на дороге является автомобиль, въезжающий на нерегулируемый перекресток.

2. Круговой нерегулируемый перекресток является главным по отношению к примыкающим дорогам. В этом случае водители автомобилей, которые двигаются по кольцу, имеют преимущество в движении.

Тем не менее, движущийся по перекрестку с круговым движением автомобиль имеет преимущество перед въезжающими на

него, если отсутствуют знаки, устанавливающие иной порядок проезда перекрестка с круговым движением.

Основной проблемой круговых нерегулируемых перекрестков является образование заторов («пробок»). В зависимости от типа выбранного движения пробка образуется либо на «круге», либо на въезде на «круг».

Поскольку современное производство предоставляет возможность обладать транспортным средством, количество транспортных средств на дорожных путях растет с каждым днем, и с проблемой «пробок» мы непосредственно сталкиваемся каждый день, особенно вблизи или внутри многонаселенных пунктов. Следствием «пробок» является увеличение вероятности ДТП, а также значительная потеря времени, которая может привести, например, к опозданию на работу или важную встречу, смерти человека из-за опоздания машины скорой помощи и другим негативным последствиям. Так как проблема пробок нас затрагивает повседневно, то она является одной из весьма актуальных тем для обсуждения и исследования.

**Целью** исследования является разработка математической модели движения автомобилей на круговом перекрестке и исследование с ее помощью различных вариантов правил проезда для выявления наиболее эффективных режимов работы перекрестка.

Дополнительная задача заключается в том, чтобы реализовать наиболее эффективную модель круговых развязок при заданной интенсивности потока автомобилей.

Исходя из особенностей задачи, наиболее удобным является использование имитационного подхода к моделированию, поскольку появление и поведение автомобиля на дорожном полотне – во многом случайные факторы, а пропускная способность перекрестка определяется не одним или несколькими автомобилями, а всеми транспортными средствами, входящими в автомобильный поток.

#### **Тема 4. Математическое моделирование колебательного движения струны**

Известно, что во время игры на струнных музыкальных инструментах струны совершают затухающие колебания из-за того, что они колеблются в среде (в воздухе) и вытягиваются из-за непостоянства силы натяжения, действующей на струну, и сил упругости, возникающих в самой струне. В таких случаях говорят, что инструмент расстраивается.

На больших концертах расстраивание музыкальных инструментов приводит к тому, что музыканты постоянно должны контролировать состояние струн, регулируя их натяжение с помощью колковой системы. Во время самого выступления, когда музыкант не может подтянуть струны, звук будет искажаться и впечатление от выступления будет портиться.

Для того чтобы избежать этой неприятной ситуации, нужно понять, по какому закону струна расстраивается. Для этого рассмотрим ситуацию, когда музыкант играет на струнном музыкальном инструменте. При этом в процессе игры струны этого инструмента вытягиваются.

##### **Цель исследования:**

Описать колебательное движение струн с целью вычисления их растяжения, а также вычислить, на сколько градусов следует повернуть соответствующий этой струне колок – устройство, которое предназначено для натягивания струн.

##### **Задачи работы:**

1. Записать уравнения движения струны с учетом силы сопротивления среды, переменной плотности струны, изменения силы натяжения струны со временем.

2. Решить уравнение с применением того или иного численного метода в выбранной среде программирования.

3. Проанализировать результаты экспериментов, проведенных в этой среде в ходе изменения параметров математической модели.

4. Сделать выводы о зависимости колебаний струны от параметров математической модели.

### **Тема 5. Математическое моделирование распространения звуковых волн в кристаллических телах и ультразвуковая дефектоскопия**

Процесс постепенного накопления материалом повреждений под действием переменных (часто циклических) нагрузок, приводящий к изменению его свойств, образованию трещин, их развитию и последующему разрушению материала, называется *усталостью материала*.

Проблема усталости к настоящему времени имеет исключительно большое значение. Длительное действие циклических напряжений и деформаций приводит к изменению свойств материала, в том числе к уменьшению его прочности.

Потеря способности противостоять внешним нагрузкам из-за усталости является наиболее распространенной причиной разрушения машинного оборудования и конструкций в период эксплуатации. Значительный ущерб приносят усталостные разрушения рельсовому транспорту, энергетическому оборудованию, авиационному транспорту, автотранспорту, химическому и металлургическому оборудованию, сварным конструкциям и многим другим объектам современной техники.

На микроуровне усталость материала обусловлена формированием и развитием дефектов кристаллической решетки. *Кристаллическая решетка* – это совокупность математических линий, проведенных через положения равновесия атомов вещества (которые называют узлами кристаллической решетки). Тела,

имеющие кристаллическую решетку, называются кристаллическими. Дефектом кристаллической решетки называют нарушение строгой периодичности в расположении атомов. В ходе циклических деформаций количество дефектов растет, образуются ансамбли дефектов, в том числе микротрещины, негативно влияющие на прочностные характеристики материала.

Чтобы избежать разрушения материала в процессе эксплуатации, его необходимо регулярно проверять на наличие микрповреждений. Сложность этой диагностики заключается в том, что они образуются не только на поверхности, но и внутри материала. Поэтому для выявления внутренних микрповреждений используется метод ультразвуковой дефектоскопии, который является наиболее распространенным методом неразрушающего контроля. Он основан на исследовании процесса распространения ультразвуковых колебаний с частотой 0,5–25 МГц в исследуемых изделиях с помощью специального оборудования – ультразвукового дефектоскопа. Этот метод был впервые предложен С. Я. Соколовым в 1928 году. Принцип метода заключается в том, что при прохождении звуковой волны через среду с дефектами волновая картина и положение фронта меняются.

**Целью** работы является построение математической модели распространения звуковой волны в среде с дефектами и определение, как вид дефекта звуковой волны влияет на ее изменение.

**Задачи:**

1. Вывод уравнений движения для каждого атома трехмерной кристаллической решетки.
2. Решение полученных дифференциальных уравнений.
3. Создание программы, реализующей графическое представление распространения звуковой волны в среде с дефектами и спектра этой волны.
4. Исследование закономерностей искажения звуковых волн при распространении в среде с различными дефектами.

## Тема 6. Математическая модель камнепада

*Камнепад* – падение обломков горных пород, каменных глыб и крупных каменных масс с крутых горных склонов и стен. Камнепад представляет одну из самых серьезных и часто встречающихся опасностей в горах. Опасны не только камнепады, но и отдельно падающие камни.

В связи с освоением новых территорий и добычей ресурсов в труднодоступных местах приходится заселять новые местности, строить новые города (поселки), прокладывать новые дороги. Зачастую при проектировании строений инженеры сталкиваются с угрозой обрушения камнепада, поэтому им важно знать, как уменьшить и предотвратить вред для людей и построек при камнепаде.

**Цель работы:**

- выяснить, при каких видах склона, а также характеристиках структурных частиц камнепад будет более или менее опасным;
- определить, какой из предложенных склонов, задаваемых аналитически, дает наименьшее время скатывания;
- исследовать поведение модели в различных ситуациях, изменяя параметры склона и самого камнепада.

**Задача:** построить и исследовать математическую модель камнепада, позволяющую оценивать его опасность для людей и построек в условиях земли.

## Тема 7. Исследование имитационных моделей и систем массового обслуживания

Каждому из нас часто приходится сталкиваться с работой своеобразных систем, называемых системами массового обслуживания (СМО). Примерами таких систем могут служить: телефонные станции, ремонтные мастерские, билетные кассы, справочные бюро, банки, магазины, парикмахерские и т. п. Каждая

из этих систем состоит из какого-то числа обслуживающих единиц (каналов обслуживания). Такими каналами могут быть: линии связи, рабочие точки, кассиры, продавцы, лифты, автомашины и др.

Всякая СМО предназначена для обслуживания некоторого потока заявок (или требований), поступающих в какие-то случайные моменты времени. Обслуживание заявки продолжается некоторое время, после чего канал освобождается и готов к приему следующей заявки. Случайный характер потока заявок и времени обслуживания приводит к тому, что в какие-то периоды времени на входе СМО скапливается излишне большое число заявок (они либо становятся в очередь, либо покидают СМО не обслуженными); в другие же периоды СМО будет работать с недогрузкой или вообще простаивать.

Последовательная линейная структура СМО характерна, например, для поточных (автоматических и неавтоматических) линий конвейерного типа. Различие во времени обработки деталей на таких линиях связано в основном с процессами «отказа» и «восстановления». Оптимизация процесса обслуживания способна существенно повысить эффективность работы предприятия. Широкое использование СМО в окружающем нас мире обеспечивает актуальность любого исследования таких систем.

**Целью** работы является построение математической модели системы массового обслуживания, исследовать ее и дать рекомендацию, сколько каналов нужно для обслуживания заявок в зависимости от характеристик потока заявок и типа СМО.

## **Тема 8. Математическое моделирование адаптивной подвески автомобиля**

На сегодняшний день автомобильная промышленность развивается немыслимо быстро. Инновации необходимы из-за высоких требований к комфорту и безопасности автомобиля. Нельзя

также забывать о конкуренции на рынке потребления: товар будет успешен, если он устраивает большинство потребителей по своим характеристикам. Поэтому комфорт потребителя также нужно учитывать при проектировании новых автомобилей. Комфортной делает поездку на автомобиле хорошее кресло, удобное положение элементов управления автомобилем и еще многое другое. Настоящий комфорт и безопасность обеспечивает хорошая подвеска автомобиля.

*Подвеска* – это совокупность элементов, соединяющих трансмиссию и кузов/раму. Трансмиссия, в свою очередь, это совокупность сборочных единиц и механизмов, соединяющих двигатель с ведущими колесами транспортного средства. В общем случае трансмиссия предназначена для передачи крутящего момента от двигателя к колесам, изменения тяговых усилий, скоростей и направления движения.

В настоящее время ведутся разработки подвески, которая может уменьшать амплитуду колебаний корпуса автомобиля, возникающих из-за неровного рельефа дорожного покрытия, в процессе движения в соответствии с параметрами рельефа. Подвеска, способная регулировать параметры своих составляющих, «подстраиваться» под любой рельеф дорожного покрытия, называется адаптивной.

**Цель работы:**

Разработать и исследовать математическую модель подвески автомобиля, позволяющую в зависимости от различных конфигураций основных элементов:

- получать закон движения точки крепления амортизатора к кузову;
- определить параметры системы, обеспечивающие наиболее безопасное движение автомобиля;
- графически показывать зависимость движения точки крепления амортизатора к опоре кузова от времени.

### **Задачи:**

1. Определить, как будет вести себя подвеска, состоящая из одних только упругих элементов.

2. Определить, как будет вести себя подвеска, состоящая из одних только вязких элементов.

3. Определить, как будет вести себя подвеска при последовательном размещении упругого и вязкого элементов, т. е. для тела Максвелла, в зависимости от порядка соединения структурных элементов. Данная модель в конструкции реальной подвески автомобилей не используется, но ее рассмотрение приведено для соблюдения общности.

4. Определить, как будет вести себя подвеска при параллельном размещении этих же структурных элементов. Такая модель называется телом Кельвина–Фойгта.

5. Определить, как будет вести себя подвеска при параллельном размещении структурных элементов с углом взаимного расположения элементов.

При построении математических моделей могут использоваться различные подходы, например прямое моделирование, при котором записываются все уравнения, описывающие поведение системы; имитационное, при котором поведение системы описывается совокупностью правил; также широко используют различные структурные модели. В контексте поставленной задачи удобнее построить структурную модель деформируемого тела, использующую два типа элементов: упругий и вязкий.

## **Тема 9. Математическое моделирование оптимального полета футбольного мяча**

Проблемы тактического распределения сил игроками в футболе связаны с моделированием поведения мяча в разных ситуациях. Быстрота, скорость, изменение траектории полета мяча может заинтересовать не только исследователей, но и спортивных

менеджеров и тренеров. Естественно, что предсказать направленные движения мяча достаточно сложно.

