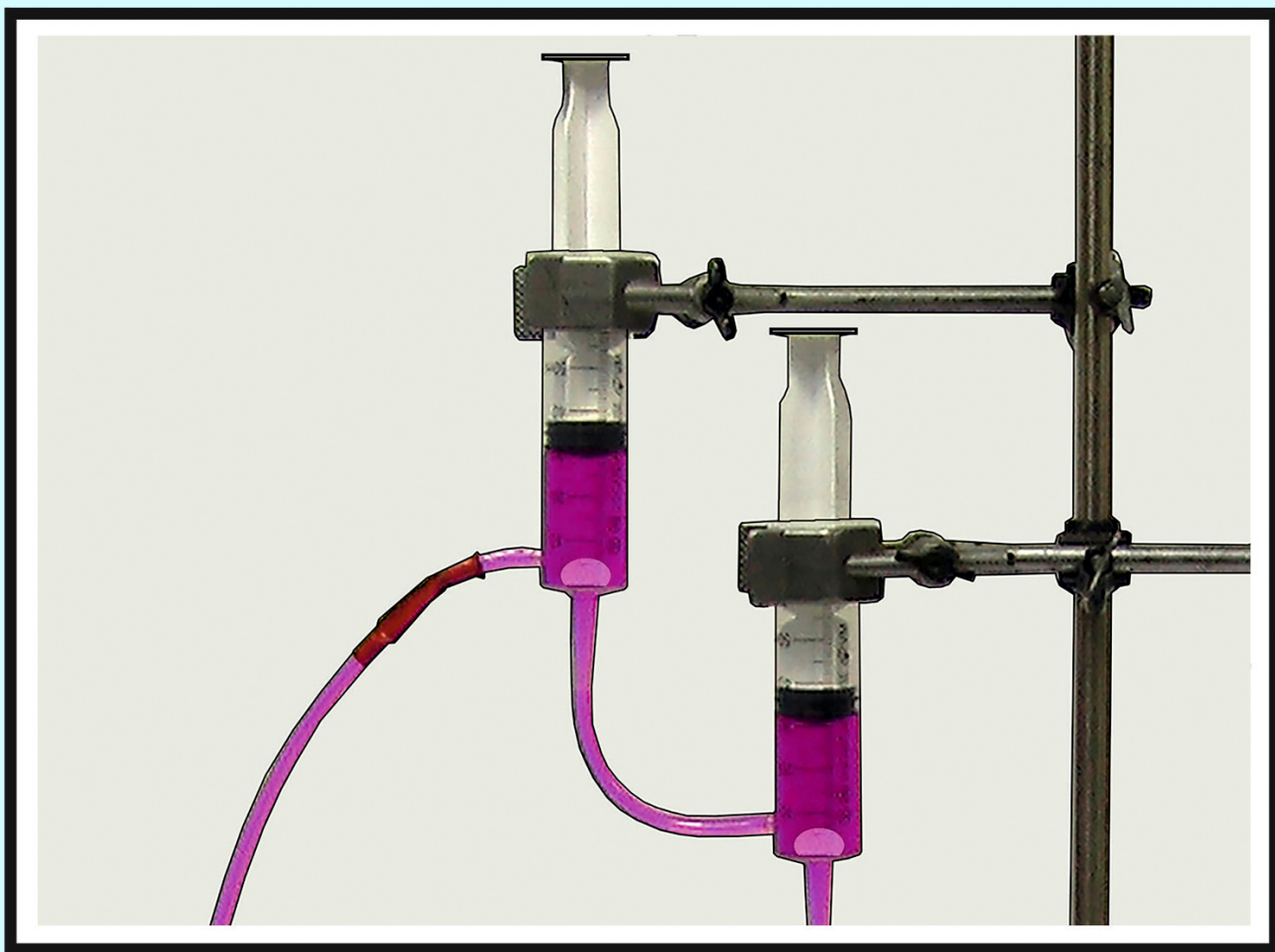




Проблемы
Учебного
Физического
Эксперимента

41

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

**ПРОБЛЕМЫ
УЧЕБНОГО
ФИЗИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ВЫПУСК 41

Основан в 1995 году

**THE PROBLEMS
OF EDUCATIONAL
PHYSICAL EXPERIMENT**

The 41th Collection of Articles

Москва ИСПО РАО • 2025

УДК 53.05+372.853
ББК 74.262.23:74.48
П78

Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 41. — М.: ИСРО РАО, 2025. — 128 с.: ил. — ISBN 978-5-93008-438-2.

Материалы XXX Всероссийской научно-практической конференции «Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения» с международным участием.

Сборник содержит научные труды по проблематике, включающей общие вопросы и три направления: теория и практика учебного физического эксперимента; новые учебные опыты по физике; компьютер в учебном физическом эксперименте. Выпуск сборника обеспечивают Институт стратегии развития образования Российской Академии образования и Глазовский государственный инженерно-педагогический университет имени В. Г. Короленко.

Для научных работников, преподавателей высших и средних учебных заведений, исследователей в области теории и методики обучения физике.

Ответственный редактор: **В. В. Майер**

Редактор: **Е. И. Вараксина**

Оргкомитет конференции:

Вараксина Е. И.	к.п.н., доцент, Глазов
Даммер М. Д.	д.п.н., профессор, Челябинск
Зуев П. В.	д.п.н., профессор, Екатеринбург
Майер В. В.	д.п.н., профессор, Глазов
Молотков Н. Я.	д.п.н., профессор, Тамбов
Никифоров Г. Г.	к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Пентин А. Ю.	к.ф.-м.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Сауров Ю. А.	д.п.н., член-корр. РАО, Киров
Сидоренко Ф. А.	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Чиговская-Назарова Я. А.	к.филол.н., доцент, ректор ГИПУ, Глазов
Шамало Т. Н.	д.п.н., профессор, Екатеринбург

ISBN 978-5-93008-438-2

© Институт стратегии развития образования РАО, 2025
© Глазовский государственный инженерно-педагогический университет имени В. Г. Короленко, 2025

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

П. В. ЗУЕВ

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКИ В ИНЖЕНЕРНЫХ КЛАССАХ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ В УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА

В статье представлен обзор опыта обучения физике учащихся инженерных классов начального звена школы № 22 в г. Верхняя Пышма Свердловской области. Отмечены необходимость раннего изучения физики, особенности организации обучения в рамках образовательного кластера и преимущества такой организации. Проанализированы и названы основные трудности обучения физике учащихся инженерных классов начальной школы.

Ключевые слова: инженерные классы, начальная школа, образовательный кластер, обучение физике.

Современное общество, которое принято называть постиндустриальным, характеризуется высоким темпом развития новых технологий, что, безусловно, отражается на тенденциях развития образования. В нестабильном, быстро меняющемся мире с лавинообразным ростом знаний изменяются роли субъектов образовательного процесса, расширяется их круг, изменяются функции. Теперь ученик является объектом внимания не только учителей и родителей, но и педагогов дополнительного образования, производителей, социальных и силовых структур, преподавателей вузов, коммерческих организаций. Следует отметить, что в обучении детей большую ценность приобретают не только знания, но и, прежде всего, обобщенные практические, экспериментальные, интеллектуальные, творческие, коммуникативные умения, которые будут необходимы обучаемым в течение всей жизни.

Одной из тенденций современного образования является ранняя специализация (профильность обучения). Усиление роли инженерного образования в нашей стране и за рубежом потребовало пересмотра

отношения к изучению базовых учебных дисциплин, на которых держится инженерное дело: физики, математики, черчения, информатики и химии. В Свердловской области, где реализуется Программа Губернатора «Уральская инженерная школа», осуществляется обучение детей, начиная со старшего дошкольного возраста, однако в школе №22 города Верхняя Пышма, являющегося медной столицей Урала, физика изучается в инженерных классах с 7 лет, то есть с момента поступления в школу.

Программа «Уральская инженерная школа» реализуется в Свердловской области с 2015 года, а раннее обучение физике осуществляется восьмой год, в связи с чем можно сделать некоторые промежуточные выводы. О необходимости и возможности создания инженерных классов, начиная с 7-летнего возраста, разговор шел в предыдущих статьях [2–7]. Считаем необходимым дополнить следующее: сравнение программы естественнонаучного цикла *TIMSS* для 4 класса с отечественными программами «Окружающий мир» показывает расхождение как в объеме часов изучаемого содержания (меньшее число содержательных единиц), так и в наполнении содержания изучаемых тем. В блоке «Физические науки» в нашей программе отсутствует 7 больших тем: «Источники энергии», «Силы и движение», «Тепловые», «Световые», «Звуковые», «Электрические» и «Магнитные явления». Большой проблемой считаем недостаточную подготовку учителей начальных классов к преподаванию естественных наук и применению методов научного познания. Переход из начальной школы в среднее звено приводит к разрыву в естественнонаучной подготовке учащихся, при этом первоначальные естественнонаучные знания и связанные с ними умения забываются и теряются [Концепция преподавания учебного предмета «Физика»].

Перечисленные недостатки практически полностью компенсируются при изучении предмета «Физика» в начальной школе и в процессе последующего изучения курса «Физика и химия» [1].

Бесспорным преимуществом создания инженерных классов, начиная с 1 класса, является процесс вовлечения школьников в интеллектуально–производственную образовательную среду. Этому способствуют встречи с инженерами–наставниками, преподавателями технического университета УГМК, студентами. Большую роль играет участие обучающихся в конкурсе «Инженериада УГМК», в технических выставках, олимпиадах, инженерных соревнованиях, конкурсах изобретателей, соревнованиях по техническим видам спорта, 3D–моделированию и робототехнике. Безусловно, все перечисленное выше создает необходимую творческую атмосферу и вызывает желание взаимодействовать со средой творчества и изобретательства. Наибольшего успеха достигают учащиеся, которые вместе с родителями участвуют во всех мероприятиях, вместе выполняют проектные работы.

Безусловно, большинство учащихся с интересом, а иногда даже с восторгом воспринимают занятия по физике, но это состояние достигается путем преодоления больших трудностей дидактического, мате-

риального и психофизиологического плана. В первом классе не все дети читают и пишут или делают это недостаточно хорошо, поэтому нужны дидактические средства, которые позволят устранить или уменьшить данную проблему без потери интереса к изучению физики. Начиная с 3 класса, возникает проблема с использованием специального оборудования для безопасного самостоятельного экспериментирования учащимися. Такого оборудования мало, не всегда оно удобно для использования. Чтобы ученик мог успешно экспериментировать в домашних условиях и получать помощь в написании проектов, необходима специальная подготовка родителей, нужны Рабочие тетради для каждого ученика, необходимо и учебное пособие по созданию домашних экспериментальных установок и проведению опытов. Такое пособие апробируется, но пока без экспериментальной части и только для ознакомления с производством меди.

Некоторые выводы. Обучение физике учащихся с 1 класса инженерного профиля не только возможно, но и необходимо (только в инженерных, технических, физических, то есть профильных классах). Для обучения нужны адекватные целям и программам дидактические пособия и учебное оборудование с учетом возраста, уровня знаний и жизненного опыта обучаемых.

Нужен примерный перечень учебных фильмов по профориентации, по реализации физических законов в современном производстве, по изобретательству, о жизни великих русских ученых-физиков, техников, изобретателей и о педагогах, воспитавших этих людей.

Главной задачей считаем подготовку учителей физики, способных эффективно обучать учащихся начальной школы, организовывать проектно-исследовательскую деятельность, заниматься моделированием и изобретательством.

Итак, предстоит большая работа, но она очень интересна, продиктована временем и оправдана необходимостью подготовки технически грамотных людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич А. Е., Исаев Д. А., Понтак Л. С. Физика химия 5–6 классы. — М.: Дрофа, 2011. — 192 с.
2. Зуев П. В. Первоклассная физика // Методика преподавания в современной школе: актуальные проблемы и инновационные решения. Материалы Российско-узбекской научно-методической конференции. — Санкт-Петербург, 2023. — С. 290–293.
3. Зуев П. В. Формирование инженерного мышления у обучающихся начальной школы в процессе внеурочной деятельности по физике // Формирование мышления в процессе обучения естественнонаучным, технологическим и математическим дисциплинам. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Отв. редактор А. П. Усольцев. — Екатеринбург, 2023. — С. 45–50.
4. Зуев П. В. Дидактическая ценность цитаты академика П. Л. Капицы о подготовке инженера // Учебная физика. — 2023. — № 1. — С. 55–58.

5. Зуев П. В. Дидактические основы эффективной подготовки молодежи к инженерно-технической деятельности. — Екатеринбург, 2022.
6. Зуев П. В. Простые опыты и наблюдения как средство повышения эффективности экспериментальной подготовки учащихся // Учебная физика. — 2022. — № 2. — С. 51–54.
7. Зуев П. В., Кошечкина Е. С. Повышение эффективности учебно-исследовательской компетентности учащихся в процессе обучения физике // Учебная физика. — 2021. — № 1. — С. 42–45.

Уральский государственный
педагогический университет

Поступила в редакцию 10.01.25.

Ю. А. САУРОВ

ЕЩЕ НАСТОЙЧИВЕЕ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЯ

Рассматривается многосложная методическая проблема освоения методикой обучения физике деятельности экспериментирования.

Ключевые слова: познание, деятельность экспериментирования, принцип различения реальностей и описаний.

Постановка научно-методической проблемы. Значимость физического эксперимента в познании, а учебного физического эксперимента в обучении — общеизвестны. И, по-видимому, следует признать, что система методических знаний о физическом эксперименте широко развернута, постоянно совершенствуется. Как пример-образец назовем два проекта в Глазовском государственном инженерно-педагогическом университете имени В. Г. Короленко — журнал «Учебная физика» (с 1997 года...) и ежегодную конференцию «Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения» (с 1995 года...).

Но что же все-таки остается за скобками, что волнует? Одно дело знания об эксперименте как дидактической системе, другое — деятельность по получению и использованию этих знаний, словом, в идеале о построении такого дидактического объекта как экспериментирование. Сделаем еще шаг в конкретизации этого движения [1].

О методических подходах в решении проблемы. Деятельность экспериментирования, несомненно, — фундаментальная и первичная деятельность в познании. Не случайно В. Г. Разумовский подчеркивал, что экспериментом пронизаны все этапы научного метода познания пусть даже в форме «факты — модель — следствия — эксперимент». Но сама деятельность экспериментирования на каждом этапе не одинаковая и не однородная по цели-функции, структуре и составу.

Если принять как постулат, что «видим» и познаем мы лишь предметы, то следует, что основной оказывается предметная деятельность. И иной не бывает. Но предметная деятельность по разным основаниям (целям, функциям, видам...) весьма различная. Прежде всего, принципиально и правильно делить ее на деятельность с реальными предметами и на деятельность с описаниями [2]. Если, например, мышлению придать статус реальности, то экспериментирующее мышление становится на практике важным объектом формирования и изучения [3, 4].

Но откуда «берутся» реальные предметы? И что это за образование? В познании на каком-то этапе под давлением практики происходит придание некоторым предметам статуса реальности, говорят об онтологизации опыта [5]. И это даже фиксируется в принципиально новых понятиях — объектах. В итоге в познании строится материальный мир. Заметим, что в итоге строится он как модель «Физическая картина мира» и в ней фундаментальную онтологическую роль занимает экспериментирование как метод деятельности [6]. В обучении мы это принимаем как изначальную данность, свойства которой изучаем.

Заключение. Давным-давно был прагматический тест: если умеешь решать физические задачи и проводить эксперименты, то физику знаешь. Как ни странно, этот тест остался рабочим. И он только подчеркивает наш мотив настойчиво строить понимание сложного смыслового знания о деятельности экспериментирования. Здесь еще много работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сауров Ю. А. О предметной деятельности при экспериментировании // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 29. — М.: ИСРО РАО, 2019. — С. 3–5.
2. Сауров Ю. А. О дидактическом принципе различения реальности и описаний в обучении // Педагогика. — 2024. — № 5. — С. 17–25.
3. Майер В. В., Сауров Ю. А. Экспериментальное мышление: смыслы-ценности, черты, технология формирования // Учебная физика. — 2018. — № 4. — С. 45–65.
4. Майер В. В., Сауров Ю. А. Экспериментирование как методическая деятельность в обучении физике // Физическое образование в вузах. — 2018. — Т. 24, № 2. — С. 5–18.
5. Сауров Ю. А. Проблема онтологизации опыта деятельности в педагогическом познании // Педагогика. — 2023. — № 12. — С. 5–15.
6. Сауров Ю. А. Проблема изучения современной физической картины мира // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 40. — М.: ИСРО РАО, 2024. — С. 6–7.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА УЧЕБНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Л. Е. АНДРЕЕВА, А. А. ШАПОВАЛОВ

ПРАКТИКУМ ПО ДЕМОНСТРАЦИОННОМУ ФИЗИЧЕСКОМУ ЭКСПЕРИМЕНТУ В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Представляется опыт сближения практикума по методике и технике демонстрационного физического эксперимента с требованиями средней школы к преподаванию физики и вузовским курсом общей и экспериментальной физики.

Ключевые слова: практикум по демонстрационному физическому эксперименту, методика обучения физике, общая и экспериментальная физика, профессиональная подготовка учителя физики.

Традиционная организация практикума по демонстрационному физическому эксперименту в составе курса методики преподавания физики предусматривает выполнение работ студентами по инструкциям, представленным в классических пособиях соответствующего профиля [1, 2].

Согласно этим инструкциям, много лет подряд проводились туры практикумов по демонстрационному физическому эксперименту в Барнаульском педвузе, неоднократно менявшем свое название. Суть лабораторных работ состояла в том, что в специальной аудитории на столах, имитирующих демонстрационные школьных кабинетов физики, выставлялись заранее подобранные комплекты оборудования для постановки тематических демонстрационных опытов. От студентов требовалось собрать установки, продемонстрировать их работоспособность и пояснить принцип работы.

Начальный шаг в направлении отступления от традиций был направлен на то, чтобы освободить демонстрационные столы от всякого оборудования, расположив его на боковых открытых стеллажах в систематизированном виде и избыточном количестве.

Первая цель состояла в том, чтобы поставить будущего учителя физики в условия школьной лаборантской, где он должен опознать имеющееся оборудование, взять его для проведения опытов, а потом вернуть на свое место. Оказалось, что все это сделать весьма непросто.

Вторая цель состояла в том, чтобы сориентировать будущих учителей на выполнение основных требований к демонстрационным опытам (отсутствие на демонстрационном столе лишних приборов, эстетика демонстраций и т. д.).

От студентов стала требоваться не просто наладка установок и демонстрация их работоспособности. Эта часть осталась необходимой, но отошла на фоновый план. Главным стало представление подготовленных для демонстрации опытов предполагаемой ученической аудитории. Для этого мы подготовили краткие описания требуемых к постановке опытов и видеозаписи экспериментов, которые могут составить основу демонстрационной части курса физики средней школы.

Далее, на основе обозначенных материалов, мы подготовили рабочие тетради по методике и технике демонстрационного физического эксперимента. В тетрадях были обозначены темы демонстраций, перечислено необходимое оборудование, приведены рекомендуемые тексты для представления опытов с детальным описанием собираемых установок и всех этапов проведения эксперимента.

Следующий этап практикума по методике и технике демонстрационного физического эксперимента наступил после того, как курс общей и экспериментальной физики частично стал преподаваться специалистами в области теории и методики обучения физике. Увы, ранее разногласий, недопониманий, апломбов в данной сфере было более чем достаточно. Но несчастье в плане сокращений и объединений кафедр физического профиля в данном случае лишь помогло. Удалось курс общей физики сориентировать на его экспериментальную основу и поставить на лекционных занятиях достаточно большое количество демонстрационных опытов, часть из которых потом должна была перейти в практикум по школьному демонстрационному эксперименту.

На данном этапе в обозначенном формате представлен курс электродинамики. Студенты, изучившие соответствующий раздел общей физики, в следующем семестре начинают изучать курс методики обучения физике. В теоретической части этого курса им читается лекция по теории, технике, технологии и методике демонстрационного физического эксперимента. После этого начинается практикум, в ходе которого студенты должны самостоятельно продемонстрировать часть ранее виденных ими опытов и уложить их в логику школьного курса физики. Для этого студентам представляются для домашней подготовки специально разработанные тексты, в структуру которых включены требуемые демонстрационные опыты, и видеозаписи предстоящих к демонстрации опытов.

В учебной аудитории около каждого демонстрационного стола, наряду с набором учебного оборудования, стоят ноутбуки, с помощью которых можно в оперативном режиме посмотреть видеозаписи требуемых опытов и варианты текстовых сопровождений к ним.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марголис А. А., Парфентьева Н. Е., Иванова Л. А. Практикум по школьному физическому эксперименту. — М.: Просвещение, 1977. — 304 с.

2. Анциферов Л.И., Пищиков И.М. Практикум по методике и технике школьного эксперимента. — М.: Просвещение, 1984. — 255 с.

Алтайский государственный
педагогический университет

Поступила в редакцию 22.12.24.

А. В. АНТОНОВ, М. С. ИВАНОВА

РЕШЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ТИПА «ЧЕРНЫЙ ЯЩИК» В РАМКАХ ОНЛАЙН–КУРСА

Рассматривается возможность решения экспериментальных задач типа «Черный ящик» в онлайн–формате при подготовке к физическим олимпиадам.

Ключевые слова: экспериментальная задача, черный ящик, онлайн–обучение, олимпиада по физике.