Данную тему исследовательской подробно в этой части рассматривать мы не будем, а посвятим ей отдельный раздел. Кратко сформулируем цель и задачи исследования.

**Целью** работы является построение и исследование математической модели движения футбольного мяча, позволяющей моделировать полет мяча с учетом различных внешних факторов, влияющих на движение и позволяющих обойти «стенку».

**Основные задачи:**

1. Рассмотреть задачу в трехмерной постановке и получить уравнения движения мяча.
2. Рассмотреть влияние сопротивления воздуха, зависящее от скорости мяча.
3. Подобрать значения параметров модели, чтобы они соответствовали реальной модели футбольного мяча.

### **Тема 10. Математическое моделирование кристаллизации из расплава и оценка степени аморфности**

Проблема изучения свойств новых материалов заключается в том, что невозможно до производства образца исследовать его физические свойства. С другой стороны, экспериментальные исследования при создании новых материалов (в том числе функциональных, для которых свойства заданы наперед) обходятся чрезвычайно дорого. Поэтому единственным способом изучения новых материалов является математическое моделирование. Математические модели помогают рассмотреть тела не только на макро-, но и на микроуровне, позволяют изучать внутреннюю структуру материала. В свою очередь, среди методов математического моделирования, применяемых для анализа микроструктуры, наиболее физически прозрачным и простым в реализации является метод молекулярной динамики.

**Целью** работы является разработка и исследование математической модели, позволяющей описать движение молекул при переходе вещества в разные фазовые состояния, при учете различных факторов, влияющих на движение этих частиц.

Модель должна позволять:

- вычислять положение частиц молекул в любой момент времени;
- описывать движение с большого количества молекул в трехмерном пространстве;
- определять вид образующейся структуры;
- моделировать процессы перехода вещества из одного агрегатного состояния в другое.

### **Подготовка и апробация учебно-исследовательской работы по математическому моделированию**

Ниже приводятся структура и схема описания исследовательской работы, выполненной двумя учащимися 11-го физико-математического класса МБОУ «Лицей № 1» г. Перми в 2014 году. Тема работы: «Моделирование полета футбольного мяча».

#### *Актуальность исследовательской работы*

Футбол (от англ. *Foot* – нога, *ball* – мяч) – командный вид спорта, в котором целью является забить мяч в ворота соперника ногами или другими частями тела (кроме рук) большее количество раз, чем команда соперника. В настоящее время футбол является самым популярным и массовым видом спорта в мире. Согласно заявлению ФИФА, в футбол на планете играют более 250 миллионов человек, из них более 20 миллионов – женщины [1].

В настоящее время проблема выстраивания правильной тактики в футболе при ведении мяча очень актуальна. Это связано с постоянным проведением различных соревнований в этом виде

спорта. Поэтому важно уметь владеть футбольным мячом для прохождения различных «препятствий», создаваемых противником. Одним из таких препятствий является «стенка». Стенка – защитное построение игроков для уменьшения площади обстрела ворот (рис. 2.5). На движение мяча в среде влияют такие факто-

ры, как эффект Магнуса (который возникает при обтекании средой вращающегося тела, в результате чего проявляется сила, которая будет воздействовать на мяч и будет направлена перпендикулярно направлению потока воздуха); сопротивление среды, препятствующее сво-



Рис. 2.5. «Стенка» из футболистов

бодному движению мяча и стремящееся уменьшить его скорость; сила ветра, способная изменить направление движения мяча, и другие. Таким образом, предсказать направление движения мяча достаточно сложно [2].

**Целью** работы является построение и исследование математической модели движения футбольного мяча, позволяющей моделировать полет мяча с учетом различных внешних факторов, влияющих на движение и позволяющих обойти «стенку».

#### **Задачи:**

1. Рассмотреть задачу в трехмерной постановке и получить уравнения движения мяча.
2. Рассмотреть влияние таких факторов, как сопротивление воздуха, зависящее от скорости мяча, и эффекта Магнуса, являющихся существенными при движении мяча.

3. Необходимо получить начальную угловую скорость, которую футболист придает мячу при ударе, чтобы закрутить мяч и «обойти стенку» из футболистов, плечо силы удара и ее модуль.

4. Необходимо определить такие исходные параметры удара, чтобы мяч обходил стенку футболистов и попадал в ворота.

5. Для проведения численных расчетов требуется подобрать такие значения параметров модели, чтобы они соответствовали реальной модели футбольного мяча.

### *Концептуальная постановка задачи*

**Объектом** исследования является футбольный мяч (параметры для расчетов соответствуют футбольному мячу и перечислены в таблице 2.1).

*Таблица 2.1. Характеристики футбольного мяча [4]*

Форма	Сферическая
Материал	Кожа, синтетика
Длина окружности	Не более 70 см и не менее 68 см
Масса мяча	Не более 450 г и не менее 410 г
Давление внутри мяча	0,6 – 1,1 атм
Радиус мяча	Не более 11,1 см и не менее 10,8 см
Поперечная площадь мяча	0,039 кв. м
Коэффициент подъемной силы	0,1

Для упрощения построения математической модели примем следующую совокупность гипотез:

1. Мяч будем считать объектом массой  $m$ , радиусом  $r$ , центр масс которого является постоянным.

2. Движение происходит в поле сил тяжести с постоянным ускорением свободного падения  $g$ , ускорение можно считать по-

стоянной величиной (так как высота, на которую поднимается мяч, много меньше радиуса Земли) и описывается уравнениями классической механики Ньютона (так как скорость мяча много меньше скорости света).

3. Движение мяча происходит в трехмерном пространстве.

4. Учтем также силу сопротивления воздуха и эффект Магнуса.

Для обоснования справедливости принятой нами гипотезы найдем ускорения мяча (массой 450 г, радиусом 11 см, двигающегося с линейной скоростью  $35 \frac{м}{с}$  и с угловой скоростью  $10 \frac{об}{с}$  в воздушной среде, вязкость которой при нормальных условиях составляет  $17,20 \cdot 10^{-6} Па \cdot с$ ) [5] в двух ситуациях: сначала без учета силы сопротивления и эффекта Магнуса, а потом с учетом их влияния.

Ускорение тела в первом случае равно ускорению свободного падения, т. е.  $a = g = 9,8 \frac{м}{с^2}$ .

Ускорение тела во втором случае (при учете силы сопротивления и эффекта Магнуса) равно:

$$a = \frac{F_p}{m} = \frac{F_g - F_{сопрот} + F_M}{m} = \frac{4,41 - 0,0014258 + 2 \cdot 62,8 \cdot 40 \cdot 17,20 \cdot 10^{-6}}{0,45} = 9,98 \frac{м}{с^2}$$

Таким образом, установлено, что ускорение тела зависит от эффекта Магнуса и силы сопротивления воздуха. Значит, для построения адекватной модели их необходимо учитывать.

#### *Математическая постановка задачи*

Основным законом механики является второй закон Ньютона, связывающий равнодействующую внешних сил, действующих на тело, его массу и ускорение, получаемое в результате действия сил. Запишем второй закон Ньютона для мяча в векторной

форме, где:  $m$  – масса мяча;  $a$  – его ускорение, появившееся в результате действия силы;  $F_p$  – равнодействующая сил, действующих на тело,  $F_p$  равна векторной сумме силы тяжести  $F_{тяж}$ , силы сопротивления воздуха  $F_{сопрот}$  и силы Магнуса  $F_m$ :

$$\vec{F}_p = m\vec{a}; \quad (1)$$

$$\vec{F}_p = \vec{F}_{тяж} + \vec{F}_{сопрот} + \vec{F}_m. \quad (2)$$

При этом подразумевается, что сила и масса – постоянные величины. В таком случае и ускорение тоже будет постоянной величиной. Следовательно, уравнение моделирует равноускоренное движение тела с постоянной массой под действием постоянной силы.

Пусть в начальный момент времени  $t_0$  снаряд находится в начале координат  $r(0)$  ( $r(0) = 0$ ), а его начальная скорость в этот момент времени равна  $v$  ( $v(0) = v_0$ ).

Спроецируем на каждую из осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$  второй закон Ньютона, разложим по ним вектор скорости и ускорения (рис. 2.6):

В проекции на ось  $x$ :

$$F_{px} = ma_x; \quad (3)$$

$$F_{px} = F_{тяжx} + F_{сопротx} + F_{mx}; \quad (4)$$

$$ma_x = F_{тяжx} + F_{сопротx} + F_{mx}. \quad (5)$$

В проекции на ось  $y$ :

$$F_{py} = ma_y; \quad (6)$$

$$F_{py} = F_{тяжy} + F_{сопротy} + F_{my}; \quad (7)$$

$$ma_y = F_{тяжy} + F_{сопротy} + F_{my}. \quad (8)$$

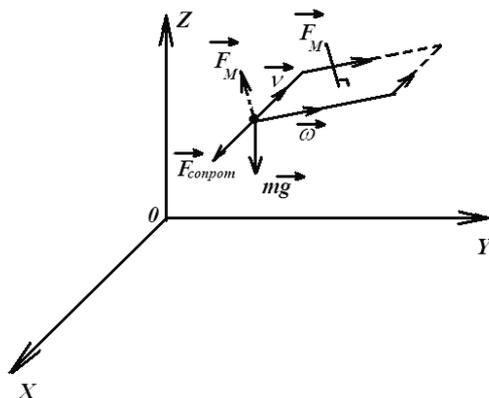


Рис. 2.6. Силы, действующие на материальную точку

В проекции на ось  $z$ :

$$F_{pz} = ma_z; \quad (9)$$

$$F_{pz} = F_{тяжz} + F_{сопротивz} + F_{Mz}; \quad (10)$$

$$ma_z = F_{тяжz} + F_{сопротивz} + F_{Mz}. \quad (11)$$

Силу сопротивления будем рассчитывать по формуле Стокса [6] (рис. 3):

$$F_{сопротив} = 6\pi\eta vR, \quad (12)$$

где:  $\eta$  – динамическая вязкость среды;

$v$  – скорость мяча;

$R$  – радиус мяча.

На рис. 2.7 изображено тело, движущееся в среде, силы, действующие на тело в проекции на вертикальную ось и линии обтекающего потока. Таким образом,  $F_d$  – это искомая сила сопротивления, действующая на тело со стороны среды, а  $F_g$  – это сила

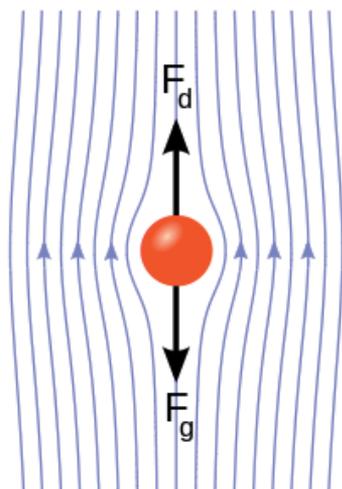


Рис. 2.7. Силы, действующие на тело, движущееся в среде

тяжести. Силу тяжести примем равной  $F_g = mg$  (где  $g$  – ускорение свободного падения), сила сопротивления определяется формулой (12), силу Магнуса будем определять по формуле

$$F_M = \frac{1}{2} \eta A C_l (\omega \times v)$$

где:  $\omega$  – угловая скорость мяча;  
 $v$  – линейная скорость мяча;  
 $A$  – поперечная площадь шара;  
 $C_l$  – коэффициент подъемной силы).

Тогда проекции второго закона Ньютона можно переписать следующим образом:

В проекции на ось  $x$ :

$$ma_x = -6\pi\eta v_x R + \frac{1}{2} \eta A C_l (\omega \times v)_x; \quad (13)$$

$$x(0) = 0; \quad (14)$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha \cos \beta. \quad (15)$$

В проекции на ось  $y$ :

$$ma_y = -mg - 6\pi\eta v_y R + \frac{1}{2} \eta A C_l (\omega \times v)_y; \quad (16)$$

$$y(0) = 0; \quad (17)$$

$$v_y = v_0 \cos \alpha \cos \beta. \quad (18)$$

В проекции на ось  $z$ :

$$m a_z = -6\pi\eta v_z R + \frac{1}{2}\eta ACl(\omega \times v)_z; \quad (19)$$

$$z(0) = 0; \quad (20)$$

$$v_z = v_0 \sin \alpha; \quad (21)$$

где:  $\alpha$  – угол между проекцией вектора линейной скорости на плоскость  $xz$  и осью  $z$ ;

$\beta$  – угол между проекцией вектора линейной скорости на плоскость  $xy$  и осью  $x$  (рис. 2.8).

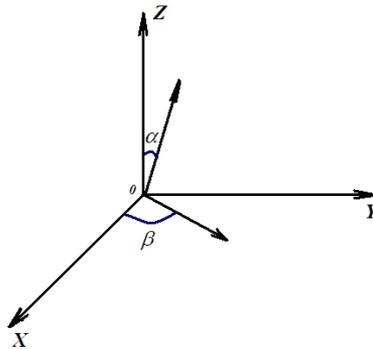


Рис. 2.8. Углы, использующиеся при проецировании второго закона Ньютона

Раскроем проекции векторного произведения в формулах (13) – (21):

$$(\vec{\omega} \times \vec{v}) = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \omega_x & \omega_y & \omega_z \\ v_x & v_y & v_z \end{vmatrix} = (\omega_y v_z - \omega_z v_y)i + (\omega_z v_x - \omega_x v_z)j + (\omega_x v_y - \omega_y v_x)k.$$

Тогда проекция векторного произведения на определенную ось запишется следующим образом:

$$\begin{aligned}(\omega \times v)_x &= \omega_y v_z - \omega_z v_y; \\ (\omega \times v)_y &= \omega_z v_x - \omega_x v_z; \\ (\omega \times v)_z &= \omega_x v_y - \omega_y v_x;\end{aligned}\tag{22}$$

А проекции второго закона Ньютона можно переписать следующим образом:

В проекции на ось  $x$ :

$$ma_x = -6\pi\eta v_x R + \frac{1}{2}\eta ACl(\omega_y v_z - \omega_z v_y);\tag{23}$$

$$x(0) = 0;\tag{24}$$

$$v_x = v_0 \cos(180 - (\alpha + \beta)) \sin(90 - \beta) = -v_0 \cos(\alpha + \beta) \cos \beta;\tag{25}$$

В проекции на ось  $y$ :

$$ma_y = -mg - 6\pi\eta v_y R + \frac{1}{2}\eta ACl(\omega_z v_x - \omega_x v_z);\tag{26}$$

$$y(0) = 0;\tag{27}$$

$$v_y = v_0 \cos(180 - (\alpha + \beta)) \cos(90 - \beta) = -v_0 \cos(\alpha + \beta) \sin \beta;\tag{28}$$

В проекции на ось  $z$ :

$$ma_z = -6\pi\eta v_z R + \frac{1}{2}\eta ACl(\omega_x v_y - \omega_y v_x);\tag{29}$$

$$z(0) = 0;\tag{30}$$

$$v_z = v_0 \sin(180 - (\alpha + \beta)) = \sin(\alpha + \beta);\tag{31}$$

Футболист, пиная мяч, придает ему угловую скорость, которую можно найти, используя уравнение вращательного движения:

$$I \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = M; \quad (32)$$

где:  $M$  – момент силы удара, равный  $M = (r \times F)$  (где  $r$  – плечо силы удара;  $F$  – ее модуль);

$\Delta t$  – интервал времени взаимодействия ноги с мячом;

$I$  – момент инерции, равный  $I = \frac{2}{3}mR^2$  (где  $R$  – радиус мяча,  $m$  – его масса).

$$I \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = M; \quad (33)$$

$$I \frac{d\omega}{dt} = Fr; \quad (34)$$

$$\Delta\omega = \omega_k - \omega_0, \omega_0 \rightarrow 0 \quad (35)$$

Вследствие вязкого трения угловая скорость будет уменьшаться по закону (36) – (39):

$$I\dot{\omega} = M_{mp}; \quad (36)$$

$$I\dot{\omega} = -6\pi\eta R; \quad (37)$$

$$I \frac{\partial\omega}{\partial t} = -6\pi\eta R^3 \omega; \quad (38)$$

$$\omega = \omega_0 e^{\frac{-6\pi\eta R^3 t}{I}}. \quad (39)$$

### Методы решения

Найдем плечо силы удара в случае, если она направлена произвольно. В дальнейшем длина плеча будет использована для нахождения момента силы и угловой скорости. Для этого обозначим через  $l$  искомое плечо, пусть  $R$  – радиус мяча,  $r$  – расстояние от точки приложения силы до оси вращения,  $F_{y0}$  – сила удара,  $\gamma$  – угол между линией действия силы и горизонтально направленной осью,  $\alpha$  – угол между радиусом мяча горизонтально направленной осью (рис. 2.9).

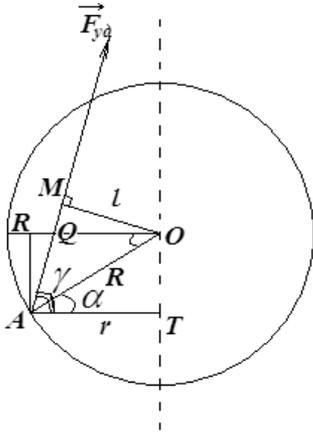


Рис. 2.9. Мяч в момент удара

Пусть угол  $\angle MAT = \gamma$ ,  $\angle OAT = \alpha$ ,  $MO = l$ , тогда

$$\cos \alpha = \frac{AT}{AO} = \frac{r}{R}; \quad (40)$$

$$\alpha = \arccos \frac{r}{R}. \quad (41)$$

$\angle TAO = \angle ROA$ , как накрест лежащие углы при пересечении параллельных прямых  $RO$  и  $AT$ , секущей  $AO$ , следовательно  $\angle ROA = \alpha$ .  $\angle QAO = \gamma - \alpha$ , тогда:

$$\angle OQA = 180 - (\gamma - \alpha) - \alpha = 180 - \gamma. \quad (42)$$

По теореме синусов:

$$\frac{\sin \angle QAO}{QO} = \frac{\sin \angle OQA}{AO} = \frac{\sin \angle QOA}{QA}. \quad (43)$$

Выразим длину неизвестной стороны  $QO$ :

$$QO = \frac{\sin QAO \cdot AO}{\sin OQA}; \quad (44)$$

$$AO = R \text{ (по условию)}; \quad (45)$$

$$\sin QAO = \sin(\gamma - \alpha), \sin OQA = \sin(180 - \gamma); \quad (46)$$

$$QO = \frac{R \cdot \sin(\gamma - \alpha)}{\sin(180 - \gamma)} = \frac{R \cdot \sin(\gamma - \alpha)}{\sin \gamma}. \quad (47)$$

Рассмотрим прямоугольный треугольник  $AOT$ , в котором по определению синуса запишем  $\sin \alpha = \frac{OT}{AO}$ , следовательно:

$$OT = \sin \alpha \cdot AO, AO = R; \quad (48)$$

$$OT = R \cdot \sin \alpha; \quad (49)$$

$$RA = OT = R \cdot \sin \alpha. \quad (50)$$

$\square RAQ$  – прямоугольный. На основании того, что сумма острых углов в прямоугольном треугольнике равна  $90^\circ$ , будет справедливо следующее неравенство:

$$\angle RAQ = 90 - \angle QAT = 90 - \gamma; \quad (51)$$

По определению косинуса угла,  $\cos RAQ = \frac{RA}{AQ}$ , откуда  $AQ$  равно:

$$AQ = \frac{RA}{\cos RAQ} = \frac{R \cdot \sin \alpha}{\cos(90 - \gamma)} = \frac{R \cdot \sin \alpha}{\sin \gamma}; \quad (52)$$

По признаку подобия треугольников, треугольник  $RAQ$  подобен треугольнику  $MOQ$ , так как  $\angle QRA = \angle QMO = 90$ , а  $\angle ROA = \angle MQO$  (вертикальные углы). Тогда стороны треугольников пропорциональны, запишем это

$$\frac{RA}{MO} = \frac{RQ}{MQ} = \frac{AQ}{OQ}; \quad (53)$$

Откуда выражаем сторону  $MO$

$$MO = \frac{RA \cdot OQ}{AQ} = \frac{R \cdot \sin \alpha \cdot R \sin(\gamma - \alpha) \cdot \sin \gamma}{\sin \gamma \cdot \sin \alpha \cdot R}; \quad (54)$$

Таким образом:

$$l = MO = R \cdot \sin(\gamma - \alpha); \quad (55)$$

Выразим приращение угловой скорости из уравнения вращательного движения:

$$d\omega = \frac{F l dt}{I}; \quad (56)$$

Приведем график зависимости силы удара от интервала времени, силу будем считать постоянной величиной (рис. 2.10).

Разделим интервал времени  $\Delta t$  на бесконечно малые промежутки, на каждом из которых силу можно считать постоянной величиной (рис. 2.11).

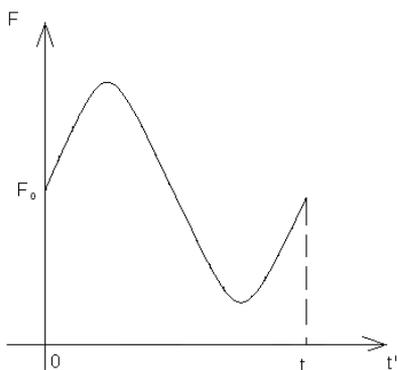


Рис. 2.10. График зависимости силы удара от интервала времени

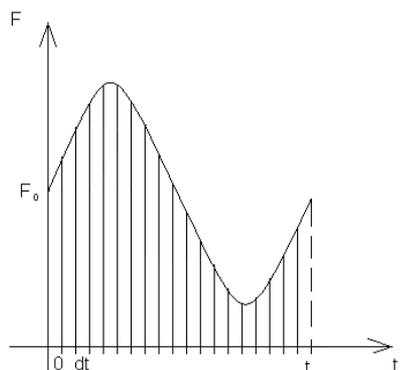


Рис. 2.11. График зависимости силы удара от интервала времени, на каждом участке которого сила постоянна

Просуммируем величины, стоящие в левой и правой частях выражения:

$$\sum d\omega = \sum \frac{l}{I} F_i dt_i; \quad (57)$$

Величины  $r$  и  $I$  можно считать постоянными, следовательно, их можно вынести из-под знака суммы:

$$\sum d\omega = \frac{l}{I} \sum F_i dt_i. \quad (58)$$

Сумма приращений угловой скорости в левой части выражения приближённо равна ее изменению, т. е.  $\sum d\omega = \Delta\omega$ , а выражение в правой части можно заменить на  $\frac{l}{I} \sum F_i dt_i = \frac{l}{I} \int_{t_0}^{t_k} F dt$ :

$$\Delta\omega = \frac{l}{I} \int_{t_0}^{t_k} F dt; \quad (59)$$

На основании того, что  $\Delta\omega = \omega_k - \omega_0$ ,  $\omega_0 \rightarrow 0$ , выражение преобразуется следующим образом:

$$\omega_k = \frac{l}{I} \int_{t_0}^{t_k} F dt; \quad (60)$$

где выражение  $\int_{t_0}^{t_k} F dt$  равно площади под графиком, т. е.  $\int_{t_0}^{t_k} F dt = S_F$ , тогда:

$$\omega_k = \frac{l}{I} S_F; \quad (61)$$

Для нахождения начальной линейной скорости воспользуемся вторым законом Ньютона в проекции на ось  $x$ , где:  $m$  – масса мяча;  $a$  – ускорение;  $F$  – сила удара:

$$ma_x = F; \quad (62)$$

Ускорение  $a_x$  численно равно отношению приращения скорости  $dv_x$  на бесконечно малом интервале времени  $dt$ :

$$m \frac{dv_x}{dt} = F; \quad (63)$$

Выразим приращение скорости из предыдущего выражения и просуммируем его:

$$\sum dv_x = \sum \frac{F}{m} dt; \quad (64)$$

Массу мяча будем считать постоянной, следовательно, ее можно вынести из-под знака суммы:

$$\Delta v_x = \frac{1}{m} \int_{t_0}^{t_k} F dt; \quad (65)$$

где выражение  $\int_{t_0}^{t_k} F dt$  равно площади под графиком  $S_F$ , т. е.  $\int_{t_0}^{t_k} F dt = S_F$ :

$$\Delta v_x = \frac{1}{m} S_F; \quad (66)$$

Распишем векторное произведение векторов  $\omega$  и  $v$ :

$$(\vec{\omega} \times \vec{v}) = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \omega_x & \omega_y & \omega_z \\ v_x & v_y & v_z \end{vmatrix} = (\omega_y v_z - \omega_z v_y) i + (\omega_z v_x - \omega_x v_z) j + (\omega_x v_y - \omega_y v_x) k; \quad (67)$$