Экспериментальные задачи, являясь полноценным исследованием физического явления, в значительной мере способствуют развитию логического мышления учащихся, учат анализировать явления, помогают в борьбе с формализмом в знаниях учащихся, способствуют активному приобретению умений и навыков исследовательского характера. В рамках углубленного изучения физики, подготовки к олимпиадам разного уровня экспериментальные задачи играют особую роль, поскольку позволяют ученикам реализовывать и развивать свои творческие способности. Одним из видов экспериментальных задач являются задачи типа «Черный ящик», целью решения которых обычно является определение содержимого ящика, соединения элементов внутри него. Разновидность таких задач — тип «Серый ящик», когда представлена информация в ограниченном виде — количество элементов, либо их соединение, некоторые характеристики и т. п.

Дистанционный формат работы в последние годы стал неотъемлемой частью подготовки учащихся, поэтому возникает необходимость перевода в онлайн–формат разных видов деятельности учащихся, в том числе экспериментальной.

Нами была разработана программа на языке *C#* для решения задач типа «Серый ящик» в рамках онлайн–курса по решению экспериментальных задач. В качестве прототипа взята задача из практического тура регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике, проводимой в 2022 году, по определению возможной схемы соединения элементов внутри ящика и определению их характеристик [1].

Для проведения регионального этапа олимпиады в очном формате на базе Псковского государственного университета был изготовлен реальный «Серый ящик», а в данной программе моделируются сам «Серый ящик» и измерительное устройство — мультиметр. В окне программы (рис. 1) указывается инструкция по работе с программой, условия задачи, необходимые схемы, фото «Серого ящика» и пределы измерений приборов. Программа позволяет проводить измерения силы тока, напряжения и сопротивления на разных выводах.

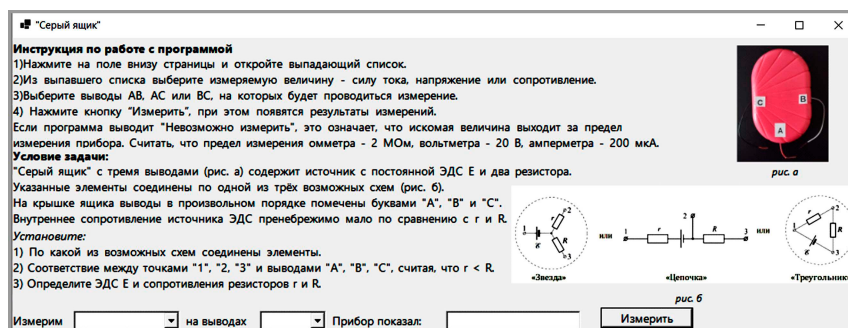


Рис. 1

При проведении эксперимента в нижней левой части окна из выпадающего списка выбираются измеряемая величина и выводы; после нажатия кнопки «Измерить» программа выведет результат измерения (рис. 2).

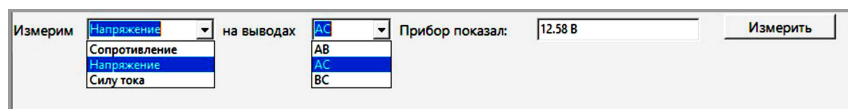


Рис. 2

Таким образом, можно измерить сопротивление, силу тока и напряжение на выходах *AB*, *AC* и *BC* (рис. 1). В задаче предполагается, что измерить сопротивления резисторов напрямую нельзя, так как их значения выше предела измерения прибора, и при попытке такого измерения программа выведет «Невозможно измерить». Определив метод и получив необходимые экспериментальные данные, учащийся может представить полное решение задачи преподавателю для получения отзыва и оценки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всероссийская олимпиада школьников по физике. Региональный этап. Экспериментальный тур // Olimpiada.ru. — URL: <https://vos.olimpiada.ru/>

upload/files/Arhive_tasks/2021-22/reg/phys/ans-phys-11-prak-reg-21-22.pdf
(дата обращения: 18.12.2024).

Псковский государственный
университет

Поступила в редакцию 24.12.24.

М. Н. БУБИН

ОСОБЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ОПЫТОВ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

Демонстрационный физический опыт является одним из основных методов в обучении физике. В докладе рассматривается классификация демонстрационных опытов, которую необходимо учитывать при их реализации.

Ключевые слова: демонстрационный физический опыт, обучение физике, классификация демонстрационных опытов, методы демонстрационных опытов.

Демонстрационные опыты занимают ключевое место в обучении физике, они позволяют учащимся вникнуть в процесс физического явления. Тем самым происходит знакомство с научными методами исследования окружающего мира, что развивает наблюдательность. Одновременно учащиеся изучают устройство установок, работу и принцип действия приборов. Демонстрационные опыты в обучении физике должны быть наглядным воплощением модельных гипотез, служить для проверки теоретических выводов или визуализации практического применения науки.

Основная задача в обучении физике — не просто дать обучающимся конкретные знания, а превратить эти знания в инструмент познания окружающего мира. При проведении демонстрационных опытов учащиеся активно участвуют в изучении природы, закрепляя теоретический материал на практике. Преподаватель при этом руководит восприятием демонстрационных опытов, формулирует их результаты, проводит анализ и делает выводы. Проведение каждого опыта состоит из трех этапов: предварительного, пояснительного и заключительного. Поэтому преподавателю очень важно правильно выбрать и методически грамотно реализовать демонстрационный физический опыт.

Демонстрационные опыты по содержанию можно классифицировать по трем критериям и определить следующие группы:

- *фундаментальные опыты*, дающие первоначальные представления о физических явлениях и объектах;
- *исследовательские опыты*, раскрывающие физическую сущность изучаемых явлений;
- *политехнические опыты*, показывающие применение физических явлений в практической деятельности.

При обучении физике выделяют следующие виды демонстрационных опытов:

- *непосредственные опыты*, позволяющие включать психологические личностные качества обучающегося (особенности внимания, памяти, восприятия, мыслительных процессов, темперамента);
- *опосредованные опыты*, позволяющие наблюдать те или иные физические явления опосредованно, с помощью приборов измерения;
- *модельные опыты* предполагают использование аналогов физических явлений, основанных на образном их представлении.

По степени организации вовлечения обучающихся в процесс изучения физические опыты можно разделить на следующие группы: *индивидуальные, групповые и массовые*.

Таким образом, демонстрационный опыт предполагает реализацию основы научного познания в обучении физике и раскрывает сущность конкретных физических явлений на основе непосредственного визуального восприятия и мысленного участия обучаемого в организации, постановке и проведении опыта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобырев А. В., Гуревич Ю. Л. Профессиональная направленность учебного физического эксперимента // Педагогика и современность. — 2013. — № 1 (3). — С. 46–49.
2. Кислякова О. П., Снежкина Л. П., Воронина М. А. Демонстрационный эксперимент как источник знаний обучающихся // Проблемы современного педагогического образования. — 2023. — № 78–3. — С. 125–128.

Военный учебно-научный центр
Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия»,
г. Челябинск

Поступила в редакцию 08.12.24.

Н. Ю. ДЕМИНА

**РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНЫХ РАБОЧИХ ЛИСТОВ
ПО РАЗДЕЛУ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА
И ТЕРМОДИНАМИКА»**

В статье рассматриваются вопросы разработки интерактивных рабочих листов, которые позволяют активизировать учебный процесс, развивать навыки работы с информацией и стимулировать интерес учащихся к изучению физики. Этот инновационный подход к обучению может стать ценным инструментом для учителей и помочь достичь лучших результатов в обучении.

Ключевые слова: интерактивный рабочий лист, технология применения, молекулярная физика и термодинамика.

Федеральный государственный образовательный стандарт нового поколения обязует учителей использовать в своей деятельности электронные образовательные ресурсы. Это можно объяснить тем, что цифровизация в современном мире занимает лидирующие позиции в организации практически любой деятельности. В период обучения в школе учащимся необходимо научиться извлекать пользу из электронных средств коммуникации.

Разработка интерактивного листа происходит в несколько этапов:

1 этап. Знакомство с классом, выявление темпа работы учащихся, а также уровня знаний детей.

2 этап. Изучение темы урока, на котором предполагается использование интерактивного листа.

3 этап. Определение того, как будет выглядеть интерактивный лист, какие сведения и в какой форме необходимо преподнести учащимся.

4 этап. Проверка созданного документа и соответствие его плану урока.

Интерактивные рабочие листы применимы к любому уроку, независимо от его типа. Продуктом нашего исследования являются интерактивные рабочие листы для учащихся 10 класса по темам раздела «Молекулярная физика и термодинамика». Нами был разработан 21 рабочий лист. Данное количество обосновано количеством часов, выделяемых на данный раздел в тематическом планировании Федеральной рабочей программы по разделу «Молекулярная физика и термодинамика».

Все листы сделаны по одному шаблону. Информация урока была разделена нами на 5 блоков: повторим то, что уже знаем; узнаем новое; закрепим полученные знания; домашнее задание; оцени себя.

Каждый из блоков соответствует определенному этапу урока: блок 1 — актуализации знаний; блок 2 — изучению нового материала; блок 3 — закреплению полученных знаний; блок 4 — домашнему заданию; блок 5 — рефлексии.

В заключение отметим, что технология применения интерактивных рабочих листов полностью решает задачу современной школы, а именно, помогает организовать самостоятельную деятельность учеников в поиске и обработке информации, независимо от ее источников. В свободе представления информации и оформлении интерактивных заданий и заключается смысл данной технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дерягин А. В. Цифровые технологии в учебном физическом эксперименте [сайт]. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37155822> (дата обращения: 15.10.2023).
2. Какой конструктор интерактивных рабочих листов выбрать? // Дидактор. Педагогическая практика [сайт]. — URL: <http://didaktor.ru/kakoj-konstruktor-interaktivnyx-rabochix-listov-vybrat/?ysclid=lnlpgy7q3d298670477> (дата обращения: 11.10.2023)
3. Куликова Н. Ю., Данильчук Е. В. Использование мультимедийных интерактивных средств при обучении учащихся школ // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. — 2019. — № 10 (143). — С. 72–80.
4. Шакирова С. А. Интерактивное обучение // Интерактивная наука. — 2023. — Вып. № 2 (78). — С. 60–61.

Школа № 167 с углубленным
изучением отдельных
предметов, г. Казань

Поступила в редакцию 08.12.24.

В. А. ЖУКОВ, Ю. С. ОСТРОУМОВА, С. Д. ХАНИН

НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР КАК СРЕДСТВО РЕАЛИЗАЦИИ В УЧЕБНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ

Развивается аргументация в пользу поддержки учебного физического практикума научно–практическими семинарами. С опорой на проблематику управления лазерным излучением показывается построение и организация такого практикума.

Ключевые слова: научно–практический семинар, содержание проблематики, организация деятельности, вариант построения.

В сложившейся практике обучения физике проведение семинаров поддерживает, как правило, лишь изучение теоретического материала. Накопленный же опыт исследовательской и проектной деятельности свидетельствует об эффективности семинаров и в сфере экспериментальной работы на различных ее этапах: постановке задачи эксперимента, его проведении, оценке получаемых результатов. Необходимость

семинаров здесь обусловлена, в первую очередь, проблемностью решаемых вопросов, неоднозначностью предлагаемых вариантов, методов и средств.

Стремясь, следуя дидактике и психологии, к проблемности обучения, представляется целесообразным привнести в организацию учебного физического практикума проведение научно-практических семинаров, отражающих представляемую в практике проблематику. В настоящей работе представлен апробированный в обучении физике будущих военных специалистов вариант построения содержания и организации такого постановочного семинара.

Выбор тематики семинара осуществляется исходя из соображений ее представительности в плане профессионального образования, мотивационной, информационной и методологической ресурсности, соответствия уровня сложности познавательным возможностям обучающихся, достаточности и авторитетности информационной базы. В качестве примера такой тематики приведем изучаемые в следующих за курсом общей физике физических дисциплинах научные основы и методы защиты фоторегистрирующих устройств от интенсивного лазерного излучения с использованием оптических ограничителей.

Вслед за обоснованием актуальности проблемы на семинаре анализируется решение предварительно сообщенной обучающимся задачи определения физического подхода, могущего быть положенным в основу принципа действия оптического ограничителя. Рассматриваемая тематика обеспечивает здесь «фейерверк» эффектов, принципиально открывающих возможности осуществления ограничения интенсивности лазерного излучения, и материалов, позволяющих реализовать эти эффекты. В ряду рассматриваемых эффектов — электрооптические эффекты Поккельса, Керра, Франца-Келдыша, ориентационные эффекты в жидких кристаллах, магнитооптический эффект Фарадея, акусто- и термооптические эффекты, а также светоиндуцированные эффекты в электрооптических кристаллах, полупроводниках, бистабильных материалах, проявляющих фазовый переход «полупроводник-металл», оптических композитах [1–4]. Отметим, что в подготовке и проведении семинара обучающимся приходится обращаться к выходящим за рамки учебных программ физическим явлениям, являющимся основой современных технологий электроники и фотоники.

Далее рассматриваются возможности практической реализации обсуждаемых физических эффектов. Это осуществляется на уровне определения блок-схемы ограничителя и его функциональных компонентов.

На основе проведенного семинара вырабатывается коллективное решение о представляющих наибольший интерес в рассматриваемом аспекте эффектах и материалах на предмет их экспериментального изучения в практикуме. При этом дается установка на оценку наиболее существенных для ограничителей параметров.

В заключение отметим, что сопряжение учебного физического практикума с проведением предлагаемым способом научно-практических

семинаров способствует не только привнесению в обучение проблемности, но и деятельностному освоению логики и методов научно-технологического решения проблемных задач на основе фундаментальных знаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. — М.: Техносфера, 2004. — 592 с.
2. Ермаков О. Прикладная оптоэлектроника. — М.: Техносфера, 2004. — 414 с.
3. Сидоров А. И. Физические основы и методы управления излучением в устройствах интегральной оптики. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007. — 80 с.
4. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам. — Сборник статей под редакцией д.т.н., профессора П. П. Мальцева. — М.: Техносфера, 2005. — 592 с.

Военно-медицинская
академия имени С. М. Кирова;
Санкт-Петербургский государственный
университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Поступила в редакцию 28.12.24.

В. В. ЖУКОВ, К. В. ЯКИМОВ

ТРАНСФОРМАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ИНФОРМАЦИОННУЮ СРЕДУ

Использование социальных сетей и медиа материалов способствует повышению мотивации к обучению физики. Продуктом исследования является конвертация учебного эксперимента по физике в интернет пространство для молодежи.

Ключевые слова: физика, технический вуз, социальные сети, профессиональная ориентация, ГК «Росатом», студенты, учебный эксперимент, исследование.

В городе Трехгорный (Челябинская область) кузницей кадров для государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (далее — ГК «Росатом») является — Трехгорный технологический институт — филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (далее — ТТИ НИЯУ МИФИ). С каждым годом становится все труднее закрывать контрольные цифры приема на высшее образование [1].

В ходе сбора информации были выделены основные ключевые моменты: 1) выпускники школ не выбирают ЕГЭ по физике из-за страха

сдавать предмет с большим количеством формул и нехватки учителей физики; 2) среди трудностей в обучении физике студенты выделяют: методику преподавания учителя и нежелание самому разбираться в предмете; 3) молодежь использует социальные сети для обмена информацией; 4) респонденты предложили методы привлечения обучающихся к физике: жизненный пример, интерактивные занятия и использование ИТ-технологий.

Продуктом нашего исследования стало — создание платформы, способной популяризировать физику в социальной сети Интернет. Название сообщества связано с атомной отраслью, ГК «Росатом» и дисциплиной Физика — «Атомные кадры».

Предлагаемые материалы сообщества подразделяются на несколько типов: 1) *учебно-познавательные* — видео-демонстрации явлений и законов физики в реальной жизни, а также их теоретическое обоснование [2]; 2) *развлекательные* — будни студентов и преподавателей в вузе; 3) *обучающие* — разбор заданий ОГЭ и ЕГЭ с подробным объяснением; 4) *научные* — проблемные ситуации, которые предлагается решить в домашних условиях с помощью физического эксперимента.

Подробнее остановимся на научном типе. Основное кредо нашего исследования — удивить и завлечь. Наши основные инструменты следующие: наглядные и подручные материалы; вопросы, побуждающие мыслительный процесс; неожиданные результаты, зрелищные эффекты и элементы шоу [3].

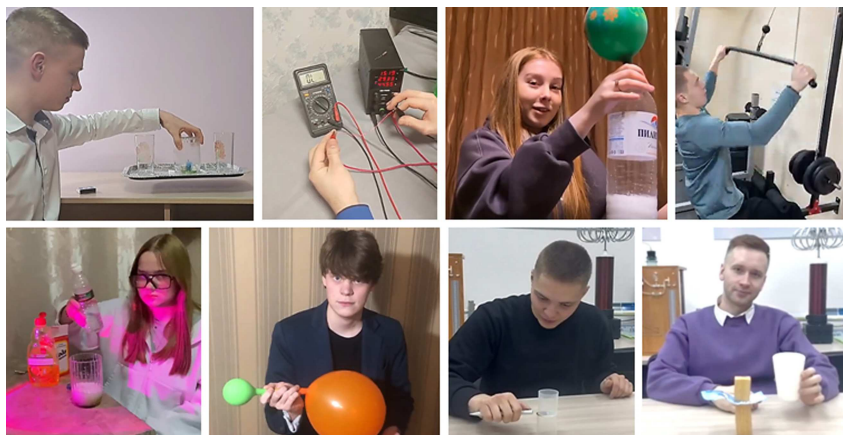


Рис. 1. Скриншоты физических экспериментов участников

Наиболее продуктивным способом привлечения к физическим экспериментам стал интерактив среди подписчиков. В интерактиве приняло участие более 50 подписчиков, демонстрирующих и объясняющих эксперименты по разным разделам физики (рис.1). По окончании был смонтирован видеоклип, содержащий зрелищные экспе-

рименты. Предлагаем ознакомиться с ним в сообществе по ссылке: <https://vk.com/atomicframes>.

Эффективностью нашей методики популяризации физики является повышение качества обучения по предмету, а также инициативность в проектной деятельности. В дальнейшем планируется развивать и интегрировать данное сообщество в образовательные учреждения региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришина О. В. Цели и проблемы современного физического образования в технических вузах // Приволжский научный вестник. — 2013. — № 12(28), часть 2.
2. Селицкий К. Л., Стребков А. С., Тарасик М. С. Роль и место мысленного эксперимента в преподавании физики на факультете профорientации и довузовской подготовки // Актуальные проблемы довузовской подготовки: Материалы VI Международной научно-методической конференции / Под редакцией Н. К. Альховика. — Минск: Белорусский государственный медицинский университет, 2022. — С. 73–75.
3. Якимов К. В. Профессионально-ориентированные задания практикума по физике, как способ повышения интереса студентов к предмету // Интеграция теории и практики мирового научного знания в XXI веке. Международная научно-исследовательская конференция. — Трехгорный, 2018.

Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»

Поступила в редакцию 23.12.24.

Ш. Г. ЗИЯТДИНОВ

В. К. РЕНТГЕН: К 180-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ И 130-ЛЕТИЮ ОТКРЫТИЯ X-ЛУЧЕЙ

В работе описаны основные этапы научной деятельности первого лауреата Нобелевской премии по физике В. К. Рентгена, гениального физика и великолепного экспериментатора. Выделено его основное открытие, вошедшее в историю науки как новый вид излучения, впоследствии названного в его честь рентгеновским.

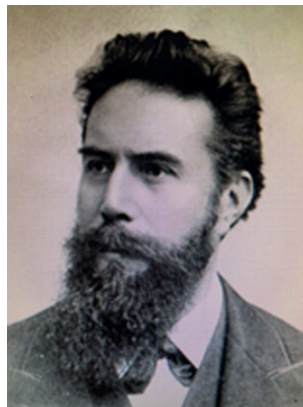
Ключевые слова: 180 лет великому физико-экспериментатору Рентгену, 130-летие открытия им X-лучей.

Вильгельм Кónрад Рёнтген (в русской традиции Рентген) родился в 1834 году 27 марта 1845 года под Дюссельдорфом, умер 10 февраля 1923 года в Мюнхене. Рентген — первый в истории лауреат Нобелевской премии по физике (1901 год) за открытие в 1895 году X-излучения, впоследствии названного в его честь рентгеновским.

В. К. Рентген — гениальный немецкий ученый — физик-экспериментатор, педагог, блестящий лектор. Самое известное его открытие

мирового уровня — рентгеновское излучение. В честь великого ученого назван элемент № 111, «рентгений», и внесистемная единица экспозиционной дозы ионизирующего излучения, рентген. В 1964 году Международный астрономический союз присвоил имя В. Рентгена кратеру на обратной стороне Луны.

В 1865 году В. Рентген поступает в Федеральный политехникум (Цюрих) в отделение механической инженерии, который он окончил в 1868 году со степенью доктора философии. Однако его больше интересует физика, поэтому он переходит в университет и, окончив его, приступает к педагогической деятельности в качестве ассистента кафедры физики в университете Цюриха. Далее Рентген работал в Вюрцбургском и Страсбургском университетах. В 1875 году Рентген стал профессором Академии Сельского Хозяйства в Виттенберге, в 1879 году он был назначен на кафедру физики в университет Гиссена. С 1888 года Рентген возглавил кафедру физики Вюрцбурга, а в 1894 году был избран ректором этого университета. В 1900 году Рентген стал профессором Мюнхенского университета, возглавил кафедру физики, и работал там до самого конца жизни [6, с. 232, 7].