Тогда проекция векторного произведения на определенную ось запишется следующим образом:

$$(\omega \times v)_x = \omega_y v_z - \omega_z v_y; \quad (68)$$

$$(\omega \times v)_y = \omega_z v_x - \omega_x v_z; \quad (69)$$

$$(\omega \times v)_z = \omega_x v_y - \omega_y v_x. \quad (70)$$

Учитывая формулы (68) – (70), проекции ускорения на соответствующие оси перепишем в виде:

$$a_x = \frac{6\pi\eta R}{m} v_x - \frac{1}{2m} \eta A C l (\omega \times v)_x; \quad (71)$$

$$a_y = \frac{6\pi\eta R}{m}v_y - \frac{1}{2m}\eta ACI(\omega \times v)_y; \quad (72)$$

$$a_z = \frac{6\pi\eta R}{m}v_z - \frac{1}{2m}\eta ACI(\omega \times v)_z. \quad (73)$$

С учетом формул (71) – (73), проекции ускорений на каждую из осей перепишем в следующем виде:

$$a_x = \frac{6\pi\eta R}{m}v_x - \frac{1}{2m}\eta ACI(\omega \times v)_x = \frac{6\pi\eta R}{m}v_x - \frac{1}{2m}\eta ACI(\omega_y v_z - \omega_z v_y); \quad (74)$$

$$a_y = \frac{6\pi\eta R}{m}v_y - \frac{1}{2m}\eta ACI(\omega \times v)_y = \frac{6\pi\eta R}{m}v_y - \frac{1}{2m}\eta ACI(\omega_z v_x - \omega_x v_z); \quad (75)$$

$$a_z = \frac{6\pi\eta R}{m}v_z - \frac{1}{2m}\eta ACI(\omega \times v)_z = \frac{6\pi\eta R}{m}v_z - \frac{1}{2m}\eta ACI(\omega_x v_y - \omega_y v_x). \quad (76)$$

Покажем применение метода Эйлера к расчету движения падающего тела. Расчет производится от начального момента времени  $t = 0$ с малым конечным шагом по времени  $\Delta t$ . Пусть за время  $\Delta t$  скорость изменится на величину  $\Delta v$ .

Учитывая соотношения для ускорений, запишем соотношения для скоростей:

$$v_x^1 = v_x^0 + a_x^0 \Delta t = v_x^0 + \left( \frac{6\pi\eta R}{m}v_x - \frac{1}{2m}\eta ACI(\omega_y v_z - \omega_z v_y) \right) \Delta t \approx \frac{\Delta x}{\Delta t}; \quad (77)$$

$$v_y^1 = v_y^0 + a_y^0 \Delta t = v_y^0 + \left( \frac{6\pi\eta R}{m}v_y - \frac{1}{2m}\eta ACI(\omega_z v_x - \omega_x v_z) \right) \Delta t \approx \frac{\Delta y}{\Delta t}; \quad (78)$$

$$v_z^1 = v_z^0 + a_z^0 \Delta t = v_z^0 + \left( \frac{6\pi\eta R}{m}v_z - \frac{1}{2m}\eta ACI(\omega_x v_y - \omega_y v_x) \right) \Delta t \approx \frac{\Delta z}{\Delta t}. \quad (79)$$

Далее рассуждение ведется по индукции. Располагая значением  $v_1$ , можно, отталкиваясь от него, найти  $v^2$ – скорость в мо-

мент времени  $2\Delta t$  и т. д. Общий вид формулы применительно к данной задаче получится таким:

$$v_x^{j+1} = v_x^j + a_x^j \Delta t = v_x^j + \left( \frac{6\pi\eta R}{m} v_x - \frac{1}{2m} \eta A C l (\omega_y v_z - \omega_z v_y) \right) \Delta t \approx \frac{\Delta x}{\Delta t}; \quad (80)$$

$$v_y^{j+1} = v_y^j + a_y^j \Delta t = v_y^j + \left( \frac{6\pi\eta R}{m} v_y - \frac{1}{2m} \eta A C l (\omega_z v_x - \omega_x v_z) \right) \Delta t \approx \frac{\Delta y}{\Delta t}; \quad (81)$$

$$v_z^{j+1} = v_z^j + a_z^j \Delta t = v_z^j + \left( \frac{6\pi\eta R}{m} v_z - \frac{1}{2m} \eta A C l (\omega_x v_y - \omega_y v_x) \right) \Delta t \approx \frac{\Delta z}{\Delta t}. \quad (82)$$

Применяя аналогичный подход для вычисления перемещения, получаем формулу метода Эйлера для вычисления перемещения тела, движущегося под углом к горизонту со временем:

$$x^{i+1} = x^i + v_x^i \Delta t, \quad (83)$$

$$y^{i+1} = y^i + v_y^i \Delta t, \quad (84)$$

$$z^{i+1} = z^i + v_z^i \Delta t. \quad (85)$$

### *Результаты моделирования и их обсуждение*

Была создана модель, позволяющая определить дальность траектории и отобразить в виде графика траекторию движения мяча в трехмерном пространстве в течение некоторого промежутка времени в зависимости от задаваемых пользователем параметров. Разработанный алгоритм (74) – (85) был реализован в виде программы для ЭВМ в среде программирования Delphi.

С использованием разработанной и реализованной программы проведены численные эксперименты, их описание опустим.

### *Выводы по выполнению исследовательской работы*

Таким образом, данная работа представляет собой математическую модель анализа изменения, нахождения оптимальной траектории движения футбольного мяча и определения начальной линейной скорости для преодоления препятствия «Стенка из футболистов» с учетом времени и вероятности происхождения различных процессов.

Математическая модель была реализована в виде программы для ЭВМ в среде программирования Delphi.

Данная программа должна применяться при нахождении оптимальных параметров модели, с использованием которых вероятность прохождения «стенки» и попадания мяча в ворота будет наибольшей. Такая модель должна использоваться в некоторых областях науки и спорта. Примером таких областей является футбол.

Следует учитывать, что данная программа является приближенной моделью. Дальнейшим развитием данного проекта может выступить реализация модели движения футбольного мяча в трехмерном пространстве, в которой более подробно будут рассмотрены запрашиваемые параметры и введены новые параметры, такие как жесткость мяча.

### *Основные источники*

1. Футбол: [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Футбол> (дата обращения 10.06.2013).

2. Футбол и физика: [Электронный ресурс]. URL: <http://ru. http://www.shtangagol.ru/istoriya-igry/futbol-i-fizika.html> (дата обращения 10.06.2013).

3. Официальный мяч ЧМ-2014 Brazuca: [Электронный ресурс]. URL: <http://footballx.ru/fifa-world-cup-2014/oficialnyj-myach-chm-2014-brazuca.html> (дата обращения 11.06.2013).

4. Футбольный мяч: [Электронный ресурс]. URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Футбольный\\_мяч](http://ru.wikipedia.org/wiki/Футбольный_мяч) (дата обращения 11.06.2013).

5. Формула стопроцентного гола: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.infoniac.ru/news/Formula-100-procentnogo-gola.html> (дата обращения 16.06.2013).

6. Закон Стокса: [Электронный ресурс]. URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/%C7%E0%EA%EE%ED\\_%D1%F2%EE%EA%F1%E0](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C7%E0%EA%EE%ED_%D1%F2%EE%EA%F1%E0) (дата обращения 13.06.2013).

### **Глава 3.**

## **Разработка и апробация комплекса творческих и исследовательских заданий интегративного характера**

В конце XX – начале XXI века стали особенно заметны изменения в характере образования, как среднего, так и высшего. Цели, задачи, содержание образования сейчас направлены на развитие личности учащегося, на творческую инициативу, самостоятельность, «креативность» и, следовательно, в перспективе, на мобильность и конкурентоспособность выпускников образовательных учреждений – будущих специалистов. Многообразный рынок труда определяет необходимость развивать у учащихся умения нестандартно мыслить, требует наличия интеллектуальных и коммуникативных способностей.

Пермский край – регион с развитой промышленностью (горнодобывающей, химической, машиностроительной и др.), активно участвующий в международных проектах. Важнейшим фактором роста экономики страны и края является инновационное развитие высших и средних учебных заведений [1, 2].

Важно не только получение знаний учащимися, но и развитие познавательных способностей, стремления к созиданию, осознанный выбор деятельности Государственные образовательные стандарты предполагают также формирование ключевых компетентностей. Как известно, компетентный в той или иной области деятельности человек обладает соответствующими знаниями и способностями их рационально и грамотно применить.

К сожалению, освоение учебных дисциплин сопровождается излишним академизмом, абстрагирование и постулирование, преобладает информационный подход в отрыве от реальности. Наблюдается в той или иной степени искажение у учащихся мысленных образов по сравнению с реальными объектами. Используется

словесно-знаковая информация, слабо подкрепленная чувственно-образной, ослабевает связь с реальными предметами и явлениями. Исключить этот разрыв может исследовательская компонента в учебной деятельности. На наш взгляд, именно чувственный, «живой» эксперимент, проведенный самостоятельно (даже с ошибками, поиском элементов решения задачи) дает «прорыв» в понимании явлений. Выполняя экспериментальную работу, учащиеся не только воспроизводят физические процессы, но и приобретают навыки анализа полученных результатов и наглядного их представления, навыки обработки результатов измерений. Поэтому система непрерывного образования «школа – вуз» [3] продолжает оставаться актуальной, представляя собой эффективный инструмент перехода от среднего общего образования к высшему профессиональному образованию.

Особый интерес представляет система работы в инновационном образовательном центре ФГБОУ ВПО ПНИПУ – ресурсном центре развития детской и юношеской одаренности (на базе МБОУ «Лицей № 1» г. Перми).

Рассмотрим систему работы с учащимися старших классов многопрофильного лицея по формированию исследовательского компонента в образовательном процессе, наделенном признаками интегративности и дифференцированности. Системность учебно-исследовательской работы обеспечивается тьюторским сопровождением и базируется на следующих принципах:

● **Принцип формирования мотивации учащихся:** школьникам даже старших классов важна «привлекательность исследования», часто их может привлечь внешняя сторона (что-нибудь про космос, «черные дыры», про ядерную физику и т. п.); *перед тьютором стоит серьезная проблема – не отвергая интерес учащегося к привлекательной, но невыполнимой задаче, привлечь внимание, расположить к исследованию, объяснить важность и актуальность исследований в других областях знания и найти связи с тем вопросом, который привлек школьника (кстати, это*

часто бывает очень поверхностный взгляд); тьюторская поддержка должна быть в первую очередь направлена именно на становление интереса к исследованию, на развитие проблемы; необходимо также направлять ученика и на «дальнюю» мотивацию – перспективу учебы в вузе и, может быть, на будущую профессиональную деятельность. Со стороны тьютора также важен **учет предпрофессиональных интересов и способностей учащихся** (необходимо следить за тем, чтобы тематика работы была для начинающего исследователя не только интересна, в смысле привлекательна, но и посильна для выполнения; учащийся в ходе выполнения работы, разумеется, использует дополнительные сведения, но опираясь на базовые знания; необходимо обращать внимание на склонности учащихся: кто-то успешнее справится с теоретической темой, кого-то следует направить на экспериментальную работу, на конструкторскую, возможно также использовать гуманитарный потенциал ученика и т. п.).