Открытие Рентгеном в 1895 году нового вида X-излучения стало не только одним из крупнейших событий в истории физики XIX столетия, но и одним из самых выдающихся достижений конца классической и начала квантовой физической науки. Это открытие вызвало огромный интерес в научном мире, его опыты были повторены во многих физических лабораториях. Уже 20 января 1896 года американские врачи с помощью X-лучей впервые увидели перелом руки человека. Открытие рентгеновских лучей подтолкнуло других ученых к новым исследованиям; например, публикации Рентгена о свойствах X-лучей привели А. Беккереля, М. и П. Кюри к открытию радиоактивности (все трое удостоены Нобелевской премии 1903 года).

В трех фундаментальных работах, опубликованных в течение полугода, Рентген подвел итоги своих исследований с 8 ноября 1895 г., когда он впервые, практически случайно (забыл выключить в лаборатории катодную трубку!) обнаруживает X-лучи, вызываемые катодными лучами [2, с. 148]. В этих статьях он описывает свойства X-лучей: проникающую способность в образцах разной плотности, способность отражаться, поглощаться, ионизировать воздух и т. д. Рентген установил, что в отличие от катодных лучей X-лучи не несут заряд, не отклоняются магнитными и электрическими полями, сходны с ультрафиолетовыми лучами, однако волновые свойства лучей ученый не смог обнаружить, тем самым их природа вплоть до 1912 года оста-

валась неясной. Вызывает сомнение высказывание, приведенное в [1, с. 11] «...Рентген понял, что рентгеновские лучи получаются в результате торможения электронов катодного пучка. ...». К 1895–96 годам «электрон» еще не был открыт, и сам ученый понятие «электрон» признал только в 1905 году под влиянием исследований своего ученика А. Ф. Иоффе [2, с. 151]. В своих статьях он предложил правильную конструкцию рентгеновской трубки, представил первые фотоснимки с помощью этих лучей, например, знаменитый снимок кисти с обручальным кольцом на пальце жены ученого Берты (Анны Берты Людвиг). Отметим, что в скором времени ученый доложил научной общественности о результатах своих исследований. Первое сообщение «О новом виде лучей» им было сделано 28 декабря 1895 г. на заседании Физико-медицинского общества. Второе сообщение было им представлено 16 марта 1896 г., а третье — в мае 1897 г. Все три сообщения общим объемом всего лишь в три печатных листа, по определению А. Ф. Иоффе, «с такой необыкновенной полнотой раскрыли природу нового явления, равной которой мы не знаем в истории науки. И это характеризует Рентгена как блестящего физика» [5, с. 317]. (А. Ф. Иоффе — один из видных учеников В. Рентгена, русский ученый, академик, создатель советской научной школы физиков).

Физики признали открытие Рентгена с восторгом. Полученные Рентгеном брошюра из трех статей и фотографии (снимки ящика из дерева с разновесами в нем и самый поразительный из них, сделанный 22 декабря 1895 г. — то есть за несколько дней до первого сообщения, — снимок кисти госпожи Рентген) он послал знаменитым ученым мира Дж. Дж. Томсону, А. Пуанкаре, Л. Э. Больцману, А. Г. Столетову и др. и получил от них ответные письма с признанием его заслуг, и в первую очередь его выдающегося открытия. Русские физики П. Н. Лебедев и О. Д. Хвольсон [3] написали Рентгену о своем восхищении его экспериментами. Они повторяли их на лекциях российским студентам в условиях, сходных с демонстрациями опытов Рентгена. Писали также и о том всеобщем восторге, который они испытали от созерцания рентгеновских снимков, особенно медицинского содержания.

В дальнейшем рентгеновские излучения нашли широкое применение в различных направлениях науки, техники и медицины. Отметим, что ученый не стал патентовать свое открытие и рентгеновские трубки получили широкое распространение во всем мире. Остановимся на некоторых применениях рентгеновского излучения в науке [7]:

- Рентген в 1904 году получил поляризацию рентгеновских лучей, что доказывало их волновую природу. В 1906 году он же открыл характеристическое рентгеновское излучение химических элементов (Нобелевская премия 1917 года);
- М. Лауэ в 1912 году открыл дифракцию рентгеновских лучей (Нобелевская премия 1914 года);
- У. Г. Брэгг, У. Л. Брэгг (отец и сын) получили Нобелевскую премию 1915 года за заслуги в исследовании структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей;

- Ф. Х. Комптон в 1927 году получил Нобелевскую премию за открытие «эффекта Комптона»;
- Р. Джаккони удостоен Нобелевской премии 2002 года за создание рентгеновской астрономии и изобретение рентгеновского телескопа;
- М. Кюри и ее дочь И. Кюри в составе службы рентгенологов в Первую мировую войну ввели рентгенодиагностику раненых и искалеченных на участках французского фронта, а Л. Мейтнер на немецком. М. и И. Кюри — лауреаты Нобелевской физики, выдающиеся физики-ядерщики [4].

Рентген был честным и очень скромным человеком. Когда ученого за достижения в науке наградили высоким орденом, дававшим право на дворянский титул и соответственно на прибавление к фамилии частицы «фон», Рентген не считал для себя возможным претендовать на дворянское звание. Когда правительство Германии во время Первой мировой войны обратилось к населению с просьбой помочь государству деньгами и ценностями, В. К. Рентген отдал все свои сбережения, включая Нобелевскую премию [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ансельм А. И. Очерки развития физической теории в первой трети XX века. — М.: Наука, 1986. — 248 с.
2. Дягилев Ф. М. Из истории физики и жизни ее творцов. Книга для учащихся. — М.: Просвещение, 1986. — 255 с.
3. Зиятдинов Ш. Г. О. Д. Хвольсон. У истоков преподавания современной физики // Физика в школе. — 2021. — № 7. — С. 3–8.
4. Зиятдинов Ш. Г. К истории создания атомной бомбы (О книге Р. Роудса «Создание атомной бомбы») // Физика в школе. — 2024. — № 4. — С. 46–54.
5. Иоффе А. Ф. Избранные труды. Т. 1. — Л., 1974. — С. 317.
6. Храмов Ю. А. Физики: Биографический справочник. — М.: Наука, 1983. — 400 с.
7. Щербаков Р. Н. В. К. Рентген — гений простоты и точности эксперимента // Природа. — 2020. — № 2. — С. 54–66.

Уфимский университет
науки и технологий

Поступила в редакцию 22.12.24.

О. В. КИРЬЯКОВ, А. О. КИРЬЯКОВ, Е. О. КИРЬЯКОВ

СПОСОБ ПРОВЕДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ

Предлагается способ проведения физических экспериментов с использованием телеграмм-бота. Способ предназначен для школьников старших классов

Ключевые слова: физический эксперимент, телеграмм-бот, электрическая схема, дистанционное образование, лабораторная работа, виртуальный макет.

Дистанционное образование быстро и надолго вошло в учебную практику. При обучении естественным наукам, особое внимание всегда уделяется экспериментам и лабораторным работам. За время существования дистанционного образования уже отработались способы демонстрации физических экспериментов, как правило при этом неоднократно демонстрируется видеозапись эксперимента, и синхронно комментируется его ход.

Лабораторные работы при этом чаще всего заключаются в том, что обучающемуся демонстрируется лабораторное оборудование, и после чего заполняется таблица с данными для эксперимента, и затем по результату введенных данных отображается ход опыта. Недостаток подобного подхода в том, что роль обучающегося фактически сводится к механическому введению данных, в результате чего ощущение об активном участии в проведении опыта не возникает. В некоторых видах лабораторных работ обучающийся собирает макет в виртуальном пространстве, что дает ощущения более реального участия, но недостаток их в том, что они в основном рассчитаны на пользователей с персональным компьютером.

В настоящее время у подавляющего большинства обучающихся имеется смартфон, а персональный компьютер теряет свою популярность. Поэтому был разработан телеграмм-бот, позволяющий дистанционно проводить лабораторные работы по физике, по теме электротехника. Вид экрана телеграмм-бота представлен на рис. 1.1.

Вначале предлагается ссылка на теоретический материал, а затем обучающемуся необходимо собрать электрическую схему и провести требуемые измерения по изученному материалу на стенде, изображение которого появляется на экране смартфона (рис. 1.2).

Все разъемы стенда пронумерованы, часть координатным способом, часть имеет индивидуальные номера. Для сборки электрической схемы обучающемуся вначале предлагается выбрать цвет провода, которым он будет проводить соединение, затем указывает адрес гнезда, в которое он хочет вставить первый конец провода, и так далее. Отвечая на возникающие вопросы, происходит последовательная сборка схемы.

После ответа на все вопросы появится изображение собранной включенной схемы, и на экранах приборов будут отображаться результаты эксперимента — рис. 1.3.

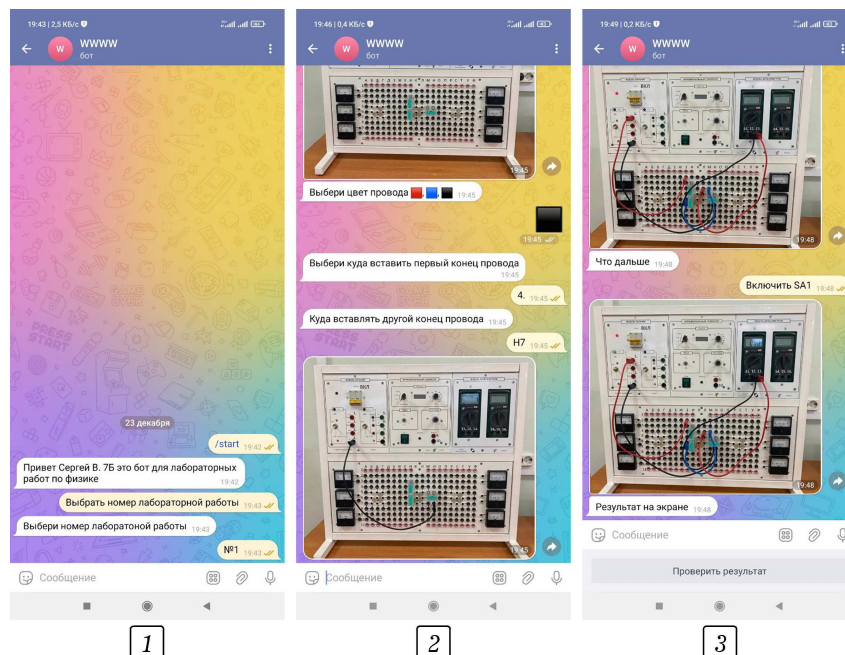


Рис. 1. Вид телеграмм-бота: 1 — начальный экран; 2 — начало сборки макета; 3 — включение собранного макета

При подобном способе организации лабораторных работ у разных обучающихся макетируемая схема реализуется по разному (для этого необходимо заранее сделать фотографии схемы с различными вариантами коммутаций). В результате у обучающегося возникает ощущение активного участия в лабораторном эксперименте. Использование смартфона в большинстве случаев снимает вопрос об отсутствии технической возможности у обучающегося полноценно участвовать в процессе дистанционного образования в виду их широкого распространения.

Рязанский институт (филиал)
Московского политехнического
университета;
Национальный исследовательский
университет «МЭИ» (Москва)

Поступила в редакцию 24.12.24.

Т. В. КЛЕВЕТОВА, Д. А. ЮДИНА

ИЗ ОПЫТА ОРГАНИЗАЦИИ ДОМАШНИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Описан опыт организации домашних экспериментов при изучении атмосферного давления. Для организации деятельности школьников использованы подготовленные авторами видеоролики.

Ключевые слова: атмосферное давление, демонстрационный эксперимент, домашний эксперимент.

Успешное освоение физики учащимися средней школы зависит от овладения опытом экспериментальной работы. Наряду с демонстрационным и лабораторным экспериментом, проводимым под руководством учителя, полезно приобретать навыки самостоятельной деятельности в ходе домашних опытов. Одним из первых методистов, показавших полезность домашних опытов, был С. Ф. Покровский. Домашние опыты по физике полезны для учащихся, начинающих осваивать учебный предмет «физика», так как их проведение позволяет наблюдать и описывать явления окружающего мира, формирует интерес к предмету и опыт самостоятельной деятельности.

В данной работе обратимся к описанию простых и доступных домашних опытов, демонстрирующих действие атмосферного давления. Особенность методики организации домашних экспериментов состоит в применении коротких видеороликов.

Атмосферное давление играет важную роль в нашей повседневной жизни, влияя на природные явления и процессы, и изучается учащимися 7 класса. При выполнении эксперимента учащиеся должны владеть базовыми законами физики, регулирующими поведение газов и жидкостей под действием давления. Знание основ атмосферного давления находит свое применение в самых разных областях. Например, барометры используются для прогнозирования погоды, а понимание принципов давления важно в авиации и строительстве.

Видеоролик «Волшебная сила» (<https://drive.google.com/file/d/1FXcNwBw9ngu-vrDEeshE5WMXcStMoKN7/view?usp=sharing>) обеспечивает постановку школьниками известного опыта по изучению атмосферного давления при переворачивании стакана с водой, закрытого листом бумаги.

Видеоролик «Исчезающий воздух» (https://drive.google.com/file/d/1wE24AZH9zGh1KeZU0vdZQ_z3obDrZo-/view?usp=sharing) посвящен известному опыту по демонстрации атмосферного давления, загоняющего воду в перевернутый стакан со свечой [1].

Проведение домашних экспериментов позволяет лучше понять сложные физические концепции и увидеть их проявления в реальной

жизни, развить интерес к науке и углубить знания о природе окружающего мира, а размещение их в сети интернет и доступ, который предоставляется участникам образовательного процесса, дают возможность обсудить и объяснить проводимые опыты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковтунович М. Г. Домашний эксперимент по физике: пособие для учителя. — М.: ВЛАДОС, 2007. — 207 с.

Волгоградский государственный
социально-педагогический
университет

Поступила в редакцию 28.12.24.

Н. П. МАРКОВА, Д. С. ЯКОВЛЕВА

МОБИЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ В КАБИНЕТЕ ФИЗИКИ ЦЕНТРА ОДАРЕННЫХ ДЕТЕЙ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ «СИРИУС 10»

Описаны возможности мобильной лаборатории кабинета физики Центра одаренных детей Республики Карелия «Сириус 10» на примере демонстрационной работы «Оптические иллюзии» из учебного набора «Солнечная энергия».

Ключевые слова: демонстрационный опыт, фотоэлемент, солнечная батарея, оптическая иллюзия.

В современных условиях подготовка обучающихся в школе приобретает особую значимость в контексте познавательного развития личности каждого ученика [1, 2]. Поиск эффективных методов обучения, способствующих развитию критичности мышления, самостоятельности познания, приобретает первостепенное значение при изучении школьных предметов естественнонаучного цикла.

Лабораторные работы являются одним из самых эффективных методов обучения физике, поскольку вызывают живой интерес у школьников, обеспечивают развитие практических и исследовательских навыков.



Рис. 1. Мобильная лаборатория

Кабинет физики Центра одаренных детей Республики Карелия оснащен современным оборудованием, позволяющим проводить с учениками множество лабораторных работ как по разделам школьной физики, так и по разделам, выходящим за рамки школьной программы.

Особое место занимает мобильная лаборатория по современной энергетике (рис. 1), содержащая в себе семь наборов лабораторного оборудования, каждый из которых посвящен определенному виду энергии: 1) солнечная энергия; 2) солнечная и ветровая энергетика; 3) водородная энергетика; 4) биотопливо; 5) гидроэнергетика; 6) термальная энергетика; 7) накопление энергии.

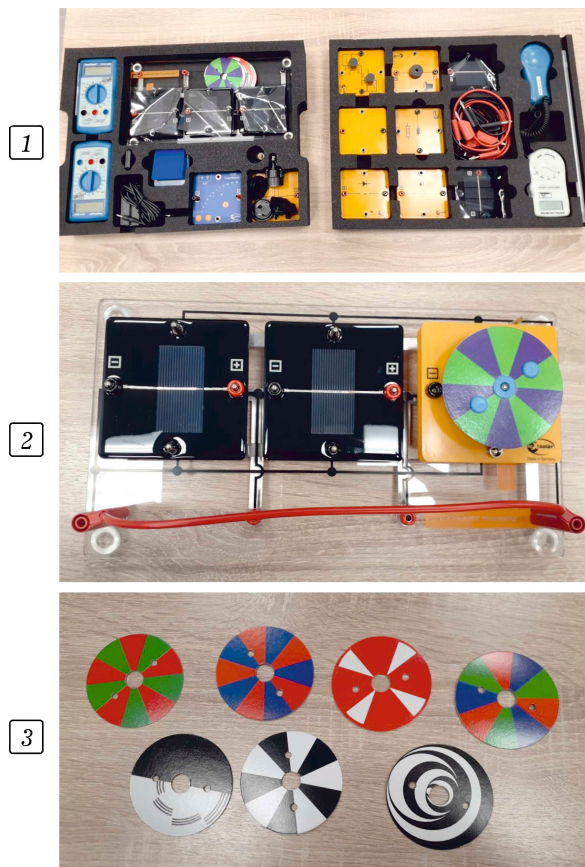


Рис. 2. Применение набора «Солнечная энергия»: 1 — внешний вид набора; 2 — на базовом модуле размещены две солнечные батареи, мотор и цветной диск; 3 — набор цветных дисков к работе «Оптические иллюзии»

В качестве примера рассмотрим набор «Солнечная энергия» (рис. 2.1), предназначенный для проведения комплекса лабораторных работ.

В состав оборудования входят: базовый блок, пять модулей солнечных батарей, модули освещения и питания, модули диода, резистора, потенциометра, двигателя, звукового сигнала, конденсатора и мотора, два цифровых мультиметра, люксметр, цветные фильтры, крышки для солнечных батарей, провода, термометр и цветные диски.

Набор дает возможность выполнить 15 различных работ, которые позволяют познакомиться с принципом действия солнечных батарей, изучить зависимость мощности солнечных элементов от частоты падающего света, измерить диодную и вольтамперную характеристики солнечного элемента, исследовать параллельное и последовательное соединение солнечных элементов, смоделировать автономную сеть с фотоэлектрической станцией.

Самая простая работа «Оптические иллюзии», которая демонстрирует особенности восприятия человеческого зрения, может быть использована для учащихся как старших, так и младших классов. Данная работа вызывает большой интерес у обучающихся.

Для выполнения работы необходимо на основе базового модуля собрать схему, состоящую из двух солнечных батарей, мотора и соединяющего провода (рис. 2.2). Затем на верхнюю поверхность мотора прикрепляется цветной диск из набора (рис. 2.3). Под влиянием солнечного света мотор начинает вращаться и позволяет наблюдать ряд интересных оптических явлений: аддитивное смешение цветов, оптические иллюзии с диском Бенхема, оптические иллюзии с рельефным диском.

При выполнении работы учащиеся проходят через этапы исследовательской деятельности: подготовка к исследовательской работе, планирование, эксперимент, формулирование вывода, оценка работы. Путем проведения экспериментов происходит углубление и закрепление теоретических знаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бичева И. Б., Казначеева С. Н., Казначеев Д. А. Профессиональная подготовка обучающихся в современных условиях // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. — 2020. — № 5(47). — С. 112–118.
2. Козырева О. А. Педагогическое моделирование в профессиональной деятельности учителя и научно-педагогического работника // Вестник Мининского университета. — 2020. — Т. 8, № 2. — С. 1.

Петрозаводский государственный
университет

Поступила в редакцию 28.12.24.

Т. В. НИКИТИНА

УЧЕБНЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ КАК РЕСУРС ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО САМООПРЕДЕЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

Обсуждается опыт реализации модулей опережающего обучения физике для учащихся инженерных классов. При проектировании образовательного процесса был сделан акцент на экспериментальной деятельности учащихся. Приведены рабочие программы модулей.

Ключевые слова: инженерный учебный эксперимент, опережающее обучение физике, инженерные классы.

Профориентационная работа со школьниками в направлении инженерно-технических специальностей является одной из ключевых задач, стоящих перед учителем физики. Очевидно, что качественное обучение физике в школе является одним из звеньев в цепочке подготовки будущего инженера, а всестороннее развитие инженерных навыков и способностей учащихся возможно реализовать через экспериментальную деятельность по физике. Для этой цели служат разнообразные формы и средства учебного физического эксперимента: демонстрационный эксперимент, фронтальные лабораторные работы, физический практикум, домашние опыты, опыты с применением цифровых датчиков, виртуальной реальности, компьютерного моделирования и др.

В настоящее время наблюдается высокий интерес к развитию дополнительного физического образования, которое реализуется через экспериментальную деятельность учащихся. Как правило, дополнительные общеразвивающие программы по физике носят опережающий характер и ориентируют учащихся на дальнейшее углубленное изучение физики с целью получения профессионального образования по инженерно-техническому направлению подготовки. В ходе исследовательской работы было предложено два учебных модуля опережающего обучения физике для учащихся 6 класса. Первый модуль связан с конструированием машинок и проведением опытов с ними (табл. 1), второй модуль предполагает проведение простых опытов по изучению механических и электромагнитных явлений (табл. 2). Все опыты, представленные в программе, можно отнести к учебным инженерным опытам, объектами исследования в которых являются приборы и устройства [1]. Научно-методические основы проведения учебных инженерных опытов описаны в статье [2].