● **Принцип сочетания групповых и индивидуальных подходов:** (индивидуальные – предпочтительнее, так как при этом в большей степени формируется личная ответственность за результат, но возможно выполнение работы и вдвоем, втроем – это может быть обусловлено особенностями уже самой работы, видом эксперимента, техникой безопасности и т. п.; если работы сгруппированы по тематике, то важной становится и коллективная ответственность); одной из *особенностей постановки исследований часто является включение тьютора в ту или иную группу не как учителя, а как участника с обязанностями и ответственностью перед группой.*

● **Принцип оптимального подбора учебных вспомогательных материалов** в помощь учащимся-исследователям со стороны учителя-тьютора соответствует требованиям: аутентичность, познавательность (должны быть интересными, привлекательными по содержанию и оформлению), доступность в соответствии с возрастом школьника и его возможностями.

● **Принцип преемственности обучения:** учащийся должен получить возможность использовать уже полученные в ходе учебного процесса знания, актуализировать информацию, приступить к собственному исследованию, опираясь на нее; важно отметить роль родителей, родственников, знакомых – *работа с ними также входит в тьюторскую поддержку; если учащийся говорит, что он с отцом в гараже сделал устройство, то надо непременно уделить этому внимание и поддержать исследователей-конструкторов.*

● **Принцип междисциплинарного взаимодействия** («природа – единый организм», деление на науки и учебные дисциплины становится в настоящее время все менее четким, последние десятилетия отмечены ростом числа научных открытий именно на стыке наук; эту взаимосвязь учащиеся должны начать постигать уже в школьных курсах дисциплин и тем более при выполнении самостоятельного исследования).

● **Принцип взаимной активности** – важен интерес преподавателя, который должен показать себя специалистом в предметной области, ставить проблему, знать состояние современной науки, сам вести активную научную работу, публиковать научные результаты, в том числе с соавторами-школьниками.

Важную роль играет летняя учебно-исследовательская практика учащихся образовательного центра многопрофильного лицея, а также учащихся школ Пермского края, в ходе которой окончательно формируется направление исследований каждого школьника, решается вопрос об индивидуальном или групповом выполнении работы, начинается подборка необходимых материалов, инструментов, приборов; кроме того, кратко, но системно излагаются основы научного исследования, основы обработки результатов измерений, роль теории размерности, приемы «обезразмеривания» величин; обязательным видом занятия на практике является знакомство с правилами техники безопасности в научных лабораториях; для прохождения практи-

ки ребята заранее записываются на то или иное направление (к преподавателю); для выступлений и общения с учащимися приглашаются также ведущие ученые и специалисты производств.

Непрерывная оценка результатов работы, включающая наблюдения за ходом работы, дискуссии, регулярные семинары, участие в мастер-классах, проводимых отечественными и зарубежными коллегами наиболее полезна в научном и профессиональном плане для старшеклассников профильных классов, выполняющих творческую или исследовательскую работу междисциплинарного характера.

Российские и зарубежные коллеги всегда отмечают активность учащихся, их любознательность, умение задавать вопросы, вести обсуждение, высказывать собственные соображения. Доклады и дискуссии ведутся на английском языке, но это для ребят не является затруднением, именно здесь они видят смысл и конкретную пользу в изучении иностранных языков. Окончательные результаты исследования проходят предварительную защиту (в форме семинара) и затем защиту перед комиссией, в которую входят преподаватели образовательного центра, лицея и вуза; при этом также важно уметь подготовить специальные материалы: аннотацию работы (на русском и иностранном языках), презентацию доклада, бейджи, научные акции.

Учебно-исследовательские работы (УИР) являются логическим продолжением освоения естественнонаучных дисциплин, средством интенсификации обучения, своеобразным ускоряющим фактором повышения качества образования. Опора на реальные интересы школьников, на их потребности и мотивы, организация общения, обсуждение общих научных проблем – это предпосылки создания студенческой и в перспективе профессиональной коллегиальной среды [4].

Анализ анкет, беседы с выпускниками образовательного центра, а также общая атмосфера на занятиях и контакты во внеауди-

торное время и даже в студенческие годы свидетельствуют о росте уверенности учащихся, удовлетворенности процессом и результатами.

Практическая значимость УИР заключается в закреплении и совершенствовании умений и навыков, полученных как на учебных занятиях, так и в ходе самостоятельной работы. Сопровождение УИР на основе выделенных принципов следует рассматривать и как повышение квалификации самих преподавателей.

Выбор направления исследований – **первый этап** работы. Довольно часто приходится сталкиваться с ситуацией, когда учащиеся просят просто дать им список заданий (научных тем), а они бы уже что-нибудь выбрали. Мы практикуем иной подход. Тему своего исследования учащийся должен «вырастить», должен понять, что ему интересно, что он уже знает, может быть начать планировать свою будущую профессию и т. д. Мы работаем с учащимися 10–11-х классов. К этому времени они уже имеют достаточно широкий круг представлений об окружающем мире, начитанны, наблюдательны, многие уже посещали различные кружки, студии, секции; большинство неплохо владеют информационными технологиями. При этом они могут уже иметь определенные интересы, склонности, способности. Некоторые ребята занимались ранее собственными исследованиями, ставили эксперименты (опыты), поэтому довольно большое число учащихся выбирает именно физику на летней учебно-исследовательской практике. По мере прохождения летней практики перед учителем-тьютором встает очень ответственная задача: помочь ученику выбрать направление исследования, сформулировать тему исследовательской работы, определить ее цели и задачи, выяснить реальные возможности и условия ее выполнения. При этом необходимо учесть интересы школьника и его возможности. Работа должна быть интересна, посильна, понятна.

*Организационные варианты подходов к формированию  
содержания исследований  
(как педагогические советы и рекомендации)*

1. В ходе учебных занятий в 10-м классе, на консультациях, во внеучебное время и особенно в часы летней учебной практики преподаватели ненавязчиво, но увлеченно, интересно рассказывают о различных ситуациях, личных наблюдениях, своих собственных научных работах, о работах, выполненных учащимися в прошлые годы. Как правило, находятся ребята, проявившие любопытство, желающие *продолжить начатые ранее исследования (прообраз научной школы)*.

Например, упомянутая на лекции по математике доцента ПНИПУ Л. Б. Грайфера фрактальная геометрия, вызвала очень большой интерес (не «угасающий» и до настоящего времени). Первая работа (1992–1993 гг.) с использованием этого аппарата была выполнена Ниной Г. и Ингой А. (учащиеся 11-го физико-математического класса). Рассматривалось растекание жидкости в слое сыпучего вещества между прозрачными пластинками из органического стекла («вязкие пальцы»). Хотя это явление было уже известно, но учащиеся использовали другие среды: соль, сахар, сода, светлый песок, другие жидкости: растворы, масло; связали фрактальную размерность растекшихся «языков» жидкости со скоростью проникновения их в слой вещества, а также составили компьютерную программу о перколяции (просачивании). Их работа «Исследование растекания жидкости в пористой среде» интересна не только с точки зрения математики и физики, но важна и при решении экологических проблем (захоронение жидких отходов), в горном деле (закачивание воды в соляной пласт с целью предотвращения выбросов газов).

В исследовании «Моделирование роста осадка» (Николай Г., 1996 г.) также использовано понятие «фрактал», показан один из этапов построения модели (рис. 3.1). Эта работа получила дальнейшее развитие: частицы осадка представлялись в виде разных

форм, учитывалось броуновское движение, строились корреляционные зависимости.

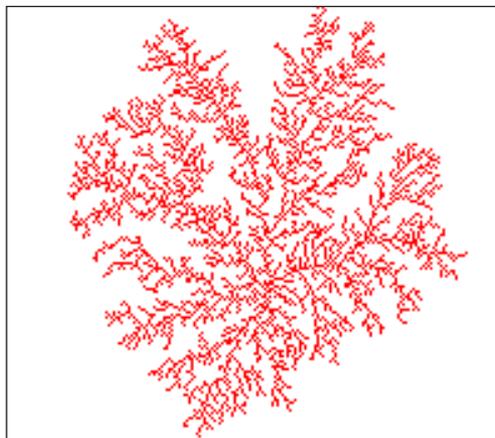


Рис. 3.1. Образовавшаяся твердая частица осадка – фрактал

Еще одна работа – Исследование контуров ледяного слоя (ученик 11-го класса, 2000 г.) (рис. 3.2) также включает вычисление и анализ фрактальной геометрии объекта.



Рис. 3.2. Ледяной слой на поверхности воды

Фрактальными объектами являются также самые различные трещины – одна из исследовательских работ в этом направлении (Николай М., 2011 г.) была выполнена учащимся вместе с отцом-строителем: исследовали разломы строительных материалов (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Снимок формы излома пластины гипсокартона

В этих и многих подобных работах совместились необходимость знаний по физике, химии (осадок-коллоид), математике (фрактальная геометрия), информатике (программирование). И сейчас по-прежнему имеется много вопросов, связанных с подобными явлениями и процессами. Несмотря на необычность математического аппарата и кажущуюся сложность, такие работы вполне посильны для учащихся 10-х классов и могут быть интересны преподавателям физики, математики, информатики, химии, биологии, географии.

В течение 5 лет в форме наставничества и научного консультирования осуществлялась подготовка молодых педагогов-исследователей образовательного центра (среди них Н. Ю. Любимова, ученики которой неоднократно становились призерами и лауреатами различных региональных и межвузовских конкурсов). *Тьюторскую поддержку таких работ могут осуществлять*

даже несколько преподавателей, создав вместе с учащимися творческую группу.

Развитие уже начатых ранее исследований также имеет место в работах по изучению поверхностных сил (тонкие пленки). Это очень наглядные, интересные эксперименты: равновесие тонких мыльных пленок, различные виды неустойчивости, их движение, колебания, интерференционные явления и т. п.

Идея исследования может быть высказана самим учащимся, возможно у него есть желание и возможности продолжить что-то уже начатое им ранее. В этом случае преподавателю тоже необходимо вникнуть в сущность вопроса, дать необходимые советы, помочь развить или скорректировать направление исследования. Так, например, мы не стали отвергать желание учащихся сконструировать электромагнитную «пушку Гаусса». Учащиеся 11-го класса успешно справились с этой работой. Хотя это устройство хорошо известно, существует немало конструкций, они, тем не менее, смогли внести в него ряд очень интересных модификаций. Работа заслужила высшую оценку на краевом конкурсе исследовательских работ «Дерзание».

Учащиеся в Интернете часто находят ролики Youtube с демонстрацией физических и химических опытов. Опыт сам по себе еще не исследование, но может стать основой для научной работы школьника. Так, опыты с неньютоновскими жидкостями (крахмал, смешанный с водой), твердо-упругими материалами дали начало целой серии исследовательских работ (2011–2015 гг.) (рис. 3.4).

Юрий Г. (2015 г.) рассмотрел разнообразные практические применения подобных материалов от детских игрушек до вопросов замедления течения селей и лавин, снижения энергозатрат в пищевой промышленности (варенье, карамель).