В ходе обучения учащихся инженерных классов МБОУ СОШ № 125 г. Снежинска по данным программам мы убедились, что: 1) самостоятельное фронтальное проведение экспериментов способствует развитию у учащихся навыков критического мышления, анализа данных и решения проблем, возникающих при конструировании экспериментальной установки; 2) создание условий для обсуждения результатов экспериментов между учащимися способствует развитию навыков

коммуникации и кооперации. Высокий эмоциональный отклик учащихся, проявленное трудолюбие и интерес к экспериментальной деятельности по физике подтверждает правильность выбора учащихся в направлении выбора предпрофильной подготовки.

Таблица 1
Модуль опережающего обучения физике. Механика

№	Наименование темы	Количество часов			Форма контроля
		Всего	Теория	Практика	
1	Мир, который мы познаем	4	2	2	Совместное обсуждение; отчет о выполнении лабораторной работы
2	Движение тел	2	1	1	
3	Взаимодействие тел	2	1	1	
4	Масса и сила	4	2	2	
5	Энергия	4	2	2	
	Итого	16	8	8	

Таблица 2
Модуль опережающего обучения физике. Механические и электромагнитные явления

№	Наименование темы	Количество часов			Форма контроля
		Всего	Теория	Практика	
1	Выталкивающая сила	2	1	1	Совместное обсуждение; отчет о выполнении лабораторной работы
2	Простые механизмы. Блоки	2	1	1	
3	Электрическая цепь. Измерение силы тока	2	1	1	
4	Магнитное поле. Оценка силы взаимодействия магнитов	2	1	1	
5	Обобщение	2	1	1	
	Итого	10	5	5	

Таким образом, в ходе педагогического эксперимента обосновано, что экспериментальная деятельность по физике — это важный ресурс профессионального самоопределения учащихся. Физические опыты позволяют создать наилучшие условия для понимания основ физики и ее практического приложения в инженерном деле и современной технике. Модульный принцип обучения обусловлен спецификой организации внеурочной деятельности учащихся инженерных классов МБОУ СОШ № 125: учащиеся делятся на подгруппы по 12–14 человек, в течение года учащиеся проходят модули: инженерное мышление, основы алгоритмики и логики, изготовление прототипов, инженерный дизайн *CAD*, физический практикум. Такая организация обучения позволяет привлечь внимание учащихся к различным профессиям, связанным с физикой и информационными технологиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина Т.В. Взаимосвязь учебного физического и инженерного экспериментов // Учебная физика. — 2024. — № 3. — С. 67–75.

2. Никитина Т. В. Научно–методические основы учебного инженерного эксперимента // Учебный эксперимент в образовании. — 2024. — № 2 (110). — С. 95–104.

Снежинский физико–технический
институт НИЯУ МИФИ

Поступила в редакцию 26.12.24.

Ю. С. ОСТРОУМОВА, С. Д. ХАНИН

О РОЛИ И МЕСТЕ В ВЫПОЛНЕНИИ ПРАКТИКУМА ФИЗИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ ИЗУЧАЕМЫХ ЯВЛЕНИЙ

Обосновывается целесообразность и показываются возможности придания физической картине явлений роли предмета изучения в учебном практикуме. Приводятся могущие быть использованными в практике обучения конкретные методические разработки.

Ключевые слова: физическая картина явления, макроскопический и микроскопический подходы, транспортные явления в неоднородных материалах.

В сложившейся практике физическая картина изучаемых при выполнении учебного практикума явлений выполняет роль средства обоснования метода и анализа результатов экспериментального решения задач. При этом остается нереализованным ресурс практикума в части установления физической картины, что является центральной задачей исследовательской деятельности и необходимым для практического применения ее результатов.

В настоящей работе показываются возможности придания установлению физической картины изучаемых явлений роли предмета изучения в практикуме и предлагаются некоторые требуемые для этого методические приемы. На примере тематики учебных заданий по изучению транспортных свойств твердотельных материалов с неоднородной структурой показываются возможности применения к установлению физической картины как макроскопического, так и микроскопического подходов, предпочтительно актуальных для физического практикума в курсе общей физики и следующих за ним дисциплин соответственно.

Выразительным примером макроскопического подхода является установление картины явлений переноса заряда в случайно– и сильно неоднородных металлодиэлектрических композитах с различной концентрацией проводящей фазы [1, 2]. Руководствуясь наглядными соображениями, обучающийся приходит к выводу об эффекте протекания [3], происходящем при достижении определенной концентрации металла, когда образуются непрерывные, замыкающие электроды проводящие цепочки. Это служит основанием для моделирования эффекта (натурного — на электропроводящей бумаге и вычислительного — на

компьютере), результаты которого сопоставляются с опытными данными по концентрационным зависимостям проводимости и температурного коэффициента сопротивления. В результате предполагаемая физическая картина приобретает достаточную на уровне учебного практикума доказательность.

Эффект протекания может выступать как основа физической картины явлений и при использовании микроскопического подхода в практикуме по физическим основам электроники. В качестве объекта здесь могут выступать, например, сильно легированные полупроводники, проявляющие переход «полупроводник–металл» при достижении критической в плане перекрытия электронных состояний концентрации электрически активных примесей [4]. В продолжение может быть построена физическая картина перехода в сильно легированных компенсированных полупроводниках, в которой учитывается наличие присущих этим материалам крупномасштабных флуктуаций потенциала.

Другой пример построения физической картины явления — изучение проблематики транспортных свойств неупорядоченных материалов с присущей им неоднородностью структуры [5]. В методическом плане важно отметить, что выявление механизма электропроводности в таких материалах с необходимостью требует выбора критериально-го метода эксперимента, могущего различить зонный и прыжковый механизм электропроводности. Такой выбор требует от обучающихся проведения соответствующей информационно-аналитической работы. Определяемый как целесообразный метод широкополосной диэлектрической спектроскопии может быть реализован в учебной лаборатории и интегрирован в содержание практикума.

В заключение отметим, что имеющийся позитивный опыт преподавания позволяет сделать вывод о ресурсности формирования физической картины явлений, повышении мотивации обучающихся, раскрытии и развитии у них творческих способностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тареев Б. М. Физика диэлектрических материалов. — М.: Энергоиздат, 1982. — 320 с.
2. Харитонов Е. В. Диэлектрические материалы с неоднородной структурой. — М.: Радио и связь, 1983. — 128 с.
3. Шкловский Б. И., Эфрос А. Л. Теория протекания и проводимость сильно неоднородных сред // Успехи физических наук. — 1975. — Т. 117. — № 3. — С. 401–435.
4. Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников. — М.: Наука, 1977. — 672 с.
5. Ханин С. Д. Электронные свойства аморфных диэлектрических оксидов металлов. — В монографии «Физика неупорядоченных и наноструктурированных оксидов и халькогенидов металлов» / под ред. Г. А. Бордовского. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. — С. 69–104.

Военно-медицинская
академия имени С. М. Кирова;
Санкт-Петербургский государственный
университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Поступила в редакцию 28.12.24.

Н. Л. ПЛЕШАКОВА

**МЕТОДИКА ШКОЛЬНОГО ФИЗИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА: ЭЛЕМЕНТЫ ДЕЛОВОЙ ИГРЫ
В ХОДЕ ЛАБОРАТОРНО–ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
СО СТУДЕНТАМИ**

В данной статье рассматриваются дидактические возможности лабораторно–практических занятий по дисциплине «Теория и методика обучения физике». Показаны некоторые элементы деловой, ролевой игры, которые могут выступать фактором, способствующим формированию успешного понимания будущими учителями методов решения профессиональных задач учителя физики.

Ключевые слова: школьный физический эксперимент, дидактическая цель эксперимента, элементы деловой, ролевой игры, способ вхождения в профессию учителя.

Кратко покажем, как технология совместной продуктивной деятельности преподавателя и студентов в ходе проведения лабораторно–практических занятий была реализована в форме деловой, ролевой игры и, на наш взгляд, способствовала успешности освоения методики проведения школьного физического демонстрационного эксперимента, фронтальных лабораторных работ, работ физического практикума в контексте урока.

Выступая в роли учителя, студент обязательно озвучивал дидактическую (эксперимент выполняется для подтверждения ранее обоснованных теоретических предположений, или для ознакомления с явлениями, выявления каких–либо количественных характеристик и т. д. с целью дальнейшего теоретического объяснения) цель проведения эксперимента. Понятно, что «учитель» должен изучить учебный материал, предвещающий данную демонстрацию, а также и следующий за ней. Присутствующие в аудитории «учителя» могли вносить свои замечания, предложения в формулировку цели. Активность участия в обучающем диалоге поощрялась.

Кроме того, «учитель» далее уже в роли «учителя–методиста», излагает те риски, с которыми он встретился, выполняя предварительно демонстрационный эксперимент, и необходимые изменения, дополнения, которые ему пришлось ввести (замена оборудования, или отдельных индикаторов...).

Затем студент — «учитель» проводил фрагмент урока с включением натурной демонстрации, уже обращаясь к студентам — «ученикам» как целевой аудитории. При этом перед «учителем» ставилась задача: использовать проблемный характер организации и проведения демонстрационного эксперимента, с постановкой вопросов к «ученикам» по ходу опыта. Таким образом, студенты осваивали взаимопроверку, обучаясь при этом определять критерии и показатели оценивания выполненной

работы по подготовке и проведению школьного демонстрационного эксперимента.

В силу различных причин (ковид, дистант, переезд, ремонт...) некоторые демонстрации были включены в контекст занятия в виде снятого заранее видеофильма. Но эти видео-ресурсы [2] студентам предоставляются без звукового сопровождения! И все выше названные дидактические задачи «учителя» — демонстратора эксперимента, студент описывал, изучая материалы ролика и соотнося их с возможностями реального оборудования. И уже в аудитории студент в нескольких ролях проводил, озвучивал все этапы демонстрационного эксперимента. Удачные методические приемы, предложенные студентом, поощрялись дополнительными баллами.

Отметим, что к завершению цикла лабораторно-практических занятий студенты раскрепощались, ситуация деловой, ролевой игры всегда принималась позитивно, вызывала яркие эмоции. При этом преподаватель наблюдает, как осуществляется переключение эмоций на выполняемую задачу, умеет ли студент соотнести свою деятельность со своей ролью в предложенном фрагменте ролевой игры, понимает или нет, чего предстоит достичь. В ролевой игре, как способе вхождения в профессию учителя, активизируется работа каждого студента по поиску механизмов, средств достижения целевых установок, происходит выявление умения (неумения) решать проблемы самостоятельно и т. д.

Наш опыт преподавания показывает, что наибольшие затруднения студенты испытывают при постановке целей (эксперимента, демонстрации, урока...), при отборе объема содержания учебного материала, при обосновании выбора адекватных средств контроля самостоятельной деятельности учащихся.

Отметим, что подробно методика организации и проведения физического эксперимента в системе развивающего урока, так востребованного сегодня, изложена в нашей статье [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Плешакова Н.Л., Новикова В.В. Физический эксперимент в системе развивающего урока // Инновации в науке: пути развития: Материалы V Международной заочной научно-практической конференции / гл. ред. М.П. Нечаев. — Чебоксары: Экспертно-методический центр, 2014. — С. 288–291.
2. Банк ЦОР — видео-опытов, подготовленных в кабинете ТиМОФ ТГПУ им. Л.Н. Толстого, для использования в ходе лабораторно-практических занятий на 3 курсе в группах студентов бакалавриата, обучающихся по направлению Педагогическое образование с двумя профилями (физика и математика, физика и астрономия). Преподаватель: Плешакова Н.Л., к.п.н., доцент кафедры теории и методики обучения физике. <https://m.youtube.com/channel/UCKoKEQSORVbXh9x4D0x7p4A/playlists> (дата обращения: 12.12.2024)

Тульский государственный
педагогический университет
им. Л. Н. Толстого

Поступила в редакцию 12.12.24.

Л. А. ПРОЗАРОВСКАЯ, В. А. ОПАЛОВСКИЙ

РАЗВИТИЕ ЭКСПЕРИМЕНТИРУЮЩЕГО МЫШЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рассматриваются особенности развития экспериментирующего мышления средствами современной системы проектных заданий по физике на основе включения процессов моделирования в обучение школьников.

Ключевые слова: моделирование, современный физический эксперимент, цифровая образовательная платформа.

Термин «экспериментирующего мышления» введен в теории и методике обучения физике ведущими учеными В. В. Майером, В. Г. Разумовским, Ю. А. Сауровым [6, 13, 14]. Очевидно, что уровень развития экспериментирующего мышления обучающихся тесно связан с формированием научного мышления и естественнонаучной грамотности школьников в процессе изучения физики, являющихся предметным результатом преподавания учебного курса [5]. Как отмечают методисты, «экспериментирующее мышление, как процесс моделирования новой реальности, должно быть присуще преподавателям» [2, с. 4]. Опыт показал, что реализация педагогом компонентов учебной деятельности — моделирования и экспериментирования, их формирование важно учитывать при профессиональной подготовке учителя физики и астрономии. Средством достижения достаточного уровня экспериментирующего мышления для моделирования физических процессов может быть система целенаправленно организованного школьного физического эксперимента на основе комплекса современного (цифровые лаборатории, виртуальный эксперимент и др.), традиционного, самодельного оборудования, а также ресурсов и технологий (компьютерные технологии, цифровые и электронные образовательные ресурсы и др.), которые позволяют существенно сократить время рутинной работы учителя при подготовке к занятию, начиная с самостоятельного поиска, модификации эксперимента, его проведению в конкретной образовательной ситуации, проверке, оценке результатов и осуществлению обратной связи в преподавательской деятельности [10].

Нами показано применение цифровых платформ, систем дистанционного обучения школьников и педагогов [8, 11], описание формирования умений научного объяснения наблюдаемых явлений в проектной деятельности [9], выдвижение гипотез для объяснения некоторого круга природных, бытовых и технологических явлений [1], интерпретировать (анализировать и оценивать) данные результатов исследований и проектной деятельности, предлагая способы и варианты решения научно-исследовательских проблем [3, 7]. Ниже, в списке литературы, приведены примеры развития экспериментирующего мышления обучающихся на основе элементов системы школьного физического эксперимента, разработанной и реализуемой нами совместно с

учителями физики Нижегородской области Д. Н. Комиссаровым [10], Л. А. Прозаровской [1, 3, 4, 7, 9], В. А. Хабаровым [15] и др.

Одной из форм работы школьников при изучении физики является выполнение совместных проектных заданий (далее ПЗ) на цифровой образовательной платформе «ГлобалЛаб». ПЗ имеет ряд сходств с фронтальной лабораторной работой, а именно: 1) его выполнение предполагается в урочной форме (как элемент урока и домашнего задания), так и во внеурочной деятельности при изучении соответствующей темы школьного курса физики; 2) содержит проблематику, цель, гипотезу (при необходимости), описание хода выполнения работы. Но имеются и следующие различия: в отличие от лабораторной работы, результат ПЗ заранее не предопределен (у разных школьников он будет разным); достижение цели ПЗ, как и проверка поставленной гипотезы, возможно только путем анализа данных, собранных всеми участниками (например, всем классом).

Авторы доклада представляют вниманию участников конференции ряд ПЗ для учеников 10–11 классов, изучающих физику на базовом уровне. Все ПЗ созданы с помощью «Конструктора проектных заданий», и размещены на платформе «ГлобалЛаб», которая предназначена для организации совместной проектно-исследовательской деятельности школьников [12].

Методика выполнения проектного задания предполагает ряд этапов: 1) на уроке, при изучении соответствующей темы, учитель обсуждает проблематику ПЗ; 2) ученики в качестве домашнего задания выполняют ПЗ и вносят полученные результаты на платформу «ГлобалЛаб»; 3) образовательная платформа автоматически обрабатывает результаты всех участников и предоставляет их для анализа в форме интерактивных виджетов (графиков, таблиц, диаграмм и т. д.); 4) на следующем занятии учитель с классом обсуждают общий результат, представленный в форме виджетов; 5) каждый ученик, на основе анализа общего результата, формулирует выводы по итогам выполнения ПЗ.

В ходе конференции участникам будут продемонстрированы пять ПЗ для учеников 11 класса: «Неисчерпаем, как атом», «Когерентные источники света» (теоретическое исследование), «Моделируем радиоактивный распад ядер», «Атомы и монеты» (моделирование физических явлений), «Наблюдаем интерференционные картины» (естественно-научное исследование).

Наш опыт работы и представленный материал показывают, что реализация системы заданий по физике в учебном процессе с помощью современных цифровых ресурсов способствует развитию основных элементов экспериментирующего мышления (моделирования и экспериментирования) у обучающихся, а именно, умений наблюдать, анализировать и грамотно обрабатывать результаты эксперимента, выдвигать гипотезы, устанавливать логическую взаимосвязь физических величин и пр., а у педагогов формируется умение передавать опыт познавательной деятельности школьникам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башмури́н А. О., Прозаровская Л. А. Нижегородская АЭС: проблемы и перспективы строительства // Будущее технической науки: сб. материалов XV Межд. молодежной

- науч.-технической конф. 27.05.2016 г. — Н. Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2016. — С. 564–565.
2. Гребенев И. В. Методическое значение экспериментирующего мышления // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 37. — М.: ИСРО РАО, 2023. — С. 3–5.
 3. Зиновьева П. Д., Прозаровская Л. А. Моделирование закона радиоактивного распада // Будущее технической науки: сб. материалов XV Межд. молодежной науч.-технической конф. 27.05.2016 г. — Н. Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2016. — С. 573.
 4. Коновалов Я. К., Прозаровская Л. А. Изучение нашей Галактики с помощью виртуальных программных средств // Будущее технической науки: сб. материалов XVIII Всерос. молодежной науч.-технической конф., посвященной 90-летию Нижегородской научно-практической школы транспортного снеговедения 24.05.2019 г. — Н. Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2019. — С. 439–440.
 5. Концепция преподавания учебного предмета «Физика» в общеобразовательных организациях РФ, реализующих основные общеобразовательные программы (утверждена Решением Коллегии Министерства просвещения РФ. Протокол от 03.12.2019 № ПК-4вн).
 6. Майер В. В., Сауров Ю. А. Экспериментирующее мышление в методике обучения физике // Физика в школе. — 2018. — № 7. — С. 3–11.
 7. Ольховская Е. А., Прозаровская Л. А. Учебный проект по физике «Акустический электрогенератор» как средство развития профессионально-методических умений учителя физики // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 38. — М.: ИСРО РАО, 2023. — С. 33–37.
 8. Прозаровская Л. А. Создание дистанционного курса «Теория и методика обучения астрономии в контексте требований ФГОС» для школьных учителей и преподавателей СПО Нижегородского региона // Школа будущего. — 2019. — № 5. — С. 122–129.
 9. Прозаровская Л. А., Аникина Е. Б. Проектная деятельность учащихся на учебных занятиях в кадетской школе // Подготовка специалистов на технологических факультетах педвузов: Материалы Межд. науч.-практической конф., посвященной 25-летию технологического экономического факультета НГПУ (17–18 ноября 2009 г.). — Н. Новгород: НГПУ, 2009. — С. 220–222.
 10. Прозаровская Л. А., Ханжина Е. В. Современный физический эксперимент как средство развития естественнонаучной грамотности обучающихся // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 34. — М.: ИСРО РАО, 2021. — С. 26–28.
 11. Прозаровская Л. А. Создание дистанционного курса «Организация итогового повторения при подготовке к ГИА по физике в 9 и 11 классах» для учителей Нижегородской области // Актуальные проблемы естествознания и естественнонаучного образования: материалы V-ой межд. науч.-практ. конф. / сост. Н. С. Гольцова, Л. Н. Орлова; науч. ред. Л. В. Азарова, Е. Н. Арбузова, Ю. В. Москалец, Т. А. Корчагина. — Омск: Изд-во ОмГПУ, 2017. — С. 102–107.
 12. Профиль Прозаровской Л. А. на платформе «ГлобалЛаб» с указанием авторства проектных заданий // <https://globallab.ru/ru/users/loveproza/profile> (дата обращения: 05.01.2025).
 13. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. Методология деятельности экспериментирования как стратегического ресурса физического образования // Сибирский учитель. — 2012. — № 2. — С. 5–13.
 14. Сауров Ю. А., Коханов К. А. Экспериментирование и моделирование как коллективная познавательная деятельность в обучении физике // Вестник ВятГГУ. — 2014. — № 5. — С. 130–135.
 15. Хабаров В. А. Современное оборудование как средство повышения эффективности обучения физике и астрономии (на примере центров образования «Точка роста» в Нижегородской области) // Физико-математическое и технологическое образование: проблемы и перспективы развития: материалы IX Межд. науч.-метод. конф. — М.: МПГУ, 2023. — С. 252–260.

Нижегородский институт
развития образования;
ООО «ГлобалЛаб» (Москва)

Поступила в редакцию 05.01.25.

И. В. САЛТЫКОВ

МЕЖПРЕДМЕТНЫЙ КУРС «ЭКСПЕРИМЕНТАРИУМ»

Предлагается курс из серии демонстрационных экспериментов для изучения физических и химических явлений в учреждениях основного и дополнительного образования. Опыты предназначены для организации урочной и внеурочной проектной деятельности обучающихся по физике и химии.

Ключевые слова: проектная деятельность, функциональная грамотность, дидактические ресурсы, демонстрационный эксперимент, разделы физики.

В настоящее время проектная деятельность по физике представляет собой метод активного обучения, при котором учащиеся занимаются исследовательской работой, выполняя конкретные проекты. Это позволяет им не только углублять свои знания, но и развивать навыки критического мышления при решении возникающих проблем. В проектно-исследовательской деятельности учащиеся проводят эксперименты по дисциплинам естественнонаучного цикла [3].