2. Направление исследований может определить и преподаватель, привлекая ребят к своей научной тематике. В многопрофильном лицее при ПНИПУ (лицей № 1) естественнонаучные



Рис. 3.4. Обнаружено необычное свойство материала (ооблека): анизотропия при резких воздействиях

дисциплины в старших классах ведут преподаватели вуза. Именно при таком подходе возникали ситуации, когда учащийся, выполнив УИР в лицее, продолжал свои исследования в вузе.

3. Тематика работ может быть сформирована при *совместном участии преподавателей естественнонаучных и гуманитарных дисциплин*. Такой подход можно считать наилучшим в условиях междисциплинарного взаимодействия. Так, работа Ксении М. была посвящена исследованию смысла слова SMART, появившегося в нашей речи в конце 1990-х годов.

Эта тема была интересна как преподавателям русского и английского языков, так и учителям-«естественникам», так как это слово стало часто означать характеристику различных устройств, приборов (smart device), даже продуктов питания (smart drink), процессов и т. д.

Еще один пример: историческое развитие представлений о физическом смысле слова «вес» тела в русскоязычных и англоязычных учебниках начиная с 1890 года.

Каждая работа обязательно сопровождается аннотацией (abstract) на иностранном языке, чаще – на английском [5]. Поэтому изучению иностранных языков, их использованию в научной речи также следует уделить внимание, так как это становится условием мобильности и конкурентоспособности выпускника образовательного учреждения, а затем и специалиста.

Проведение специальных занятий совместно с преподавателем иностранного языка и преподавателем естественнонаучной дисциплины, а также семинаров учащихся на иностранном языке может обеспечить существенный успех в практическом освоении языка.

Исследовательская работа может стать развитием той или иной учебной физической (химической, математической) задачи. Такие задачи сопровождаются множеством ограничений (гипотез), например невесомая и нерастяжимая нить, «сопротивлением воздуха пренебрегаем», идеальный газ, абсолютно твердое тело, однородность и изотропность тел и т. п.

Приближение к более реальной ситуации вполне может превратить типовую задачу в исследование. Многие задачи, несмотря на кажущуюся простоту, оказываются очень интересными и практически значимыми. Известная тренировочная задача о движении тел по наклонной плоскости (с трением или без трения) включена во все сборники задач по физике и в экзаменационные варианты. Бывает, что такие задачи усложнены наличием блоков, связанных тел, действием электрического и магнитного полей. Но в журнале «Квант» мы обратили внимание на статью о движении по наклонной плоскости бумажной фигурки – флексмана [6]. Его движение учащийся (Павел Ч.) назвал «семенящим». Действительно, флексман не скользит, а перемещается, быстро переставляя «ножки». Ребята вспомнили детское стихотворение А. Барто «Идет бычок качается...». Это то же самое явление, использованное в детской игрушке. Движение такого объекта ученик детально исследовал: дал физическое объяснение, определил характер движения в зависимости от размеров флексмана, изменения положения его центра тяжести, наклона плоскости, типа покрытия (шероховатости) и т. д. Он также предложил варианты устойчивых конструкций и дал с этой точки зрения свое объяснение: «почему избушка – на курьих ножках». В другой работе (Евгения Д.) рассмотрено равновесие различных

фигур на наклонных плоскостях (конус, куб, многоугольник). Специалисты автодорожного факультета ПНИПУ оценили практическое значение работы для подбора оптимальной формы частиц искусственных насыпных дорожных покрытий.

*Темы и краткое описание учебно-исследовательских  
и творческих работ старшеклассников математических  
и естественнонаучных классов*

Далее рассмотрены работы, охватывающие широкий круг физических явлений. Следует еще раз подчеркнуть значение межпредметной интеграции – необходимого условия правильного понимания окружающей действительности, единства природы. *При поддержке естественнонаучных исследовательских работ особенно важно участие преподавателей математики и информатики.* Многие идеи использования математического аппарата иницируются именно математиками. Также серьезный вклад в помощь учащимся могут обеспечить контакты с преподавателями вузов и специалистами производственных подразделений. *Самое главное, чтобы учащиеся видели эту коллегиальность и переносили ее на свои взаимоотношения.*

Основной составляющей исследований учащихся 10–11-х классов является, по нашему мнению, эксперимент. Именно проводя реальные наблюдения и измерения учащийся может применить свои знания, приобрести новые, использовать приборы, установки, собрать электрические схемы – не учебные, тренировочные, а те, с помощью которых будут получены ответы на поставленные вопросы. Среди учащихся распространено убеждение, что всё уже известно, «разве я смогу что-то открыть», «ну, это делают ученые» и т. п. *Учителю-тьютору необходимо помочь учащимся преодолеть это заблуждение, показать, что «открыть» свой закон, узнать то, что еще никто не знает – это вполне осуществимое, реальное действие.*

1. Пример работы, результаты которой оказались настоящим открытием (Максим К. и Владимир П., 1991 г.).

Это был первый опыт сопровождения УИР. Учащимся было предложено просто помочь преподавателю выполнить ряд исследований. Задание было очень простое: приготовить растворы химических реагентов. Сама работа была посвящена поиску эффективных химических реагентов, образующих малорастворимые осадки-коллекторы для извлечения микроколичеств элементов (физическая и аналитическая химия) с последующим спектральным анализом. Ребята обратили внимание на то, что чем эффективнее реагент, тем труднее приготовить его раствор, так как на поверхности появляется слабая, но довольно устойчивая пенка (опытный лаборант проводит процесс очень аккуратно, капли воды стекают по стенкам мерной колбы, и пена не образуется). У школьников еще не было твердых навыков, поэтому при добавлении растворителя (воды) по каплям в мерную колбу капли при падении в раствор образовывали пузырьки пены. Можно было бы не придавать этому значения, а просто дать ребятам возможность потренироваться и научиться аккуратно «доводить раствор до метки». Но уже сами школьники заинтересовались тем, какое свойство раствора отвечает за пенообразование? Почему пузырьки пены образуются при использовании наиболее эффективных, наименее растворимых в воде реагентов? С этого момента работа учащихся приобрела исследовательский характер. Они выбрали способ измерения поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) и провели большую серию экспериментов, исследовав ряд реагентов сходной структуры, но отличающихся заместителями в молекулах (рис. 3.5 а). Опыты обнаружили весьма существенное различие в поверхностных свойствах растворов (рис. 3.5 б).

Коэффициент  $\sigma$  характеризует поведение вещества на границе раздела сред (чаще всего раствор – воздух). Но ребята заинтересовались и другими средами: жидкость – жидкость, жидкость –

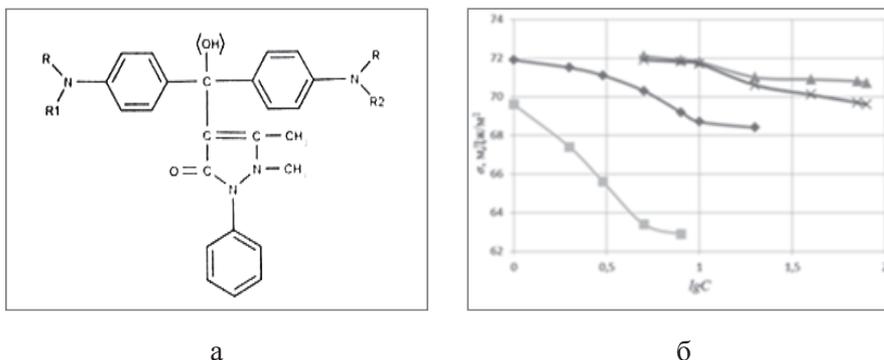


Рис. 3.5.

а – Структурная формула исследованных реагентов;  
 б– логарифмические зависимости коэффициентов поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) от концентрации растворов

твердое вещество. Все измерения дали хорошее корреляционное соответствие поведения реагентов на межфазных границах. Эти исследования положили начало представлениям о существенной роли гидрофобности аналитических реагентов. Результаты были опубликованы в научном журнале.

Очень важным оказалось также то, что учащиеся увидели необходимость владеть знаниями из самых различных областей науки (физика, химия, математика) и рационально их использовать.

*Таким образом, тьютору надо стимулировать наблюдательность учащихся, обращать их внимание даже может быть на первый взгляд на несущественные стороны явления, искать нестандартные подходы; если учащиеся сами подметили что-то, удивились чему-либо, то самому отнестись к этому с интересом, терпением, вниманием.*

2. Работа Людмилы Р. (2014 г.) также одна из тех работ, для выполнения которой потребовались знания физики и в большей степени химии. Ученица определяла химический состав (метал-

лы) пищевых продуктов (соки) с помощью метода бумажной хроматографии (рис. 3.6). На фото показан адсорбционный хроматографический след, на котором отчетливо видно разделение веществ. В нижней части пика розовый цвет соответствует наличию ионов магния, которые не были указаны в составе сока. Анализ состава пищевых продуктов является важным при их производстве и, следовательно, определяет их качество.



Рис. 3.6. Хроматограмма раствора фруктового сока

*При выполнении этой работы потребовалась поддержка специалиста-химика: помощь в оборудовании рабочего места в лаборатории, инструктирование по технике безопасности и объяснение правил работы в химической лаборатории.*

3. Сергей Т. (2013 г.) сам придумал на первый взгляд странное исследование. Вот как он сформулировал идею работы: «Все мы в жизни сталкивались с таким физическим явлением, как конденсация. Также мы знаем, что если подышать на стекло, то на нем появится туманное пятнышко – это и есть конденсат. Однако потом мы можем заметить, что через некоторое время это пятно исчезнет – конденсат испарился». Учащийся тщательно провел все необходимые исследования. Подготовил различные поверхности, придумал, как менять влажность выдыхаемого воздуха, изучил влияние температуры и т. д. (Рис. 3.7).

Результаты работы представили интерес для специалистов в самых разных областях производства (нефтехимическое, целлюлозно-бумажное, медицина, биология) и могут быть опубликованы в научном журнале.

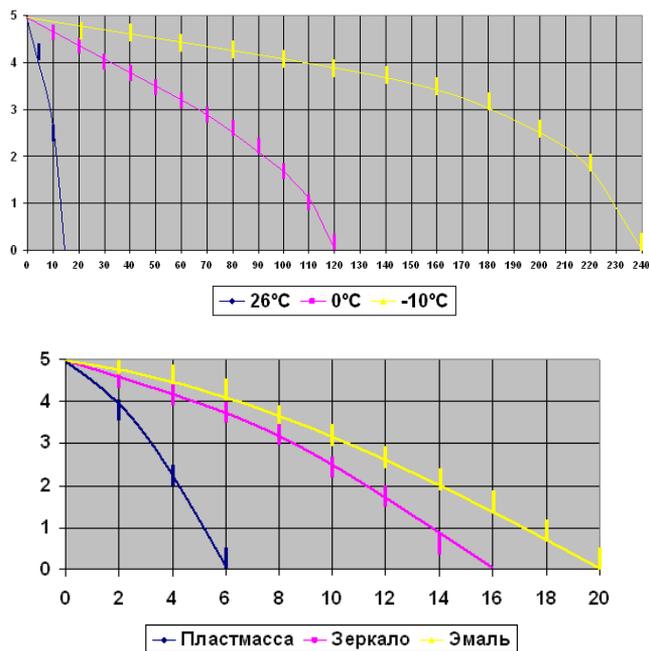


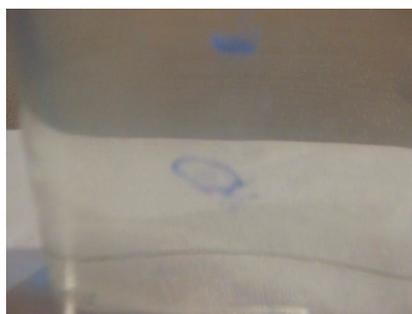
Рис. 3.7. Графики зависимости времени испарения жидкости с поверхности от времени, температуры окружающего воздуха и вида поверхности

4. Как уже было отмечено, работы, связанные с исследованиями поведения тонких пленок, дают очень наглядные представления процессов, интересны математически. Пример такой работы – «Исследование движения тонких мыльных пленок в конических трубках». В разные годы ее выполняли Михаил Т. (2003 г.), Роман Г. (2010 г.), Александр Б. (2012 г.). За основу был взят старинный классический опыт: в конической трубке тонкая мыльная пленка стремится переместиться к более узкому концу. Учащиеся в своих работах ставят вопросы: каков характер движения пленки и какими факторами он определяется; как сформулировать задачу о таком движении; как ведет себя пленка в горизонтальной труб-

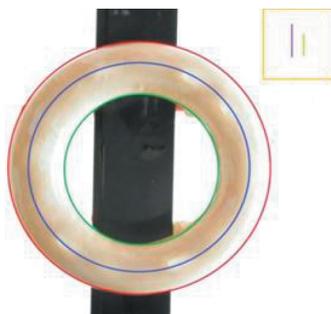
ке, в вертикальной, наклонной и т. д.? Такая задача до этого не была рассмотрена ни теоретически, ни экспериментально. Учащиеся 2012 года значительное внимание уделили практическому использованию явления – микролифт в вертикальных трубках, выдувание газов и пыли и т. д. Результаты теоретического решения задачи (2003 г.) были опубликованы в научном журнале. Все эти работы заслужили высокой оценки жюри на региональных и всероссийских конкурсах.