«Экспериментариум» — это курс по экспериментальной физике и химии, который обладает следующими особенностями: 1) отбор простых опытов по физике и химии; 2) дифференциация опытов по сложности и сложности их объяснения; 3) создание и редактирование дидактических ресурсов; 4) декомпозиция курса на 10 занятий, по 60 минут; 5) апробация полученных знаний у учащихся, путем проведения экзамена.

На каждое занятие обучающимся выдаются дидактические материалы в виде специальных карточек, содержащих: образное название, которое в процессе работы школьник может поменять; перечень простейшего оборудования; описание хода работы с объяснением опыта и ссылкой на видеоматериал. Самое интересное, каждое занятие, каждый опыт делится на 2 части, две дисциплины, на физику и химию. В каждом раздаточном материале описывается сущность явления или закономерности, освоение которых необходимо для формирования функциональной грамотности.

В качестве примера в докладе будут рассмотрены дидактические материалы, разработанные нами на основе источников [1, 2]. Они позволяют школьникам исследовать раздувание воздушного шара углекислым газом, образующимся при реакции соды и уксусной кислоты, плавание тел и другие физико-химические явления и процессы.

Проектная деятельность по физике и химии является эффективным инструментом для улучшения образовательного процесса, способствуя развитию навыков, необходимых в современном мире.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перельман Я. И. Занимательная физика. — М., 2016.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики. В 5 т. Т. 1. Механика. — М.: Физматлит, 2005. — 560 с.

3. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования. — URL: <http://минобрнауки.рф/документы/2365> (дата обращения: 11.08.2015).

МБОУ «СОШ № 4», г. Глазов

Поступила в редакцию 23.12.24.

М. Н. САМЕДОВ, В. Ю. ШУРЫГИН

ВОВЛЕЧЕНИЕ УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕСС КОНСТРУИРОВАНИЯ САМОДЕЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ

Обсуждается актуальность и целесообразность вовлечения школьников в процессы конструирования, изготовления и использования в учебном процессе школы самодельного лабораторного оборудования по физике.

Ключевые слова: школа, физика, лабораторный практикум, самодельное оборудование, конструкторская деятельность.

Современное лабораторное оборудование зачастую является настолько сложным и автоматизированным, что иногда его использование учащимися носит чисто механический характер. Физическая сущность изучаемых явлений и закономерностей остается за кадром. Целью настоящей работы является анализ роли и значения самодельного физического оборудования в образовательном процессе, а также определение его влияния на развитие методологических умений учащихся. Важность данной темы продиктована необходимостью повышения уровня практических навыков учеников, которые абсолютно необходимы для более глубокого понимания физики и других естественнонаучных дисциплин. Практические занятия, направленные на создание и тестирование лабораторного оборудования, вовлекают учащихся в активный процесс обучения, позволяя развивать творческое мышление и инновационные подходы к решению задач [1]. Конструкторская деятельность не только углубляет понимание физических явлений, но и формирует необходимый багаж знаний для будущих научно-технических исследований. Особенно важным это представляется при углубленном изучении физики на профильном уровне [2].

Моделирование и конструирование оборудования становится действенным методом научного познания и видом творческой деятельности только при их регулярном применении в образовательной практике. Это способствует переходу от поверхностного изучения теоретического

материала к глубокому пониманию его практической важности, развивает креативность и умение решать нестандартные задачи, что представляют собой значимый аспект образовательного процесса.

Создание лабораторных устройств, таких, например, как прибор для исследования зависимости сопротивления проводников от их физических характеристик, помогает не только развивать исследовательские навыки, но и подготовить крепкую основу для дальнейших научных изысканий. На заключительном этапе, анализ и применение полученных результатов играет ключевую роль в оценке эффективности самодельного оборудования. Процесс анализа позволяет не только выявить сильные и слабые стороны созданного устройства, но и способствует совершенствованию навыков научного исследования у учащихся. Это развивает познавательную активность и самостоятельность, делая изучение физики более интересным и ориентированным на практическое применение. Важность таких подходов заключена в возможности повышения образовательного уровня через творческую деятельность и тестирование собственных гипотез, что способствует более полному усвоению изучаемого материала.

Самодельное физическое оборудование играет важную роль не только в закреплении теоретических знания учащихся, но и способствует развитию их исследовательских навыков. Применение теоретических знаний на практике вводит обучающихся в мир физической науки, помогая раскрыть принципы, лежащие в основе повседневных явлений, происходящих в окружающем мире.

Следует отметить, что процесс создания оборудования охватывает несколько этапов, от постановки учебной задачи до выбора и использования материалов. Это не только развивает критическое мышление и творческие способности учащихся, но и делает обучение физике более динамичным и интерактивным. Процесс проектирования и выбора материалов для самодельного оборудования включает в себя множество этапов, начиная от определения цели и заканчивая тестированием результатов. Важно, чтобы моделирование и конструирование применялись в учебной практике как методы научного познания систематически. Эти действия помогают учащимся глубже понимать физические явления и выбирать оптимальные материалы, что позволяет добиваться более качественных результатов на практике. Благодаря этому, процесс выбора материалов становится не просто механическим, а творческим, повышая уровень глубины в обучении физике.

Эффективность изготовленного оборудования оценивается через анализ получаемых при помощи него результатов экспериментов. Такой практико-ориентированный подход поддерживает развитие самостоятельности и инициативности у школьников. Он не только укрепляет полученные знания, но и расширяет горизонты для дальнейших исследований, что делает его крайне важным для современного образовательного процесса. Такой метод подготавливает учащихся к более сложным научным вызовам будущего, развивая у них устойчивые навыки в исследовательской деятельности и тот самый научный интерес,

который является основой для прогресса в любой области науки. Кроме того, использование подобных подходов в образовательной практике способствует развитию интереса к предмету и делает процесс изучения физики более увлекательным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крутова И. А., Фисенко М. А. Глава 10. Формирование исследовательских умений, обучающихся в процессе планирования и проведения физического эксперимента с применением самодельного оборудования // Теоретические и практические аспекты педагогики и психологии: Монография. — Чебоксары: ООО «Издательский дом «Среда», 2023. — С. 119–129.
2. Синенко В. Я. Изготовление и использование самодельных приборов и приспособлений: методические рекомендации для учителей физики. — Новосибирск: НИПКиПРО, 2013. — 99 с.

Казанский (Приволжский)
федеральный университет

Поступила в редакцию 08.12.24.

М. А. ФАДДЕЕВ

ДОВУЗОВСКАЯ ПОДГОТОВКА ШКОЛЬНИКОВ К ОБУЧЕНИЮ В ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЕ

Описывается система довузовской подготовки школьников к обучению в Передовой инженерной школе, охватывающая учащихся 7–11 классов. Подготовка проводится путем выполнения учебно-исследовательских и научно-исследовательских работ по экспериментальной физике на современном учебном и научном оборудовании.

Ключевые слова: Передовая инженерная школа, довузовская подготовка школьников по физике, учебно-исследовательские и научно-исследовательские работы, современное экспериментальное оборудование.

Современная цивилизация нуждается в разработке новых технологий, создателями которых должны быть высококвалифицированные специалисты. Для подготовки таких специалистов в ряде университетов РФ организованы Передовые инженерные школы (ПИШ). В Нижегородском госуниверситете ПИШ предназначена для подготовки специалистов в области «Космическая связь, радиолокация и навигация».

Сложность и большой объем учебно-практического материала для обучения инженеров-физиков данной сферы выдвинули потребность в многоуровневой довузовской подготовке школьников.

Учащимся 10–11 классов предоставляется возможность выполнения научно-исследовательских работ (НИР) в лабораториях Нижегородского исследовательского физико-технического института (НИФТИ).

Школьникам 7–9 классов предлагаются учебно–исследовательские работы (УИР) по различным разделам физики. Целью таких работ является проведение полноценного экспериментального исследования на теоретической базе элементарной физики. При этом для руководителей УИР существует методическая проблема.

Эксперименты на примитивном оборудовании не вызывают у современных школьников интереса к инженерной физике. «Щепки, веревочки и сургуч» в лабораториях великих физиков начала XX века не восхищают детей, которые в телевизоре и Интернете видели грандиозные, сложные и красивые экспериментальные установки Роскосмоса и Росатома.

С другой стороны, в настоящее время получило распространение школьное оборудование, состоящее из ящиков с разноцветными лампочками и датчиками, которое что–то измеряет на физических принципах, неизвестных учащимся. Школьники справедливо называют такую методику «магия».

Оптимальным является использование современного лабораторного оборудования, которое сочетает наглядность и современный дизайн, что способствует мотивации школьников и быстрому освоению базовых понятий и законов физики. Требуемым условиям удовлетворяет экспериментальное оборудование, изготавливаемое ООО «Вектор» (Санкт–Петербург).

Лабораторией довузовской подготовки, созданной в ПИШ ННГУ, закуплены в этой организации установки для экспериментов в разных областях физики.

В первый год использования оборудования раздела «механика» школьники 7–8 классов успешно выполнили УИР по темам: «рычаги 1–го и 2–го рода», «полиспасты различной кратности», «жесткость систем пружин», «измерения баллистических траекторий», «колебания маятников различной массы», «колебания тел на поверхности воды».

После проведения измерений школьники выполняли математическую обработку полученных результатов, включающую расчет случайных и приборных погрешностей, построение доверительных интервалов, линейную аппроксимацию методом наименьших квадратов.

Результаты УИР школьники с помощью научного руководителя учились оформлять и затем докладывали на конференциях НОУ и инженерно–физических конкурсах, включая конкурсы НИФТИ.

Более старшие школьники выполняют полноценные НИР на современном научном экспериментальном оборудовании под руководством сотрудников НИФТИ.

Школьники учатся работать на металлографических и электронных микроскопах, на оптических и рентгеновских спектрометрах. Проводят измерения микротвердости и выполняют рентгенодифракционные эксперименты. Примерами НИР старшеклассников являются следующие: «исследование диффузии углерода в образцах карбида вольфрама, полученного спеканием», «корреляция плотности и электропроводности графитовых токосъемных устройств», «рентгенодифракционное исследование

дование системы $\text{TiH}_2\text{--Ti}$ », «синтез и рентгеновский фазовый анализ керамики на основе цеолита», «мемритивный эффект в тонкопленочных наноструктурах».

Результаты работ учащиеся докладывают на научных семинарах лабораторий и отделов НИФТИ, затем, лучшие из них направляются на региональные и всероссийские конкурсы инженерно-физических работ. Вышеперечисленные НИР в прошлом году удостоились на разных конкурсах дипломов 1-й степени.

Накопленный опыт убеждает в эффективности разработанной системы довузовской подготовки школьников к обучению в ПИШ.

Национальный исследовательский
Нижегородский государственный
университет им. Н. И. Лобачевского

Поступила в редакцию 26.11.24.

Е. В. ХАНЖИНА, Н. И. ЛАПИН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСА ФИЗИКИ В УСЛОВИЯХ ФГОС НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В работе приводится анализ исследования по использованию физического оборудования при преподавании курса физики в основной и профильной школе.

Ключевые слова: экспериментальное оборудование по физике.

Школьный курс физики, являясь основным компонентом естественнонаучного образования, вносит существенный вклад в решение образовательных задач, обеспечивая формирование у учащихся основ научного мировоззрения, единой физической картины мира, развитие интеллектуальных и творческих способностей, ценностных ориентаций и пр. Для решения указанных задач в процессе изучения физики основное внимание следует уделять не передаче суммы готовых знаний, а знакомству с методами познания окружающего мира, одним из которых является экспериментальный метод, реализуемый в формате учебного физического эксперимента (УФЭ) — демонстраций, лабораторных работ, опытов и др.

Не случайно экспериментальной базе школьного курса физики традиционно отводилась особая роль. Так, УФЭ, проводимый учителем и самими учащимися, обладает огромным дидактическим потенциалом. К сожалению, жизненные реалии таковы, что по разным причинам (недостаточное оснащение оборудованием, отсутствие времени на уроках, уровень подготовки педагога и пр.) далеко не всегда реализуется экспериментальный потенциал школьного курса физики даже в его классических вариантах.

Реальный физический эксперимент является обязательной составляющей современных федеральных рабочих программ по физике для 7–9 классов [2] и 10–11 классов [3]. В соответствии с требованиями федеральных образовательных программ к материально-техническому обеспечению учебного процесса учебный предмет «Физика» должен изучаться в условиях предметного кабинета или в условиях интегрированного кабинета предметов естественно-научного цикла. В кабинете физики должно быть необходимое лабораторное оборудование для выполнения указанных в программе по физике ученических опытов, лабораторных работ и т. п., а также демонстрационное оборудование, включая комплекты лабораторного оборудования, построенные на комплексном использовании аналоговых и цифровых приборов, а также компьютерных измерительных систем в виде цифровых лабораторий [1].

Системно-деятельностный подход реализуется при проведении любого вида УФЭ, позволяя формировать предметную деятельность. В частности, на базовом уровне среднего общего образования данный подход воплощается, прежде всего, за счет организации экспериментальной деятельности обучающихся, а именно, при использовании системы фронтальных экспериментов и лабораторных работ, которые в программе объединены в общий список ученических практических работ. Определение из указанного перечня лабораторных работ, проводимых для контроля и оценки, осуществляется участниками образовательного процесса исходя из особенностей планирования и оснащения кабинета физики. При этом обеспечивается овладение обучающимися умениями проводить прямые и косвенные измерения, исследования зависимостей физических величин и постановку опытов по проверке предложенных гипотез.

Таким образом, актуальность и своевременность рассматриваемой проблемы связана с необходимостью повышения роли и значимости учебного физического эксперимента с учетом требований современной школы как фактора обновления методики обучения физике. Именно методика обучения физике является основополагающей и интегрирующей дисциплиной в подготовке будущего учителя физики в педагогическом вузе к использованию физического эксперимента в учебном процессе.

Целью настоящего исследования является разработка методических указаний для экспериментального обеспечения курса физики в рамках реализации ФГОС нового поколения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Минпросвещения России от 06.09.2022 № 804 «Об утверждении перечня средств обучения и воспитания, соответствующих современным условиям обучения, необходимых при оснащении общеобразовательных организаций в целях реализации мероприятий государственной программы Российской Федерации «Развитие образования». [Электронный ресурс]. — URL: https://shkolazavetnoe-r64.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/userfiles/aoor/Prikaz_Minprosvescheniya_Rossii_ot_06_09_2022_804_pdf.io.pdf (дата обращения: 10.11.2023).
2. Федеральная рабочая программа основного общего образования. Физика (базовый уровень) (для 7–9 классов образовательных организаций). — Москва, 2023. — 61 с.

3. Федеральная рабочая программа среднего общего образования. Физика (базовый уровень) (для 10–11 классов образовательных организаций). — Москва, 2023. — 58 с.

Нижегородский государственный
педагогический университет
имени Козьмы Минина

Поступила в редакцию 28.12.24.

А. В. ХУДЯКОВА

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ПРОЕКТЫ ПО ФИЗИКЕ КАК ФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ

Рассматриваются особенности организации и содержания учебной практики по модулю учебно–исследовательской и проектной деятельности у студентов 2 курса бакалавриата педагогического образования по профилю «физика». Предложены темы исследовательских проектов по физике, приведен пример оформления результатов: построение графиков в программе *Logger Pro* и расчет погрешностей физического эксперимента.

Ключевые слова: учебная практика, исследовательский проект, исследовательская деятельность, учебный физический эксперимент, подготовка будущего учителя.

Для реализации модели Ядра высшего педагогического образования во все учебные планы подготовки бакалавров включен «Модуль учебно–исследовательской и проектной деятельности» [1]. В рамках данного модуля на 2 курсе в течение одной недели проводится учебная практика. Потенциал данной практики можно использовать для развития исследовательских умений будущих учителей физики.

В первый день практики проводится установочная конференция, на которой студенты выбирают тему исследовательского проекта. Обсуждаются этапы выполнения проекта, требования к постановке и проведению физического эксперимента, оформлению результатов. В качестве объекта исследования предлагаются: чашка кофе, теннисный мяч, воздушный шарик, игрушечная машинка, грифель простого карандаша, лазерная указка, лед, пасхальное яйцо, звуковые волны, мыльный пузырь. Выполнение проектов происходит в парах. Студентам необходимо самостоятельно сформулировать исследовательский вопрос и поставить цель физического эксперимента, определить зависимую и независимую переменные. Например: изучение зависимости электрического сопротивления грифеля простого карандаша от его линейных размеров; изучение зависимости толщины диффузионного слоя на пасхальном яйце от времени варки; изучение зависимости скорости игрушечной машинки от поверхности, по которой она перемещается.

Проведение физического эксперимента происходит во второй день учебной практики. Третий день посвящен обработке результатов эксперимента, построению графиков в программе *Logger Pro* и расчету погрешностей [2]. На рис. 1 представлен пример построения графика зависимости скорости распространения звуковой волны от температуры окружающего воздуха.

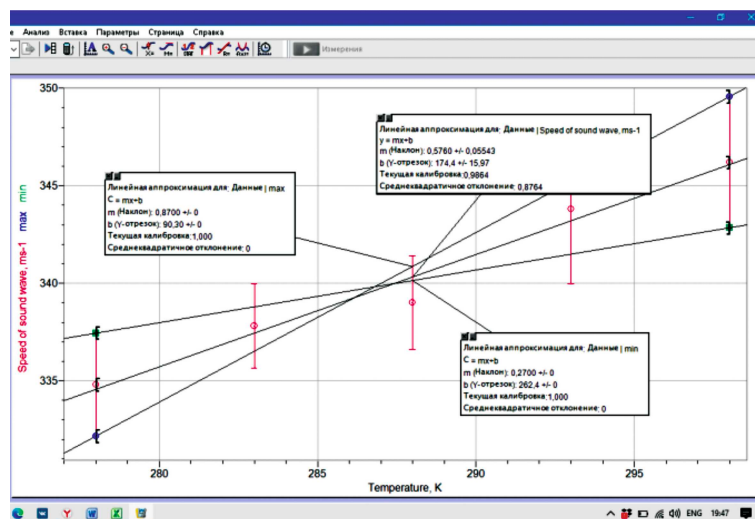


Рис. 1. График зависимости скорости распространения звуковой волны от температуры окружающего воздуха

С помощью графика погрешность проведенного физического эксперимента рассчитывается следующим образом.

$$\text{Best gradient} = 0,576 \frac{\text{м}}{\text{с} \cdot \text{К}}; \text{Max gradient} = 0,870 \frac{\text{м}}{\text{с} \cdot \text{К}}; \text{Min gradient} = 0,270 \frac{\text{м}}{\text{с} \cdot \text{К}}; \Delta \text{gradient} = \frac{0,870 - 0,270}{2} \frac{\text{м}}{\text{с} \cdot \text{К}} = 0,300 \frac{\text{м}}{\text{с} \cdot \text{К}}. \text{ Относительная погрешность } \varepsilon = 0,300/0,576 = 0,52 \text{ (52\%).}$$

В четвертый день учебной практики студенты оформляют отчет по практике и готовят презентацию к защите проекта. На пятый день практики проводится итоговая конференция, на которой происходит защита исследовательских проектов. Критериями оценивания выступают: оригинальность постановки исследовательского вопроса; подробное описание порядка выполнения проекта, цели и переменных; правильное оформление таблицы результатов; корректное построение графика в соответствии с таблицей результатов; формулировка вывода в соответствии с полученными результатами исследования. Студенты анализируют результаты прохождения практики, определяют направления своего профессионального развития.

Представленная форма проведения учебной практики была апробирована в 2023 году со студентами 2 курса физического факультета ПГГПУ и студентами 2 курса физико–математического факультета ТГПУ им. Л.Н.Толстого в рамках программы академической мобильности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по подготовке кадров по программам педагогического бакалавриата на основе единых подходов к их структуре и содержанию («Ядро высшего педагогического образования») [Электронный ресурс]. — URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles/method/Ps_MON_5_203212_151102023.pdf (дата обращения: 09.12.2024).
2. Худякова А.В. Формирование естественнонаучной грамотности обучающихся на уроках физики: Учебно–методическое пособие. — Пермь: ПГГПУ, 2023. — 76 с.

Пермский государственный
гуманитарно–педагогический
университет

Поступила в редакцию 31.12.24.

Е. В. ЧАБАЕВА

РАЗВИТИЕ КОММУНИКАТИВНЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ДЕЙСТВИЙ В ПРОЦЕССЕ ГРУППОВЫХ РАБОТ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ФИЗИКЕ

В статье рассматривается развитие коммуникативных универсальных учебных действий (КУУД) через групповую работу. Анализируются принципы организации заданий и результаты, подтверждающие эффективность данного подхода для формирования навыков взаимодействия учащихся.

Ключевые слова: коммуникативные универсальные учебные действия, групповая работа, развитие КУУД, ФГОС.

Коммуникативные универсальные учебные действия (КУУД) занимают важное место в образовательном процессе, так как они являются основой для успешного взаимодействия учащихся в образовательной, социальной и профессиональной среде. Формирование этих умений способствует не только обучению, но и развитию личности, готовой к эффективному общению и сотрудничеству в быстро меняющемся мире.

Наиболее эффективным способом формирования коммуникативных учебных действий являются групповые работы. В нашем исследовании под групповой работой понимаем форму организации обучения, при котором учащиеся в малых группах (3–5 человек) работают над общим и специфическим заданием учителя при косвенном его руководстве [2].

Коммуникативные учебные действия, которыми должны овладеть учащиеся в период школьного обучения, описаны в Федеральном государственном образовательном стандарте. Выделяются следующие аспекты умений: 1) общение (включают в себя ряд умений, связанных с невербальными и вербальными средствами общения); 2) совместная деятельность (умения, направленные на непосредственный контакт с людьми, работу в команде и группе).

Существует мнение, что коммуникативные действия являются основополагающими в системе универсальных учебных действий, развиваемых учащимися в ходе обучения. Рассмотрев познавательные и регулятивные учебные действия, можно увидеть, что каждый шаг, ведущий к формированию тех или иных умений, непосредственно связан с коммуникацией.

Коммуникативные УУД тесно связаны со всеми остальными УУД. На основе этой связи Вера Владимировна Храмко в своей работе выделяет коммуникативные УУД ведущими и системообразующими в сравнении с остальными УУД [4]. Мы согласны с автором и придерживаемся той же позиции.

Результативный способ развития КУУД — проведение групповых работ на уроках. При этом, работы должны быть составлены с учетом основных принципов. Эстонский ученый Хейно Лийметс разработал принципы групповой учебной работы [1]. Основой этих принципов является фиксированное количество участников группы (3–5 человек) и наличие у каждого из них собственной роли, которая определяет действия учащегося в ходе выполнения задания.

Построение грамотной, продуктивной и комфортной для участников работы в группе требует не только выполнения поставленных принципов и правил. Важной частью проектирования учебного сотрудничества является построение социально–психологической структуры группы.

При построении работы в группе возникает ситуация, когда один и тот же ее член может занимать неодинаковое социальное положение в зависимости от выбранной системы отношений. Для выявления более конкретной характеристики места каждого человека в структуре внутrigрупповых отношений психологи пользуются понятиями «позиция», «статус», «внутренняя установка» и «роль». Помимо перечисленных понятий, социально–психологическую структуру группы так же определяют «композиция» и «каналы коммуникации».

Под каналами коммуникации понимают систему межличностных связей, обеспечивающих взаимодействие и передачу информации от одних членов группы к другим [3].

Анализируя вышесказанные критерии и характеристики, а также опираясь на поставленную в исследовании задачу, нами была составлена следующая схема коммуникации в группе (рис. 1) [5].

Все работы, построенные по данной схеме, имеют практический характер выполнения. Учащиеся делятся на группы по 4 человека. Группа получает общую цель. Каждый ученик получает свою собственную роль, соответственно и собственную цель и задачи. Выполнение каждой частной цели приведет к выполнению общей цели группы. Задания каждого составлены таким образом, что их выполнение возможно лишь путем взаимодействия с другими членами группы.

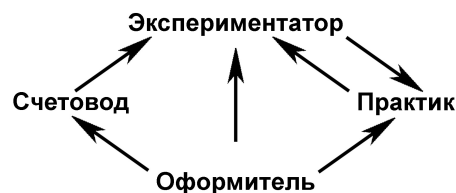


Рис. 1. Схема коммуникации в групповой работе

Нами было разработано 7 групповых практических работ: «Импульс тела» (10 класс), «Изучение динамометра» (7 класс), «Виды двигателей» (8 класс), «Закон Джоуля–Ленца» (8 класс), «Влажность воздуха» (8 класс), «Применение математического и пружинного маятника в технике» (9 класс), «Характеристики собирающей линзы» (9 класс).

Рассмотрим подробнее групповую работу для 8 класса по теме «Влажность воздуха». Основная цель данной работы — определить влажность воздуха в учебном помещении двумя способами (с помощью психометрической таблицы и таблицы влажности по точке росы). Каждому учащемуся выдается своя роль с определенным заданием и целью:

«*Специалист по психрометрам*». Цель: составить сравнительную таблицу различных видов психрометров (информация о них выдается на отдельном листе).

«*Практик*». Учащийся с данной ролью работает с оборудованием. Снимает показания термометров для определения влажности психометрическим способом, а также определяет температуру, при которой содержащийся в воздухе пар становится насыщенным.

«*Счетовод*». Исходя из полученных от «Практика» данных определяет относительную влажность воздуха с помощью психометрической таблицы и таблицы определения влажности воздуха по точке росы. Данная таблица была составлена М. Д. Даммер и представлена в ее учебнике физики для 6 классов.

Также учащемуся выдается задача, по которой необходимо определить влажность воздуха на разных климатических поясах с помощью психометрической таблицы. Полученные данные он переносит на контурную карту, закрашивая климатические пояса и указывая их влажность в условных обозначениях. Это задание выполняется совместно с «практиком».

«*Оформитель*». Задача оформителя грамотно оформить результаты проведенной работы, собрав данные с каждого участника группы, а также сделать вывод о соответствии определенной влажности воздуха нормам СанПиН для учебных помещений.

Проследить формирование коммуникативных учебных действий достаточно непросто. ФГОС распределяет их на две категории. Одна из них описывает все процессы взаимодействия учащихся в группе. Проследить их развитие мы можем при помощи результатов, полученных в ходе выполнения разработанных нами групповых работ.

С увеличением количества работ мы видим улучшение показателей выполнения в данной роли. Это свидетельствует о развитии умения выполнять свою часть работы.

Следующим показателем было выбрано изменение межличностных отношений в группе. Для анализа был использован социометрический опрос, устанавливающий специфику взаимодействия школьников. Перед и после выполнения лабораторной работы учащимся было предложено ответить на 5 вопросов, затрагивающих предпочтения ученика в выборе партнера в своей работе. Из полученных ответов учащихся были составлены таблицы взаимовыборов. Чем больше учащиеся работают вместе, тем больше взаимовыборов они делают.

В ходе исследования был проведен опрос учителей, учащихся и родителей. Цель проведенного анкетирования: определить отношение участников образовательного процесса к проведению групповых работ. Общая картина свидетельствует о том, что учащимся нравится работать в группе, взаимодействовать друг с другом и решать поставленные учебные задачи сообща.

Полученные данные говорят о возможной эффективности использования групповых практических работ на уроках физики.

Развитие коммуникативных умений у детей является одной из приоритетных задач школьного образования. Умение устанавливать контакт с окружающими играет ключевую роль в дальнейшей профессиональной деятельности человека. Наиболее эффективным методом формирования таких умений считается применение групповой работы на уроках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забродина Л. А., Мухина Ю. Р. Психолого–педагогические условия развития коммуникативных универсальных учебных действий у подростков // Азимут научных исследований: педагогика и психология, 2018. — № 4. — С. 309–313.
2. Педагогический словарь: для студентов высш. и сред. пед. учеб. заведений / сост. Г. М. Коджаспирова, А. Ю. Коджаспиров. — М.: Academia, 2005. — 173 с.
3. Франкл В. Человек в поисках смысла: Сборник: Пер. с англ. и нем. / ред. Л. Я. Гозмана и Д. А. Леонтьева; вст. ст. Д. А. Леонтьева. — М.: Прогресс, 1990. — 368 с.
4. Храмко В. В. Развитие универсальных учебных действий у школьников в процессе обучения физике: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Храмко Вера Владимировна. — Екатеринбург, 2021. — 160 с.
5. Чабаяева Е. В. Развитие коммуникативных учебных действий средствами групповой практической работы // Студент года 2022: сборник статей XX Международного научно-исследовательского конкурса. — Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2022. — С. 238–244.

Южно-Уральский государственный
гуманитарно-педагогический
университет

Поступила в редакцию 09.01.25.

НОВЫЕ УЧЕБНЫЕ ОПЫТЫ ПО ФИЗИКЕ

С. М. АНДРЮШЕЧКИН

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ЗВУКОВЫХ ВОЛН

Предлагается, используя специально изготовленный преобразователь «звук — свет», визуализировать интерференцию звуковых волн. Преобразователь также может быть использован при демонстрации других волновых процессов (отражение звука, дифракция звука).

Ключевые слова: демонстрационный эксперимент, преобразователь «звук — свет», визуализация интерференции звуковых волн.

В настоящее время реалии преподавания физики в средней школе таковы, что как никогда актуальны слова известного русского ученого-физика и педагога О. Д. Хвольсона, произнесенные им еще на рубеже XIX и XX веков: «Преподавание физики, в котором эксперимент не составляет основы и краеугольного камня всего изложения, должно быть признано бесполезным и даже вредным, а посему не следует отступать ни перед какими жертвами, которые окажутся необходимыми для достижения правильной постановки экспериментальной части преподавания» [6, с. 403–404].

В качестве примера «экспериментальной части преподавания» рассмотрим, как осуществляют демонстрационный эксперимент по интерференции звуковых волн. В классическом пособии [2] предлагается наблюдать результат интерференции по величине электрического сигнала, даваемого микрофоном, помещаемым в различные точки интерференционного поля звуковых волн, либо демонстрировать интерференцию звуковых волн на слух [2, с. 113–114]. Второй вариант демонстрации — два наушника-головных телефона, подключенные к генератору переменного тока, поворачиваются в сторону аудитории — представляется более предпочтительным. В ходе проведения опыта ученикам предлагают медленно наклонять голову то вправо, то влево. При своем движении они обнаруживают зоны усиления и ослабления звука. Именно такая постановка описана нами в учебнике физики для 9-го класса [1, с. 160].

Благодаря явлению интерференции в трубе, закрытой с одной стороны поршнем, возникают стоячие звуковые волны. Перемещая поршень по трубе, можно измерить расстояние между узлами стоячей волны и в результате определить скорость звука в воздухе. Такого рода лабораторные работы ранее входили в физический практикум в средней школе [5, с. 117–119], часто включаются в лабораторный практикум по общей физике для студентов технических вузов (например, [4, с. 66–69]).

Наглядность демонстрации интерференции звуковых волн можно существенно повысить, используя идею У. Кока, изложенную им в книге «Видимый звук» [3]. С использованием современной элементной базы (конденсаторный микрофон, операционный усилитель, светодиод) изготавливается преобразователь «звук — свет» (преобразователь был изготовлен Ю. А. Пироженом, г. Омск; принципиальная схема и технические характеристики преобразователя приведены на сайте *fizika-as.ru*). Прозрачную трубу подходящего диаметра располагают вертикально. В верхней части трубу перекрывают подвижным поршнем, а у нижнего конца трубы устанавливают наушник-головной телефон, подключенный к источнику переменного тока — генератору звуковой частоты. Через прорезь в диске вовнутрь трубы вводят на длинном гибком проводе питания конденсаторный микрофон и светодиод — элементы преобразователя «звук — свет». Подав от генератора напряжение на наушник, получают в трубе стоячие звуковые волны. Перемещая микрофон в трубе, наблюдают периодическое усиление и ослабление свечения светодиода, тем самым «визуализируя» узлы и пучности стоячей волны, являющейся результатом интерференции звуковых волн — излученной наушником и отраженной от поршня. Используя разработанный преобразователь, можно также продемонстрировать явление отражения и явление дифракции звуковых волн. Стоимость комплекта радиодеталей, необходимых для изготовления преобразователя, невелика (2500–3000 рублей). По нашему мнению, это позволяет, с учетом существенного дидактического эффекта такого рода варианта демонстрации волновых явлений, присущих звуковым волнам, рекомендовать преобразователь «звук — свет» к включению в перечень типового оборудования кабинета физики средней школы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрияшечкин С. М. Физика. 9 класс: учебник. — М.: Баласс, 2013. — 319 с.
2. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе: Пособие для учителей / В. А. Буров, Б. С. Зворыкин, А. П. Кузьмин и др.; Под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1979. — (Б-ка учителя физики). — Ч. 2. Колебания и волны. Оптика. Физика атома. — 287 с.
3. Кок У. Е. Видимый звук. Пер. с англ. Г. И. Кузнецова. Послесл. С. Б. Гуревича. — М.: «Мир», 1974. — 124 с.
4. Лабораторный практикум курса общей физики. Разделы «Колебания и волны», «Молекулярная физика»: Учебное пособие / под ред. В. А. Шиловой. — М: НИЯУ МИФИ, 2022. — 344 с. (С. 66–69).

5. Практикум по физике в средней школе: Дидакт. материал / В. А. Буров, Ю. И. Дик, Б. С. Зворыкин и др.; Под. ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1982. — 192 с.
6. Труды высочайше учрежденной комиссии по вопросу об улучшениях в средней общеобразовательной школе. Вып. I. Журналы комиссии. — СПб., 1900. — 422 с.

Москва

Поступила в редакцию 30.12.24.

И. Д. БОРОДИН, Д. О. КАСКОВ, Р. Д. КЛЮЧНИКОВ,
Ф. А. СИДОРЕНКО

ВОДЯНАЯ РАКЕТА

В рамках задач турнира ТЮФ–2025 изготовлена водяная ракета и акселерометр. Проведены измерения ускорения ракеты при старте для различных начальных параметров. Данные эксперимента сопоставлены с численным решением уравнения Мещерского.

Ключевые слова: ТЮФ, водяная ракета, истечение жидкости, уравнение Мещерского, плата Arduino.

Задание № 14 Турнира Юных Физиков (ТЮФ–2025 [1]) сформулировано так: «Накачайте воздух в пластиковую бутылку, частично заполненную водой. При определенных условиях бутылка запускается и взлетает. Исследуйте, как ускорение на взлете зависит от соответствующих параметров».

После проработки учащимся стандартного учебного материала и соответствующей методической литературы была сконструирована экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 1. Далее был сделан акселерометр на основе платы Arduino [2]. При помощи датчика было измерено ускорение ракеты во время старта в зависимости от времени для разных начальных условий (рис. 2). Экспериментальные значения сопоставлены с расчетными данными, полученными в упрощенной модели.

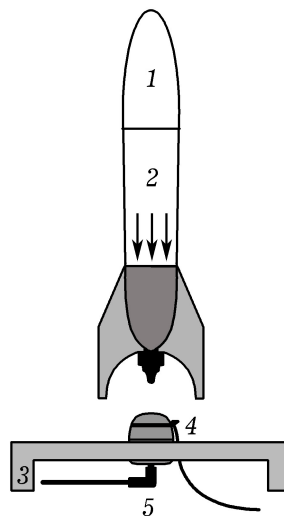


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — отсек ракеты с акселерометром; 2 — бак ракеты; 3 — платформа; 4 — пусковой механизм; 5 — шланг насоса

Расчет проводился численным решением уравнения Мещерского с использованием итераций. Модель учитывает адиабатическое расширение воздуха в баке ракеты, потери напора связанные с истечением жидкости из сопла и изменение массы ракеты в полете [3, 4].

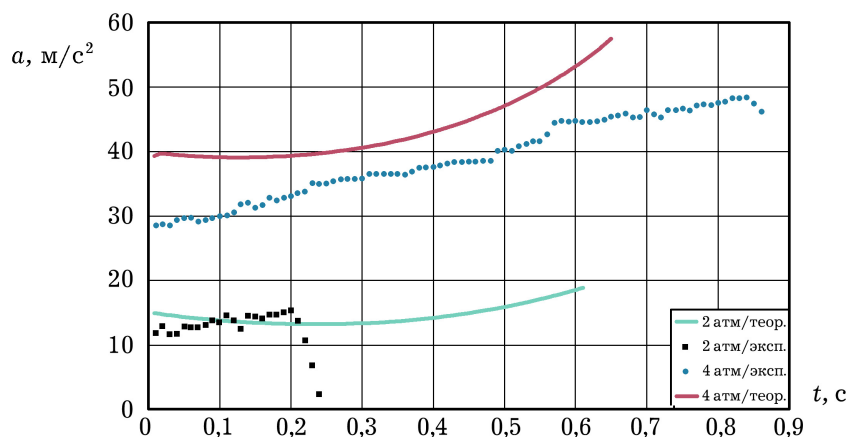


Рис. 2. Зависимость ускорения ракеты от времени при старте для одного объема воды (0,5 л) и разных давлений

Относительная погрешность измерений ускорения составляет, примерно, десяток процентов, и соответствие расчетных значений экспериментально установленным можно считать удовлетворительным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Турнир Юных Физиков. — URL: <https://iypt.ru/category> (дата обращения 01.11.2024).
2. Измерение ускорения (уроки, Arduino). — URL: <https://electromicro.ru/resources/wiki/arduino-lessons/arduino-lessons-accelerometer/> (дата обращения: 10.11.2024).
3. Харламов С. Н. Избранные главы к курсу лекций «Основы гидравлики». — 2009.
4. Мещерский И. В., Космодемьянский А. А. Работы по механике тел переменной массы. — Гостехтеориздат, 1949.

МАОУ Лицей 130, Екатеринбург;
Уральский федеральный
университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина

Поступила в редакцию 28.12.24.

И. Ю. БУТУСОВ

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СУПЕРПОЗИЦИИ СИЛ

Предлагается интересный учебный эксперимент по проверке закона векторного сложения сил.

Ключевые слова: учебный эксперимент, суперпозиция сил, статическое равновесие.

При изучении темы «Механика» вводится понятие «суперпозиция сил», то есть силы складываются как вектора с учетом их численного значения и направлений. Предлагается простой эксперимент, демонстрирующий векторное сложение сил.

Схема эксперимента приведена на рис. 1. Два из трех грузов 1, 2, 3 связаны нитью, концы нити перекинута через блоки 1', 2', блок 3' катается по нити. К концам нити подвешены грузы 1 и 2, груз 3 подвешен к блоку 3'. Грузы имеют массы m_1 , m_2 , m_3 и создают силы натяжения T_1 , T_2 , T_3 .

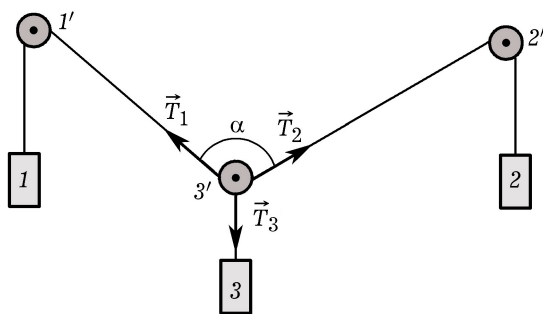


Рис. 1. Сложения сил натяжения от трех грузов

Так как векторная сумма трех сил равна нулю, то система находится в статическом равновесии. Для расчетов силы складываются по правилу косинусов [1]:

$$T_3^2 = T_1^2 + T_2^2 + 2T_1T_2 \cos \alpha, \quad (1)$$

либо через массы грузов (1), (2), (3):

$$m_3^2 = m_1^2 + m_2^2 + 2m_1m_2 \cos \alpha. \quad (2)$$

Таким образом, можно проверить законы сложения сил, зная массы грузов m_1 , m_2 , m_3 и измерив транспортиром угол α между нитями, идущими к грузам 1 и 2.

При отсутствии блоков нить, предварительно смазав парафином свечи для лучшего скольжения, можно просто перекинуть через вбитые в вертикальную доску тонкие гвозди, а третий груз подвесить на крючке из тонкой проволоки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова Т. И. Курс физики: учебное пособие для инженерно-технических специальностей высших учебных заведений. М.: Академия, 2017. — 557 с.

Воронежский государственный
аграрный университет
имени императора Петра I

Поступила в редакцию 23.12.24.

Н. Б. БУТКО, С. П. СТЕПИНА, Е. А. КОЗУСЬ, А. Н. РОМАНОВА

УСЛОВИЯ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДА СТОКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Представлена лабораторная работа, целью которой является определение условий применимости метода Стокса и нахождение подходящих параметров для проведения эксперимента. Полученные результаты хорошо согласуются с теорией.

Ключевые слова: физический практикум, вязкость, метод Стокса, коэффициент внутреннего трения.

Одной из наиболее важных характеристик любой жидкости является ее вязкость. В курсе лабораторного практикума по механике есть лабораторная работа, в которой определяется коэффициент внутреннего трения (вязкости) жидкости по методу Стокса [1]. В лабораторных работах даются точные указания по измерению пути движения сферического тела на определенных участках, как правило, обозначенных специальными метками, которые показывают, где происходит установившееся равномерное движение тела. В работе [2] исследовалось изменение скорости шарика, характерное время достижения шариком предельной скорости и расстояние, после прохождения которого устанавливается стационарный режим.

Целью данной работы является определение условий применимости метода Стокса и нахождение наиболее подходящих параметров для проведения эксперимента. Метод Стокса применим для ньютоновской жидкости, вязкость которой должна оставаться неизменной во время эксперимента. В качестве такой жидкости обычно используют глицерин. Так как температура плавления глицерина $T_{пл} = 17,9^\circ\text{C}$, то лучше использовать глицерин при комнатной температуре. Важное значение

при проведения эксперимента по методу Стокса имеют форма и размер тел. Тела, падающие в жидкости, должны быть сферическими и иметь малый размер относительно размеров сосуда, чтобы минимизировать влияние стенок на скорость движения.