5. Интересную и сложную, с серьезными математическими расчетами работу выполнила Александра С. (2013 г.) – «Неустойчивость границы раздела сред» (рис. 3.8).

*Серьезная поддержка и помощь в этой работе была оказана преподавателями математики. Здесь необходимо было использовать интегральное исчисление, решение дифференциальных уравнений и т. п. Сопровождение этой работы представляет характерный пример коллегиальности: работу анализировали как специалисты-физики, так и математики на семинаре кафедры прикладной физики ПНИПУ.*



а



б

Рис. 3.8.

а – Движение капли жидкого коллоида (туши) в воде сопровождается проявлением неустойчивости Рэлея – Тейлора;  
б – стекание капель с тора – линия формирования капель (вид сверху)

6. Пример работы, когда учащиеся захотели и смогли использовать свое умение работать с компьютерными программами обработки звука Cool Edit Pro (Adobe Audition). Александр И. и Владимир Т. (2010 г.) исследовали звуки, сопровождающие прецессионное вращение металлического диска (диск Эйлера) – известный физический опыт.

Но цель работы, состоящая в том, чтобы проанализировать звуки, полученные при вращении диска на поверхностях с разным покрытием, и рассмотреть применение полученных результатов на практике, представляла собой уже новый подход. Методика исследования: частотный анализ звука металлического диска при его вращении на твердой поверхности осуществлялся на основании данных аудиограмм и спектрограмм (рис. 3.9), обработанных с помощью программы Adobe Audition.

Выполняя эту работу, учащиеся познакомились с методами разложения колебаний в спектр (Фурье-анализ, вейвлет-анализ). Анализируя полученные результаты, подтвердили одну из гипотез, связанную с поведением такого тела: в конце вращения диск действительно падает (небольшой всплеск на всех диаграммах). Кроме того, они исследовали звучание диска на самых различных

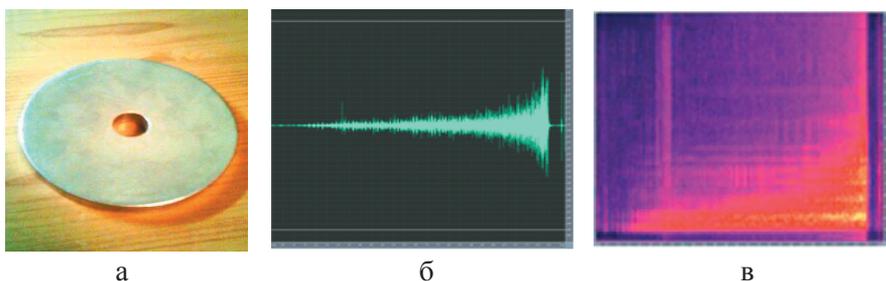
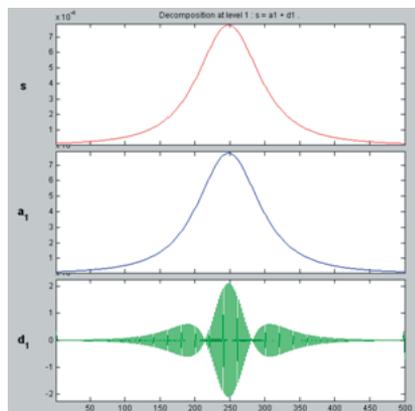


Рис. 3.9.

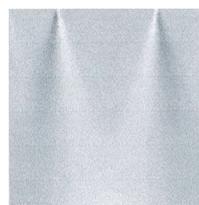
- а* – Диск Эйлера и результаты записи звука при его вращении;  
*б* – осциллограмма записанного звука;  
*в* – спектрограмма

поверхностях, высказали идеи о практическом использовании явления. Роль тьюторского сопровождения в этом случае состояла в том, чтобы интерес учащихся к использованию звуковых редакторов (все школьники увлекались игрой на музыкальных инструментах) связать с конкретными физическими явлениями и освоить новые знания.

7. Сложную междисциплинарную исследовательскую работу при действенной помощи преподавателей математики и информатики выполнили Илья К. и Виктория К. (2011 г.). Это уже серьезная работа, связанная с поиском дефектов в кабельной технике. Учащиеся познакомились с методом спектрального разложения различного вида сигналов – вейвлет-анализом. В качестве тестового примера сначала был использован короткий соленоид. Индукция магнитного поля соленоида была рассчитана теоретически, измерена экспериментально и проанализирована с помощью вейвлетного разложения. Построение вейвлет-преобразования они выполнили в математическом пакете MathCAD Wavelet Toolbox (рис. 3.10).



а



б

Рис. 3.10.

а – График  $s$  – исходный,  $d_1$  – его вейвлет-образ. Изменение индукции соленоида можно разбить на три этапа: внутри катушки, на концах катушки и вне катушки (по ее оси). На графике  $d_1$  отчетливо просматриваются все эти этапы;  
 б – вейвлет-образ места повреждения электрического кабеля

8. Академик М. Келдыш, изучая проблему, связанную с разрушением ракеты на взлете, предположил, что «в баках с топливом развивались колебания и разрушали ракету». Подача топлива в жарочную камеру авиационного двигателя тоже может происходить «рывками» – это явление называется «помпаж». Юлия К. и Ольга П. в качестве модели этого процесса рассмотрели вытекание жидкости (воды) из пластиковых бутылок, имеющих гибкие стенки. Вода перетекает из одной бутылки в другую с характерным «бульканьем». Учащиеся провели большую серию экспериментов: использовали бутылки разной формы, разные жидкости, измеряя время (период) одного «булька». Поскольку речь шла об упругих колебаниях стенок, то период мог зависеть от массы колеблющегося предмета, жесткости материала. Прикрепляя к стенкам магниты, утяжеляли их; жесткость увеличивали, закрепляя вдоль стенок «ребра жесткости» – деревянные планки. Учащийся физико-математического класса 2015 года, повторяя эти опыты, записывал и анализировал звуки, сопровождающие этот процесс. *В ходе тьюторского сопровождения были установлены контакты с кафедрой «Авиадвигатели» ПНИПУ, с тем чтобы учащиеся поняли связь результатов исследования модельного явления с реальными процессами, очень опасными в авиации. Сотрудники кафедры рекомендовали продолжить исследования в этом направлении.*

8. «Математическая модель кайта» (Евгения К., 2014 г.). По словам автора, «данная тема актуальна потому, что в наше время существует много разных видов спорта. И некоторые из них малоизвестны. Например, кайтинг. Но при этом есть люди, которые знают об этом виде и активно занимаются им. Но сам кайт, даже в наше время, не является полностью доработанной моделью буксировочного воздушного змея.

В данной работе имеется слишком широкий спектр исследования, и четкие цели и задачи на данный момент выделить нельзя. Поэтому в этой работе были установлены некоторые условия

для рассматриваемой задачи: погодные условия определенной местности, скорости ветра, размеры кайта. И поставлены несколько задач:

1. Изучить погодные условия выбранной местности.
2. Создать математическую модель для расчета подъемной силы кайта.
3. Создать 3D-модель в среде моделирования AutoCAD и Компас-3D.
4. Рассчитать в программе ANSYS давление на кайт при определенной скорости ветра.
5. Построить диаграмму напряжений, зависящих от скорости ветра.

Для решения задач использованы:

Компас-3D – это модуль для работы с чертежами и эскизами, которые генерируют разные виды трехмерных моделей.

ANSYS – это многоцелевой конечно-элементный пакет, программа для решения инженерных задач.

3D-модель оказалась слишком сложной, среда моделирования в ANSYS оказалась также неудобной. Поэтому была выбрана среда Компас-3D, в которой была создана модель, но для корректировки была использована программа AutoCAD.

При создании модели было несколько сложностей, таких как:

- отсутствие чертежей конструкции;
- отсутствие описания конструкции именно кайта.

Но эти проблемы были устранены с помощью математической модели, представленной ниже, а также наличия самой конструкции, что позволило создать модель, которая представлена на рис. 3.11.

Кайт – довольно универсальная вещь и его действительно можно дорабатывать. В погодных условиях города Перми его можно использовать в повседневной жизни довольно часто, к примеру, чтобы перевезти груз через реку, если до моста довольно далеко, а лодки нет. Это станет возможным, потому

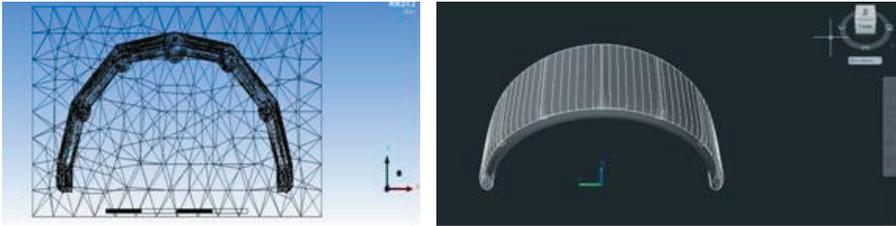


Рис. 3.11. Построение модели летательного устройства – кайта

что сила и направления ветров благоприятны для его использования.

Специалисты высоко оценили уровень знаний учащейся и качество выполненных расчетов. В ходе дальнейшей учебы в вузе (Архитектурный институт) студентке рекомендовали продолжить исследовательскую работу, используя полученные знания и навыки.

1. Тема следующей работы сформировалась случайно (Ярослав С., Павел К.). На рис. 3.12. показана детская игрушка – пирамидка, по которой сверху вниз спускается каретка, раскачиваясь при этом. Получается что-то вроде маятника. Его движение учащиеся описали теоретически, познакомившись при этом с зако-



Рис. 3.12. «Прыгающий» маятник

нами динамики вращательного движения, такими понятиями, как момент инерции, момент импульса. Теоретические выводы они проверили экспериментально. Плечи каретки можно удлинить, утяжелить с помощью магнитов, т. е. изменять ее момент инерции.

В следующие годы ученик Николай К. трансформировал эту работу. Если в первом варианте каретка спускалась, то на рис. 3.13 показано всплывание при действии выталкивающей силы на шарики, соединенные нитями с кареткой.