В эксперименте измеряют скорость шарика, падающего вдоль оси цилиндрического сосуда. При падении шарика в жидкости на него действуют сила тяжести, выталкивающая сила и сила внутреннего трения, определяемая для стационарных потоков как $F_c = 6\pi r\eta v$, где r — радиус шарика, η — коэффициент вязкости среды, v — скорость шарика. При начальной скорости $v_0 = 0$, можно получить следующую зависимость скорости движения шарика v от времени t [3]:

$$v = v_{\text{уст}} \cdot (1 - e^{-\beta t/m}), \quad v_{\text{уст}} = \frac{2}{9} \cdot \frac{\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{ж}}}{\eta} gr^2, \quad (1)$$

где $v_{\text{уст}}$ — установившаяся скорость стационарного движения, $\beta = 6\pi r\eta$ — коэффициент сопротивления среды ($\rho_{\text{ш}}$ и $\rho_{\text{ж}}$ — плотности шарика и жидкости, соответственно). Коэффициент вязкости η жидкости обычно определяют по формуле

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{ж}}}{v} gr^2. \quad (2)$$

Для учета влияния стенок сосуда радиусом R и высотой H в формулу (2) вносятся поправки Ладенбурга [1]:

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{ж}}}{v(1 + 2,4r/R)(1 + 3,3r/H)} gr^2. \quad (3)$$

В наших экспериментах использовался стеклянный сосуд диаметром $D = 3,6$ см и высотой $H = 27$ см с глицерином плотностью $1,26$ г/см³ и металлические шарики диаметром $d = 2,0 \div 4,5$ мм плотностью $7,812$ г/см³. Шарики с помощью пинцета погружались в глицерин на глубину 2 см, а затем отпускались с нулевой начальной скоростью. Движение шарика снималось на камеру с частотой съемки $\nu = 30$ Гц. Обработка данных проводилась с использованием видеоредактора *VSDC Video Editor*. Измерения скорости производились при $T = 22^\circ\text{C}$.

На рис. 1 представлены графики зависимости скорости от времени $v(t)$ для нескольких шариков разных диаметров. Пунктирной линией обозначены зависимости $v(t)$, посчитанные по формуле (1) для теоретического значения вязкости при данной температуре $\eta = 12,5$ Пуаз, взятой из справочных данных [4].

Из графиков видно, что стационарный режим при данной температуре устанавливается примерно через $3\text{--}4$ с после начала движения. Скорость стационарного движения растет с увеличением диаметра шариков. Вязкость глицерина, рассчитанная по данным для шарика диаметра $3,5$ мм по формуле (2), наиболее близка к теоретическому значению. Относительная погрешность составляет всего $0,4\%$. Для шариков

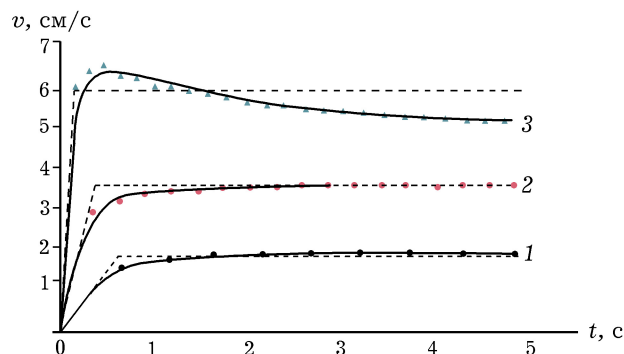


Рис. 1. Зависимость $v(t)$: 1 — $d = 2,5$ мм; 2 — $d = 3,5$ мм; 3 — $d = 4,5$ мм

с диаметрами $2 \div 3$ мм относительная ошибка составляет не более 6%. В этом случае отношение $r/R < 0,09$ поэтому для расчета вязкости не использовались поправки Ладенбурга. Для шариков большего размера, у которых $r/R \geq 0,1$, для вычисления вязкости пользовались формулой (3). В этом случае ошибка составила не более 1%.

Полученные в данной лабораторной работе результаты хорошо согласуются с теорией [4]. Подбор шариков определенных размеров и нахождение скорости стационарного движения позволяют скорректировать условия для проведения лабораторной работы по определению вязкости по методу Стокса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физический практикум. Механика и молекулярная физика / под ред. В. И. Ивероновой. — М.: Наука, 1967.
2. Бутко Н. Б., Степина С. П. Изучение движения тел в вязкой среде при малых скоростях // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 40. — М.: ИСПО РАО, 2024. — С. 55–57.
3. Стрелков С. П. Механика. — М.: Лань, 2019.
4. «Физические величины». Справочник под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. — М.: Энергоатомиздат, 1991.

Российский университет
дружбы народов имени
Патриса Лумумбы, г. Москва

Поступила в редакцию 19.12.24.

Ф. И. ВЫБОРНОВ

**ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ
ЗЕМЛИ В ЛАБОРАТОРНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ ВОЛЖСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ВОДНОГО
ТРАНСПОРТА**

Для измерения напряженности электрического поля Земли в лабораторном курсе физики созданы макеты электростатического флюксметра с плоскими электродами и динамического вибрационного преобразователя.

Ключевые слова: лабораторный эксперимент, напряженность электрического поля, флюксметр, динамический вибрационный преобразователь.

В исследованиях атмосферного электрического поля широкое распространение получил электростатический флюксметр с плоскими электродами. В его конструкции имеются неподвижная пластина (чувствительный электрод) и подвижная (вращающаяся) экранирующая пластина, заземленная через скользящее соединение. Подвижная пластина выполнена в виде диска с вырезами, которые соответствуют секторам неподвижной пластины. Сигнал с чувствительного электрода подается на вход усилителя. При вращении подвижной пластины секторы чувствительного электрода периодически экранируются в исследуемом электрическом поле, происходит его модуляция и через входные цепи усилителя течет переменный ток. Теория флюксметра подробно рассмотрена в работе [1]. При создании макета флюксметра использовались готовые узлы механических устройств. Измерения проводятся с использованием цифрового измерительного прибора В7–22А. Калибровка флюксметра проводится с помощью дополнительных металлических пластин, образующих плоский конденсатор. На него с регулируемого блока питания подается необходимое напряжение.

В лаборатории кафедры физики Волжского государственного университета водного транспорта (ВГУВТ) ранее использовался для измерений напряженности электрического поля Земли динамический преобразователь вибрационного типа. В последнее время появилась необходимость его замены. Мы использовали конструктивный вариант со струнным модулирующим электродом [2]. Механические и электронные узлы были по нашей просьбе выполнены в Научно-исследовательском радиофизическом институте Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского. Калибровка струнного динамического преобразователя проводится аналогично флюксметру с плоскими электродами.

Предполагается, что данные приборы будут использоваться не только в лабораторном курсе физики студентов первого–второго курсов технических специальностей ВГУВТ, но и для проведения учебно-исследовательских работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Имянитов И. М. Приборы и методы для изучения электричества атмосферы. — М.: ГИТТЛ, 1957. — 483 с.
2. Струминский В. М., Татаринов С. П. Струнный электростатический флюксметр. В сб. — Л.: Госкомгидромет, 1984. — С. 72–74.

Волжский государственный
университет водного транспорта

Поступила в редакцию 31.12.24.

А. В. ДОЛЖЕНКО, Е. И. ВАРАКСИНА, В. В. МАЙЕР

**ПРОСТЕЙШАЯ НАТУРНАЯ МОДЕЛЬ СЕРДЦА ДЛЯ
ШКОЛЬНЫХ ДЕМОСТРАЦИОННЫХ ОПЫТОВ**

Разработана простейшая натурная модель для наглядной демонстрации работы левой половины сердца человека. Модель доступна для самостоятельной сборки и исследования учащимися даже основной школы в проектной деятельности.

Ключевые слова: сердце человека, натурная модель, демонстрация работы, проектная деятельность.

Теоретическая модель сердца, разработанная еще в 1899 году О. Франком, построена следующим образом: 1) все крупные сосуды заменены отрезком эластичной трубы, давление в котором пропорционально его объему; 2) все мелкие сосуды моделируются жесткой трубкой; 3) жесткость всех сосудов и сопротивление движению крови по ним не зависят от длины сосудов и времени [1, с. 345–346]. Достоинство модели Франка в том, что она позволяет доступными для обучающихся средствами математики определить зависимость давления в крупных сосудах от времени. Недостаток ее в том, что эта модель не обеспечивает создание наглядно-чувственного образа работы основных отделов сердца по перекачиванию крови по замкнутому кругу.

Мы предлагаем натурную гемодинамическую модель левой половины сердца, фотография которой приведена на рис. 1. За ее основу взята модель поршневого жидкостного насоса, изучаемого в курсе физики 7 класса [2, с. 117–121]. Левое предсердие и левый желудочек сердца смоделированы двумя одинаковыми одноразовыми пластиковыми шприцами 3 и 5 объемом 60 мл, подыгольчатые конусы которых расположены по центру их корпусов. Отверстия изнутри шприцов перекрывают свободно лежащие на конусных углублениях стеклянные шарики диаметром 14 мм, которые выполняют функцию шаровых клапанов 2 и 4. Аортальный клапан смоделирован отрезком эластичной резиновой трубки 6, которая при падении давления в аорте 7 пережимается атмосферным давлением.

Описанную модель могут собрать и исследовать учащиеся основной школы в процессе внеурочной проектной деятельности с целью последующего использования на уроках физики и биологии [3, с. 115–120].

Демонстрацию работы сердца [4, с. 36–42] проводят следующим образом. Поднимают поршень шприца 3 (диастола) и показывают, что из легких обогащенная кислородом кровь по легочной вене 1 через устье 2 поступает в левое предсердие 3. Это предсердие силиконовой трубкой связано с расположенным на входе левого желудочка створчатым клапаном 4. Опускают поршень шприца 3 (систола предсердия) и одновременно поднимают поршень шприца 5 (диастола желудочка). Через клапан 4 кровь поступает в желудочек 5. При сокращении желудочка (систола желудочка) кровь через аортальный клапан 6 выбрасывается в аорту 7.

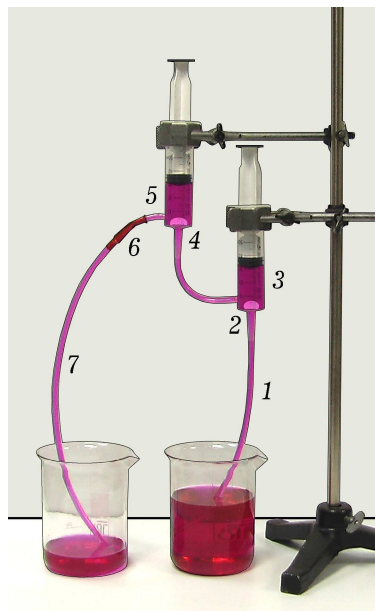


Рис. 1. Демонстрационная модель левой части сердца

Наблюдая или проводя демонстрационные опыты, обучающиеся воочию убеждаются в необходимости строгой синхронизации работы предсердия и желудочка.

Исследование выполнено на базе ФИП «Школа учебного физического эксперимента» по проекту «Методология создания и внедрения современных учебных физических приборов и опытов для урочной и внеурочной деятельности по физике в средней школе и в педагогическом вузе» (XUIA-2024-0030) при финансовой поддержке Министерства просвещения РФ в рамках госзадания, № НИОКТР 1023040600021-1-5.3.1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов В. Ф., Козлова Е. К., Черныш А. М. Физика и биофизика: учебник. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. — 472 с.
2. Вараксина Е. И., Майер В. В. Учебные проекты по школьному физическому эксперименту: 7 класс. Дидактические ресурсы проектной деятельности — М.: Флинта, 2019. — 172 с.
3. Сивоглазов В. И., Каменский А. А., Сарычева Н. Ю. Биология. 8 класс: учеб. для общеобразоват. организаций. — М.: Просвещение, 2021. — 240 с.
4. Барабанов С. В. и др. Физиология сердца: Учебное пособие / Под редакцией академика РАМН Б. И. Ткаченко. — СПб.: «Специальная Литература», 1998. — 128 с.

Глазовский государственный
инженерно-педагогический
университет имени В. Г. Короленко

Поступила в редакцию 24.12.24.

И. Г. КИРИН

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗУЧЕНИЕ ВЫНУЖДЕННОГО ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩЕГО ПРИ ДВУХФОТОННОМ РЕЗОНАНСНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ АТОМАРНЫХ ПАРОВ КАЛИЯ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ»

Описывается разработанная лабораторная работа, предназначенная для изучения вынужденного инфракрасного излучения, возникающего при двухфотонном резонансном возбуждении атомарных паров щелочных металлов лазерным излучением.

Ключевые слова: атомарные пары щелочных металлов, вырожденная накачка лазерным излучением, генерация когерентного инфракрасного излучения.

В лабораторной работе исследуется процесс генерации направленного инфракрасного излучения (ИК), возникающего при двухфотонном резонансном возбуждении вырожденной накачкой атомарных паров щелочных металлов.

Изучаемый процесс генерации осуществляется по трехуровневой схеме. В этой схеме нижним уровнем является нижний S уровень, верхним уровнем — более высокий S уровень атомов щелочных металлов. Верхний уровень заселяется за счет двухфотонного перехода вырожденной накачкой с нижнего S . Процесс генерации происходит между верхним S и ближайшим к нему P уровнем [1, 2].

Исследуемое вынужденное ИК излучение носит характер сверхизлучения и возникает в результате усиления теплового излучения. Для этого необходимо на длине нелинейной среды l обеспечить достаточно большое усиление — $gl \geq 10$. Коэффициент усиления g можно вычислить по формуле [2, 3]:

$$g = \frac{16\pi^2 |d_{ik}|^2 \nu_{ik}}{3c\hbar \Delta\nu_{ik}} \Delta N_{ik},$$

где ν_{ik} — частота ИК перехода, $\Delta\nu_{ik}$ — ширина линии генерируемого ИК излучения; ΔN_{ik} — разность населенностей на переходе $i \rightarrow k$, $|d_{ik}|$ — матричный элемент дипольного момента перехода $i \rightarrow k$. Так как время поперечной и продольной релаксации T_1 и $T_2 \sim 10^{-7}$ с, а $\tau_{им} \sim 10^{-8}$ с, то для вычисления разности населенностей можно воспользоваться адиабатическим приближением. В этом случае выражение для пороговой интенсивности накачки можно представить в виде [2]:

$$I_{\text{пор}} = \sqrt{\frac{15ch\Delta\nu_{ik}\delta^2}{16\pi^4 |d_{ik}|^2 \nu_{ik} r^2 N l}},$$

где r — составной матричный элемент двухфотонного перехода, N — число атомов в единице объема, δ — ширина линии лазерного излучения.

В лабораторной работе исследования проводились на атомарных парах калия К.

Для получения паров К была использована металлическая кювета, позволяющая менять давление в широких пределах: от 0 до 100 Тор. Источником возбуждающего излучения служил импульсный лазер на красителе. Мощность лазера достигала ~ 1 МВт, длительность импульса ~ 35 нс, ширина линии генерации составляла $0,4 \text{ см}^{-1}$, область перестрой частоты перекрывала диапазон $13980 \div 12660 \text{ см}^{-1}$ с использованием красителей 4568 и 341, растворенных в этаноле (аналогичный использовался в работах [4, 5] и подробно описан в работе [6]).

В процессе выполнения лабораторной работы излучение лазера настраивается на частоту двухфотонного перехода $4S_{1/2} - 6S_{1/2}$; проводится анализ спектра инфракрасного излучения паров К с частотами $2730,45 \text{ см}^{-1}$ и 2678 см^{-1} , возникающего на переходах $6S_{1/2} - 5P_{1/2}$ и $6S_{1/2} - 5P_{3/2}$; определяется диапазон давлений паров, в пределах которого это излучение наблюдается; определяется максимальная мощность этого излучения на каждой из его частот. Для давлений паров соответствующих максимальной мощности ИК излучения, для каждой из его частот определяются соответствующие минимальные интенсивности накачки (пороги возникновения). Далее измеренные пороговые значения интенсивности накачки сравниваются с теоретическими значениями, вычисленными по приведенной выше формуле.

В качестве приемника ИК излучения в составе лабораторной установки применялось фотосопротивление ФСГ-22-3А на основе германия, легированного золотом, обладающего высокой чувствительностью и малой постоянной времени ($\sim 10^{-7}$ с). Фотосопротивление включалось в цепь, собранную по схеме делителя напряжения. Подробное описание этой системы регистрации ИК излучения используемой в лабораторной установке содержится в [3].

Лабораторная работа может быть использована в университетах, в курсе нелинейной оптики для специальности «Физика».

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахрамов С. А., Илькова Л. Ш., Кирин И. Г., Хабибуллаев П. К. ИК лазеры на парах металлов // Тезисы докладов на II Всесоюзной конференции «Оптика лазеров» (Ленинград, 4–6 января), 1980. — С. 110.
2. Кирин И. Г. Генерация когерентного инфракрасного излучения в атомарных парах калия // Международный научный журнал «Символ науки». — 2017. — № 02–2. — С. 70–72.
3. Кирин И. Г. Четырехфотонная параметрическая суперлюминесценция: монография. — Оренбург: ОГУ, 2018. — 115 с.
4. Кирин И. Г. Лабораторная работа «Изучение самоискривления пучков лазерного излучения в условиях двухфотонного резонанса возбуждения атомарных паров калия» // Проблемы учебного физического эксперимента:

Сборник научных трудов. Выпуск 40. — М.: ИСРО РАО, 2024. — С. 71–73.

5. Кирин И. Г. Лабораторная работа «Изучение самофокусировки в условиях двухфотонного резонанса» // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 38. — М.: ИСРО РАО, 2023. — С. 70–72.
6. Кирин И. Г. Лабораторная работа «Изучение многофотонной ионизации в условиях резонансного возбуждения атомарных паров» // Учебная физика. — 2024. — № 3. — С. 31–41.

Оренбургский государственный
университет

Поступила в редакцию 21.12.24.

А. П. КОВАЛЕНКО, С. В. СИМУКОВА, В. А. СИМУКОВА

ДЕМОНСТРАЦИЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ АМПЛИТУДНО–МОДУЛИРОВАННЫХ КОЛЕБАНИЙ

В статье описан эксперимент для демонстрации детектирования амплитудно–модулированных колебаний.

Ключевые слова: амплитудная модуляция, демодуляция, полупроводниковый диод, детектор.

В настоящее время изучение детектирования амплитудно–модулированного (далее АМ) сигнала в общеобразовательном курсе физики не теряет своей актуальности.

Изучение модуляции и детектирования (демодуляции) способствует формированию представления о составе различных электрических сигналов, о способах их преобразования и использовании в технике.

При детектировании АМ колебания происходит преобразование («обогащение») спектра входного напряжения и фильтрация колебаний определенных частот. Для обогащения спектра сигнала используются нелинейные элементы, в качестве фильтра удобно использовать низкочастотный RC –фильтр.

Очевидно, что прежде чем приступить к детектированию АМ колебаний, обучающимся необходимо рассмотреть большое количество теоретического материала, как из области физики, так и из области математики. Они должны усвоить не только способ получения АМ сигналов, но и принцип работы полупроводникового диода, зарядно–разрядные процессы в цепи с конденсатором, особенности подключения конденсатора в цепь переменного тока. Важно понимать сущность процессов преобразования и фильтрации напряжений различной формы, уметь использовать тригонометрические формулы для их описания.

Использование тригонометрических формул, описывающих входной и обогащенный сигналы, является необходимым элементом, способствующим пониманию процесса детектирования.

Рассмотрим учебный эксперимент для демонстрации детектирования однонального амплитудно-модулированного колебания.

На рис. 1.1 представлена структурная схема детектора, на рис. 1.2 — принципиальная схема электрической цепи простейшего детектора.

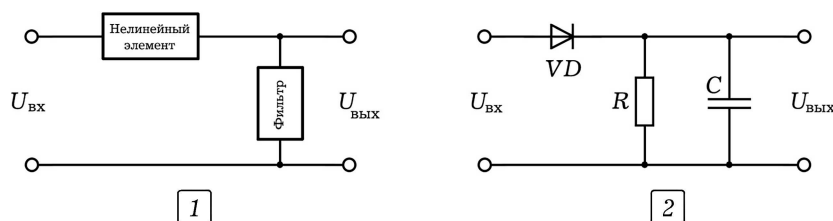


Рис. 1. Детектор: 1 — структурная схема; 2 — принципиальная схема электрической цепи простейшего детектора

Выходное напряжение снимается с резистора нагрузки R . На вход детектора подается однональный АМ сигнал, содержащий три высокочастотные составляющие: ω , $\omega - \Omega$ и $\omega + \Omega$, где Ω — частота сигнала сообщения, ω — несущая частота. На выходе детектора должно быть получено колебание низкой частоты Ω , не содержащееся в спектре входного сигнала. Следовательно, возникает необходимость преобразования входного сигнала таким образом, чтобы в его составе появилась частота Ω . Для данного преобразования используют нелинейный элемент, например, полупроводниковый диод VD . Для выделения частоты Ω из всего спектра частот выходного напряжения используется низкочастотный RC -фильтр.

Составляющие тока на частотах ω и $\omega \pm \Omega$ не должны создавать падения напряжения на нагрузке, поэтому емкость C подбирается так, что $1/\omega C \ll R$. С другой стороны, чтобы на нагрузке выделилось колебание низкой частоты Ω , емкость C не должна шунтировать сопротивление R на данной частоте, то есть $1/\Omega C \gg R$. Поэтому, величины R и C должны удовлетворять условию: $1/\omega C \ll R \ll 1/\Omega C$ или $1/\omega \ll RC \ll 1/\Omega$.