Рис. 3.13. Всплывающий маятник может играть роль «лифта-подъемника» тел на поверхность жидкости

Николай также собрал подъемник большего размера, используя обычные круглые шашки. Отсюда возникла идея своеобразного подъемного устройства, движение которого регулируется автоматически и в любом положении может быть легко остановлено и снова запущено (собственно, мы здесь имеем дело с типичной картиной автоколебаний, обратной связью, клапаном). Устройство можно применить для подъема тел как в жидкостях, так и в газах. Учащиеся рассчитали необходимые объемы шаров, количество наполнителя, придумали несколько конструкций лифтов для подъема грузов в реальных условиях. Идея получила дальнейшее развитие: предложено рассмотреть это движение в

электростатическом и магнитном полях. Тьютору в данной ситуации пришлось быть в значительной степени наблюдателем и стараться не вносить помех в работу, так как учащиеся проявляли «безграничную фантазию и изобретательность» и стремились максимально самостоятельно доводить свои идеи до реализации.

2. Работа Эльвиры К. «Проектирование и создание кейса» – весьма практическая и актуальная, она раскрывает особенности проектирования различного вида упаковок, контейнеров, сумок, портфелей, кейсов. На рис. 3.14 представлен фрагмент проекта противоударного кейса.



Рис. 3.14. Проектирование противоударного кейса

Был проведен исторический обзор решений этой проблемы. С помощью законов механики осуществлены необходимые расчеты, проведены экспериментальные исследования. Несмотря на кажущуюся простоту идеи, работа оказалась глубокой и интересной. Тьюторская поддержка свелась практически к помощи в работе под руководством автора, школьница чувствовала себя настоящим грамотным руководителем проекта.

3. Как всегда, учащиеся проявили большой интерес к электрическим явлениям, хотя чаще всего они имеют в виду электрические схемы. На кафедре прикладной физики ПНИПУ школьники могут познакомиться с разными приборами, устройствами. На рис. 3.15 показан учебный модуль, на котором можно провести различные измерения и наблюдения. Так, с помощью осциллографа, встроенного в модуль, можно изучать колебательные процессы, проводить измерения.



Рис. 3.15. Подготовка установки к изучению электрических колебаний

4. Полина Ф. работала с установкой (рис. 3.16), на которой можно исследовать поведение плавающих колец. Обычно это выглядит как эффектный демонстрационный опыт: чем больше проводящих колец помещено на сердечник катушки, тем выше они располагаются.



Рис. 3.16. Установка для исследования эффекта «плавающих колец» (трансформатор Э. Томсона)

Актуальность выбранной темы для исследований обусловлена важным местом законов электродинамики в курсе общей физики. Эффект «прыгающего или плавающего кольца» широко используется в демонстрации правила (закона) Ленца. Но теория эффекта в учебниках практически не представлена. Самостоятельное исследование, выполненное автором, может стать основой для методического пособия к интересной лабораторной работе. В ходе выполнения Полина показала качества, необходимые исследователю: упорство, аккуратность в ведении записей, владение основами технических измерений.

Выводы по результатам работы:

1. Проведен эксперимент, который позволил наблюдать парадоксальное явление «зависания» колец в магнитном поле катушки Томсона.

2. Показано, что среднее значение силы Ампера за период колебаний тока соленоида без учета постоянной времени кольца равно нулю, а также доказано, что усредненная за период сила Ампера является функцией постоянной времени кольца ( $\tau$ ).

3. Использована физическая величина – «постоянная времени», с помощью которой можно объяснить кажущееся «противо-

речие» законов электромагнитной индукции и наблюдаемых эффектов.

4. Выведено условие равновесия колец и показаны факторы, влияющие на высоту, при которой кольцо остается в равновесии.

5. Исходя из полученных соотношений были сделаны качественные выводы о направлении силы Ампера и ее зависимости от постоянной времени и массы кольца.

5. Александр Н. и Владимир Д. выполнили свои исследования волн в СВЧ-диапазоне под руководством преподавателей кафедры прикладной физики ПНИПУ. Они самостоятельно собрали установку, сконструировали модель оптически активной среды из медных пружинок, имитирующих молекулы, и исследовали поляризационные свойства этой среды при прохождении через нее электромагнитных волн СВЧ-диапазона (рис. 3.17).

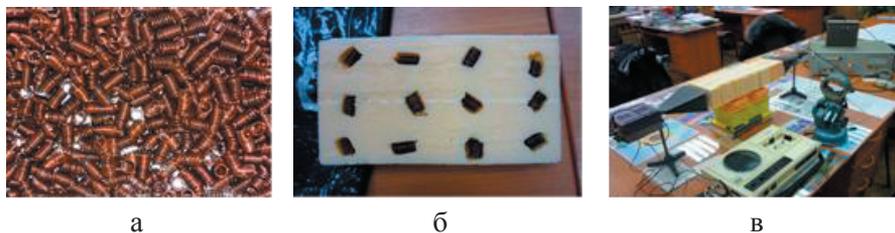


Рис. 3.17.

- а* – Набор медных пружинок;  
*б* – модель оптически активной среды в СВЧ-диапазоне электромагнитного излучения;  
*в* – подготовка установки к работе

При проявлении интереса учащихся к вопросам электромагнетизма тьютору пришлось обратиться на кафедру ПНИПУ к специалистам, которые смогли бы помочь учащимся в постановке задачи и проведении исследований.

6. Самые, пожалуй, привлекательные, наглядные, даже парадоксальные явления – оптические. Поэтому учащиеся довольно

часто интересуются вопросами оптики, особенно после демонстрационных наблюдений в лаборатории. Как правило, оптика в представлении школьников к 10-му классу остается на уровне понятий геометрической оптики. В лаборатории оптики ПНИПУ мы демонстрируем учащимся различные волновые явления (интерференцию света, дифракцию, поляризацию, дисперсию) и различные оптические приборы.

Двое учащихся 2012 года и ученик 2015 года в разное время проводили исследования оптических явлений. Ученики зафиксировали цветные секторы, которые наблюдаются при вращении черно-белого диска, им было интересно изучать вопросы физиологии зрения и понятия «стробоскопия». Они сконструировали специальный двигатель для раскручивания диска с разными частотами и исследовали множество оптических иллюзий. Эти явления можно зафиксировать с помощью специального диска.

В работах учащихся положено начало изучению поляризованного света при прохождении его через тонкие анизотропные пластинки. Эти исследования требуют дальнейшего развития и могут стать очень интересным направлением.



Рис. 3.18. Вращение диска с черно-белыми вставками дает эффект в виде разноцветных полос или секторов

Также в перспективе возможно продолжение исследований в области «архитектурной оптики» (термин, придуманный учеником Ильей Н.). Свою работу учащийся выполнил под впечатлением телевизионной передачи из Лондона о «доме-убийце». Застекленный фасад дома был выполнен в виде вогнутого зеркала и, естественно, фокусировал солнечные лучи. Это привело к тому, что автомобиль, оказавшийся в этом фокусе, начал плавиться. Учащийся обратил внимание, что в Перми есть похожие дома и провел необходимые расчеты и измерения. Действительно, подобный эффект вполне реален. В настоящее время выпускник многопрофильного лица обучается на строительном факультете ПНИПУ и надеется продолжить свои исследования в области «оптики архитектуры».

13. Как уже было отмечено, исследовательской работой может стать даже типовая задача. Например, тело, брошенное под углом к горизонту, или движение струи воды. Тем не менее, Сергей Б., наблюдая в одном из супермаркетов г. Перми работу фонтана с прерывающейся струей, решил сделать исследование этого явления темой своей работы (рис. 3.19).

Работа получилась интересной, несмотря на тривиальность задачи. Учащийся рассчитал условия действия устройства, подающего воду, с тем чтобы струя была прерывистой в воздухе как пунктир. Может быть, возможно даже патентование такого устройства при детальной разработке конструкции.

Константин Б. в 2011 году в рамках такой же задачи разработал технику точного баскетбольного броска и изучил факторы, влияющие на его успешность. Он активно занимается баскетболом и решил подойти к игре с научной точки зрения. Свои теоретические выводы он сопровождал практическими наблюдениями и измерениями. Сделал очень наглядный видеоролик, демонстрирующий сам бросок мяча и соответствие техники сделанным расчетам и рекомендациям.



Рис. 3.19. «Оторвавшаяся» струя воды в фонтане

В ходе многолетней работы (с 1990 г.) выстроена система, обеспечивающая условия, поиск и реализацию творческих способностей учащихся; поддерживающая и развивающая совместную деятельность ученых и школьников. Сформированы основные подходы к определению учащимися выбора направлений исследования, развиты представления о тьюторской поддержке работ.

#### *Библиографический список*

1. Официальный сайт Пермского национального исследовательского политехнического университета. URL: <http://www.pstu.ru>
2. Салми Д. Ф., Фрумин И. Д. Как государства добиваются международной конкурентоспособности университетов: уроки России//Вопросы образования. 2013. № 1. С. 25–67.
3. Герцен Т. А., Шайдунова Т. Е., Любимова Н. Ю. О результатах реализации методов и средств обучения физике в системе непрерывного образования «школа – вуз»//Тр. Межд. науч.-метод. конф. «Про-

блемы непрерывного образования в системе обучения школа – вуз» (27–29 сентября 1999 г.). Пермь, 1999. С. 128–130.

4. *Карпенко М. П.* Коллегиальная среда в высшем образовании//Иновации в образовании. 2013. № 11. С. 29.

5. *Добрынина О. Л.* Пропедевтика ошибок при написании англоязычной авторской аннотации и научной статьи//Высшее образование в России. 2015. № 7. С. 43.

6. *Панов А. А.* Флексагоны, флексоры, флексманы//Квант. 1988. № 7. С. 14–16.

## **Послесловие**

На процесс формирования высокоинтеллектуальной, широко образованной личности большое влияние оказывает среда, в которой находится ученик. Создание такой среды – та важная задача, которая решается в системе профильной подготовки школьников на основе развития творческой и исследовательской деятельности путем внедрения в образовательный процесс учебно-исследовательских заданий интеграционного характера.

Современный студент имеет возможность получать именные стипендии, участвовать в научных проектах ведущих промышленных предприятий города, региона, получать гранты международных научных сообществ. Для того чтобы быть конкурентоспособным, современный молодой человек должен обладать высокоразвитым интеллектом, умением вести дискуссию, отстаивая свое мнение, быть компетентным в сфере своих интересов и профессиональной деятельности.

Современное производство предъявляет четкие и однозначные компетентностные требования к каждой профессии, каждому виду деятельности человека. Сейчас как никогда необходимы специалисты в сфере информационных технологий, в области нанотехнологий, да и просто высококлассные инженеры, способные совершенствовать процессы производства, осваивать и создавать новое технологическое оборудование. Сегодня успешная профессиональная и социальная карьера невозможна без готовности осваивать новые технологии, адаптироваться к иным условиям труда, решать новые профессиональные задачи. Таким образом, конкурентоспособность во многом зависит от способности будущего работника приобретать и развивать умения, навыки, которые могут применяться или трансформироваться применительно к целому ряду ситуаций.

Социально-экономические преобразования, происходящие за последние 10–15 лет в нашей стране, вызвали постоянный рост

объема информации. Увеличение количества изучаемых дисциплин при оставшихся прежними сроках обучения в вузах поставили студентов в условия уплотненных информационных потоков, усвоение которых во многом зависит от личностных качеств молодых людей. Это требует изменения образовательной стратегии человека: от образования на всю жизнь к образованию через всю жизнь.

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Научное издание

**П. С. Волегов, Т. А. Герцен, И. Ю. Черникова**

**Учебно-исследовательская работа  
в профильной школе  
(II часть)**

СЕРИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЙ ВУЗ ШКОЛЕ

Верстка В. Нечаевой  
Корректор ??

Подписано в печать ????. 2016. Формат 60×90 1/16. Бумага ВХИ.  
Гарнитура Times. Физ. печ. л. ??. Тираж 300 экз. Заказ №  
Книжное издательство «Пушка».  
614990, г. Пермь, ул. Дружбы, 34, офис 207

Отпечатано в соответствии с предоставленными заказчиком файлами  
в типографии ООО «ПК «Астер»  
614064, г. Пермь, ул. Усольская, 15, тел.: (342) 206-06-86