Для изучения детектирования нами используется детектор, собранный по схеме электрической цепи, представленной на рис. 2. На вход детектора подключается источник АМ сигнала. Схема представленной цепи содержит следующие элементы: диод Д18, резистор нагрузки R сопротивлением 6,2 кОм. Ключ K позволяет выбрать конденсатор фильтра $C1$ или $C2$. В данной цепи емкость конденсатора фильтра $C1$ составляет 0,5 мкФ, а емкость конденсатора фильтра $C2$ — 0,1 мкФ. По сравнению со схемой цепи, приведенной на рис. 1.2, используемая цепь дополнена высокочастотным фильтром входного напряжения с

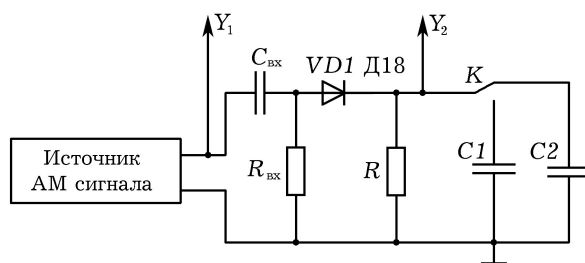


Рис. 2. Принципиальная схема электрической цепи детектора АМ колебаний

конденсатором $C_{вх}$ емкостью 0,5 мкФ и резистором $R_{вх}$ сопротивлением 6,2 кОм.

Колебания на входе и выходе детектора наблюдаются с помощью двухлучевого осциллографа, например, GOS-620.

Изменение емкости конденсатора фильтра позволяет оценить влияние величины емкости на качество детектирования — определить коэффициент передачи детектора и продемонстрировать изменение коэффициента нелинейных искажений.

В результате изучения детектирования в общеобразовательном курсе физики обучающиеся усваивают большой объем новых теоретических знаний. Они знакомятся с практическим использованием диодов и соединений резистора и конденсатора (RC -цепью) в технически значимых устройствах, совершенствуют свои экспериментальные умения, убеждаются в тесной межпредметной связи физики и математики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балахший В. И., Белов А. А. Амплитудное детектирование. Методическая разработка к одноименной задаче «Практикума колебаний» кафедры физики колебаний. — М.: Изд. физического факультета МГУ, 2006. — 19 с.
2. Гершензон Е. М. Полянина Г. Д., Соина Н. В. Радиотехника: Учеб. пособие для ст-в физ.-мат. фак. пед. ин-тов. — М.: Просвещение, 1986. — 319 с.
3. Касьянов В. А. Физика. 11 кл.: учебник. — М.: Дрофа, 2019. — 463 с.
4. Коваленко А. П., Симукова С. В., Симукова В. А. Демонстрация амплитудно-модулированных колебаний // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 40. — М.: ИСПО РАО, 2024. — С. 73–76.
5. Сурков П. А. Преобразование электрических сигналов в цепях с диодом // Сборник тезисов XVII Всероссийской заочной научно-практической конференции «Глобальные проблемы современности». — Тверь, 2023.

Брянский государственный
университет имени академика
И. Г. Петровского

Поступила в редакцию 22.12.24.

Ю. А. КОРНЕВ, Е. И. ВАРАКСИНА, В. В. МАЙЕР

ШКОЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБОСНОВАНИЯ ЗАКОНА КУЛОНА

Приведены результаты дидактического исследования школьной демонстрационной установки для экспериментального обоснования закона Кулона.

Ключевые слова: закон Кулона, экспериментальное обоснование, учебная установка, дидактическое исследование.

Для экспериментального обоснования закона Кулона нужно в натуральных опытах доказать, что силы $\vec{f}_{12}$ и $\vec{f}_{21}$ взаимодействия находящихся в воздухе на расстоянии r двух близких к точечным зарядов q_1 и q_2 : 1) имеют равные модули $f_{12} = f_{21} = f$ и направлены в противоположные стороны; 2) пропорциональны каждому из зарядов, следовательно, и их произведению $f \sim q_1 q_2$; 3) обратно пропорциональны квадрату расстояния между зарядами $f \sim 1/r^2$.

Первое положение обосновано третьим законом Ньютона и простейшими электростатическими опытами, показывающими, что одноименные заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются. Для обоснования двух оставшихся положений необходимы приборы для измерения силы электростатического взаимодействия зарядов и расстояния между зарядами.

В учебных опытах расстояние обычно измеряют линейкой. Поэтому измеритель силы желательно снабдить такой же линейкой, ориентированной параллельно первой. Именно так расположены шкалы в демонстрационной установке для количественного изучения закона Кулона (рис. 1). Основой установки служат *весы неравноплечие чувствительные* [1, с. 65–66], которые были разработаны и выпускались промышленностью еще в советский период, но до сих пор сохранились во многих учебных заведениях.

Исследование дидактических возможностей обсуждаемой установки позволило выявить ее основные недостатки.

- **С точки зрения учителя:** установка требует проверки и налаживания перед уроком; при измерениях силы Кулона учителю нужно сосредоточиться на аккуратном перемещении рейтера по стрелке–рычагу; на уроке обоснование необходимости доказательства закона Кулона, объяснение принципа действия чувствительных весов и выполнение нескольких демонстрационных опытов требует немалого времени, которое с большей пользой можно потратить, решая задачи на закон Кулона.

- **С точки зрения учащихся:** не понятно, как чувствительные весы измеряют силу Кулона, действующую на заряженный шарик; не видно,

как учитель по стрелке перемещает рейтер; слишком долго стрелка колеблется, устанавливаясь в положение равновесия; пропорциональность силы Кулона зарядам $f \sim q_1 q_2$ и величине, обратной квадрату расстояния между ними $f \sim 1/r^2$, получается с большой погрешностью; в целом экспериментальное доказательство справедливости закона Кулона не убедительно.

● **С точки зрения методиста:** измерение силы занимает большое время, так как после каждого перемещения рейтера стрелка долго успокаивается; чтобы уравновесить весы, таких перемещений должно быть несколько, поэтому процесс измерения выглядит подгонкой под заранее известный результат; для обоснования закона Кулона силу взаимодействия зарядов нужно измерить в двух сериях демонстрационных опытов по крайней мере четыре раза, а это сделать в условиях непрерывной утки зарядов с шариков довольно проблематично.

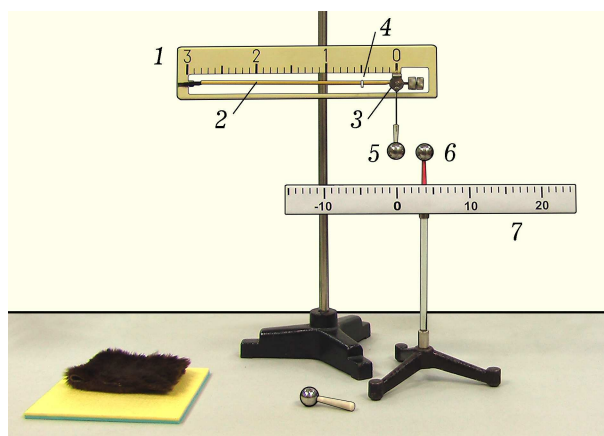


Рис. 1. Установка для демонстрации закона Кулона: 1 — рамка со шкалой, отградуированной в сантиметрах; 2 — стрелка-рычаг с противовесом; 3 — ось качания с барабаном; 4 — рейтер (грузик); 5 и 6 — металлизированные шарики на изолирующих стойках; 7 — линейка с сантиметровыми делениями

Мы обнаружили, что время измерения силы Кулона сократится, а его точность увеличится, если вначале устанавливать рейтер на определенное деление шкалы на рамке для стрелки-рычага, а затем изменять расстояние между заряженными шариками тех пор, пока стрелка не окажется в горизонтальном положении равновесия. Это позволит даже снять график зависимости силы Кулона от расстояния, например, в лабораторной работе практикума или в проектной деятельности обучающихся. Однако в демонстрационных опытах такой прием с методической точки зрения неприемлем, так как создает у обучающихся ложное впечатление об экспериментальном доказательстве справедливости физического закона.

Таким образом, известная учебная установка на основе *неравноплечих чувствительных весов* малопригодна для экспериментально-

го обоснования закона Кулона на школьном уроке, поскольку она не обеспечивает постановку демонстрационных опытов, удовлетворяющих дидактическим требованиям временной доступности, простоты, надежности и доказательности. Иными словами, эта установка не позволяет полностью выполнить методические рекомендации из пособий [2, с. 31–33] и [3, с. 164].

Исследование выполнено на базе ФИП «Школа учебного физического эксперимента» по проекту «Методология создания и внедрения современных учебных физических приборов и опытов для урочной и внеурочной деятельности по физике в средней школе и в педагогическом вузе» (ХУИА-2024-0030) при финансовой поддержке Министерства просвещения РФ в рамках госзадания, № НИОКТР 1023040600021-1-5.3.1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Учебное оборудование по физике в средней школе. Пособие для учителей. Под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1973. — 480 с.
2. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Т.2. Электричество. Оптика. Физика атома. Пособие для учителей / Под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1972. — 448 с.
3. Марголис А. А., Парфентьева Н. Е., Иванова Л. А. Практикум по школьному физическому эксперименту. Учеб. пособие для студентов физ.-мат. пед. ин-тов. — М.: Просвещение, 1977. — 304 с.

Глазовский государственный
инженерно-педагогический
университет имени В. Г. Короленко

Поступила в редакцию 24.12.24.

И. А. КРУТОВА, Г. П. СТЕФАНОВА, А. С. КОСЕНКО

ОБУЧЕНИЕ УЧАЩИХСЯ КОНСТРУИРОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКИ

В статье актуализируется проблема формирования у учащихся конструкторских умений в процессе создания действующих технических устройств и приборов на уроках физики. Описан проект «Изобретаем лампу по стопам А. Н. Лодыгина».

Ключевые слова: изучение физики, конструирование, технический объект, лампа Лодыгина.

Учебный предмет «физика» является главным для профессиональной ориентации учащихся и на выбор инженерно-технических специальностей. В настоящее время обучение мотивированных учащихся конструкторской деятельности осуществляется, в основном, в системе дополнительного образования. Однако степень охвата учащихся остается недостаточной по различным объективным причинам. Поэтому уроки физики в системе среднего общего и профессионального

образования являются основополагающей формой обучения учащихся способам создания различных практически значимых продуктов и устройств [1].

В связи с этим перед учителем физики возникает проблема организации проектно-конструкторской деятельности учащихся, направленной на создание технических устройств, приборов, экспериментальных установок. Для решения этой проблемы требуется материально-техническое обеспечение, рабочее пространство, оснащенное необходимым оборудованием, инструментами, расходными материалами. Актуальным для учителя становится разработка тем конструкторско-исследовательских проектов, а также нахождение времени для организации деятельности обучающихся по их техническому воплощению на уроках и во внеурочной деятельности [2].

Физические явления и законы, изучаемые в разделе «Основы электродинамики», лежат в основе принципов действия многочисленных технических объектов и приборов (электрометр, электрический конденсатор, амперметр, вольтметр, трансформатор, источники постоянного, переменного тока, электрогенератор, электродвигатель, варикап и другие) [3].

Описания всех этих устройств имеются в любом учебнике по физике и в Интернете, и негласно предполагается, что, изучив эту информацию, учащиеся усвоят принципы их работы. Однако понимание и присвоение любого знания осуществляется только в процессе собственной деятельности. Поэтому вовлечение обучающихся в проектно-конструкторскую деятельность, конечным продуктом которой является созданный своими руками технический объект, позволит научить их способам практического применения физических знаний в реальных ситуациях и развить навыки инженерного мышления.

Опишем один из проектов, выполненных учащимися из доступных материалов и приборов, который назван «Изобретаем лампу по стопам А. Н. Лодыгина».

Цель данного проекта состоит в создании искусственного источника света, способного действовать продолжительное время. Учащиеся выдвигают идею разогрева проводника до высоких температур, достаточных для излучения видимого света при прохождении по нему электрического тока.

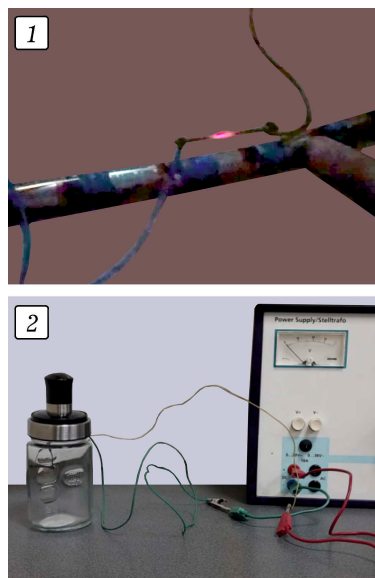


Рис. 1

В качестве проводника предложено использовать графитовый стержень — грифель, изъятый из простого карандаша и очищенный от остатков дерева вокруг него. К каждому концу графитового стержня присоединяются провода, концы которых зачищаются примерно на 1 см. В качестве источника тока используются семь последовательно соединенных батареек по 1,5 В каждая. После соединения графитового стержня с источником тока, проходящий через него электрический ток разогревает его до свечения красным светом, которое хорошо наблюдается в темноте (рис. 1.1).

В результате проведения эксперимента выявляются следующие недостатки: кратковременность свечения, сильный разогрев грифельного стержня. Для их устранения учащиеся дорабатывают техническое устройство. Предлагается проводник поместить в замкнутый прозрачный сосуд, из которого откачан воздух, и соединить концы проводника с источником постоянного электрического тока (рис. 1.2).

Организация проектно-конструкторской деятельности учащихся, направленной на создание действующих технических устройств, способствует ранней профессиональной ориентации, мотивирует на выбор инженерных специальностей, дает старт для будущего профессионального развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зуев П. В. Простые опыты и наблюдения как средство повышения эффективности экспериментальной подготовки учащихся // Учебная физика. — 2022. — № 2. — С. 51–54.
2. Крутова И. А., Стефанова Г. П., Дергунова О. Ю., Исмухамбетова А. С. Метод проектов в теории и практике подготовки бакалавров, обучающихся по направлению «Педагогическое образование» // Современные проблемы науки и образования. — 2022. — № 1. — URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31434> (дата обращения: 31.12.2024).
3. Стефанова Г. П., Крутова И. А., Дергунова О. Ю. Создаем техническое устройство на уроке физики, 10 кл. // Физика. Первое сентября. — 2011. — № 9. — С. 5–9.

Астраханский государственный
университет имени
В. Н. Татищева

Поступила в редакцию 31.12.24.

М. В. МАКСИМОВА, Н. В. КЛИШКОВА

**ЭКСПЕРИМЕНТ В ПРЕДМЕТЕ «ФИЗИКА» ПО ТЕМЕ
«ЭЛЕКТРОСТАТИКА» ДЛЯ КУРСАНТОВ
ВОЕННОЙ АКАДЕМИИ**

Предлагается демонстрационный эксперимент для изучения электростатических явлений. Опыты предназначены для лекционных и практических занятий по физике в военной академии, а также можно использовать для школьных уроков физики и внеурочной деятельности.

Ключевые слова: демонстрационный эксперимент, электростатика, электрические явления.

На основании компетентностной модели, которая закреплена в профессиональном стандарте, военный связист должен не только обладать высоким уровнем теоретических знаний, но и владеть на высоком уровне практическими умениями.

Эксперимент является важнейшим элементом процесса обучения физике [1–3]. Демонстрационный эксперимент позволяет сравнительно быстро сделать понятными важные обобщения и имеет большое значение для показа курсантам приемов проведения самостоятельного эксперимента. Например, одним из экспериментов, проводимых с курсантами на занятиях по электродинамике, является «Огненный зонд»: в пламя свечи, которое обязательно должно быть небольшим, помещают острое — конец проволоки, соединяющий зонд со стержнем электрометра. Заряжают с помощью электрофорной машины шаровой кондуктор и подносят к нему зонд. Электрометр показывает разность потенциалов между острием, находящимся в данной точке поля, и землей. Приближают зонд к кондуктору или удаляют от него и наблюдают большие или меньшие показания электрометра. Необходимость пламени вызвана тем, что оно в сочетании с острием способствует быстрому снятию индуцированных зарядов. Затем помещают зонд в разных точках вокруг заряженного шара, где показания электрометра одинаковы в пределах допустимых погрешностей, и подводят курсантов к понятию эквипотенциальных поверхностей.

Благодаря этому у обучающихся имеется возможность непосредственно наблюдать особенности данного явления и выделить его существенные черты. В процессе восприятия и осмысления демонстрационного опыта курсанты учатся наблюдать физические явления, обрабатывать результаты измерений, использовать различные физические приборы и т. д. Все это готовит их к самостоятельным экспериментальным работам.

Мы считаем, что необходимо непрерывное обновление и совершенствование методики выполнения физического эксперимента при проведении занятий с курсантами военной академии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе / В. А. Буров, Б. С. Зворыкин, А. П. Кузьмин и др.; Под ред. А. А. Покровского. Механика, молекулярная физика, основы электродинамики. — М.: Просвещение, 1978. — 351 с.
2. Шутов В. И., Сухов В. Г., Подлесный Д. В. Эксперимент в физике. Физический практикум. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 184 с.
3. Майер В. В., Майер Р. В. Электричество: учебные экспериментальные доказательства. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 232 с.

Военная академия связи
им. С. М. Буденного,
Санкт-Петербург

Поступила в редакцию 22.12.24.

А. А. МОИСЕЕВ, Д. А. БУКРЕЕВ

**КВАНТОВАЯ ТЕНЬ: ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА ПАРАМИ
НАТРИЯ**

Предлагается демонстрационный эксперимент по квантовой физике, в котором наблюдается тень пламени газовой горелки, окрашенного поваренной солью, в свете газоразрядной натриевой лампы. Обсуждается изменение тени при воздействии на пламя сильного магнитного поля.

Ключевые слова: демонстрация по квантовой физике, поглощение света, эффект Зеемана.

Квантовая физика как раздел учебной физики включает в себя единичные демонстрационные эксперименты. Одним из таких экспериментов является наблюдение поглощения парами натрия отдельных линий в непрерывном оптическом спектре [1]. Авторы предлагают спроецировать на экран непрерывный спектр электрической угольной дуги. Затем перед объективом проекционного фонаря поместить пламя газовой горелки, окрашенное парами металлического натрия. По мере испарения натрия в желтой части спектра появляется темная линия, указывающая на поглощение ионами натрия падающих фотонов только с определенной длиной волны.

Предлагается демонстрация поглощения света парами натрия, не требующая разложения света в спектр. Идея демонстрации взята из задачи Всероссийского Турнира Юных Физиков 2024 года «Квантовая тень» [2]: *Если поместить пламя, подкрашенное поваренной солью, перед натриевой газоразрядной лампой, то пламя будет отбрасывать тень. Тень может стать светлее, если пламя поместить в сильное магнитное поле. Исследуйте и объясните это явление.*

Предлагается использовать следующее оборудование: промышленная газоразрядная натриевая лампа высокого давления ДНаТ 250, защитный кожух, электромагнит (трансформатор универсальный ТрУ с полюсными наконечниками и источником питания), конденсор из комплекта универсального проекционного аппарата ФОС-67, газовая горелка типа «карандаш», подъемные столики, металлическая ложка, поваренная соль, экран.

Подготовка к демонстрации. С помощью конденсора получаем на экране изображение пламени горелки, помещенного в зазор между полюсными наконечниками электромагнита. Перед пламенем горелки устанавливаем натриевую лампу.

Ход демонстрации. На металлической ложке вносим небольшое количество поваренной соли в пламя горелки. Обращаем внимание на изменение цвета пламени — оно становится оранжево-желтым. Окрашивание пламени обусловлено главным образом самой яркой линией в спектре излучения натрия (дублет 589,0 и 589,6 нм). Включаем натриевую лампу. После ее разогрева и возбуждения атомов натрия цвет излучения лампы становится оранжево-желтым по той же причине, что и пламя горелки. На экране появляется явно выраженная тень пламени. Убирая и внося ложку с солью в пламя, обращаем внимание, что тень наблюдается только когда в пламени присутствует натрий. Следующим шагом демонстрируем влияние магнитного поля. Для этого включаем источник питания электромагнита и видим просветление тени, после выключения питания тень опять затемняется.

Объяснение демонстрации. Натрий в пламени горелки эффективно поглощает фотоны, испущенные натрием в лампе, поскольку их энергия в точности равна разности энергетических уровней Na: $hc/\lambda = E_m - E_n$. Фотоны не достигают экрана — появляется тень пламени. При включении электромагнита вследствие взаимодействия электронов с магнитным полем (эффект Зеемана) энергетические уровни Na изменяются, и фотоны, испущенные лампой, уже не могут быть поглощены — тень пламени на экране просветляется.

Важно отметить, что при долгой работе натриевая лампа сильно разогревается, и наблюдается уширение энергетических уровней Na, вызванное взаимодействием атомов (уширение линий давлением). Вследствие этого излучение в желтой области спектра становится квазинепрерывным, и наглядность демонстрации уменьшается. Избавиться от этого недостатка можно, используя натриевую лампу низкого давления.

В целом, предлагаемая демонстрация позволяет очень наглядно и эффектно продемонстрировать закономерности излучения и поглощения, не требуя разложения излучения в спектр. Кроме того, попутно можно продемонстрировать эффект Зеемана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лекционные демонстрации по физике / М. А. Грабовский, А. Б. Млодзевский, Р. В. Телеснин [и др.]. — Изд. 2, перераб. — М.: Наука, 1972. — 640 с.

2. Квантовая тень // Турнир Юных Физиков. — URL: <https://iypt.ru/задачи/2023/17-квантовая-тень/> (дата обращения: 19.12.2024).

Иркутский государственный
университет

Поступила в редакцию 23.12.24.

И. И. МЫШКИН, Е. И. ВАРАКСИНА, В. В. МАЙЕР

ИССЛЕДОВАНИЕ УЧЕБНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ МОЛОТКА МАКЛАКОВА

Разработан и реализуется план физического этапа дидактического исследования демонстрационной автоколебательной системы типа известного молотка Маклакова.

Ключевые слова: колебательный контур, переменный ток, железный сердечник, резонанс, автоколебания сердечника.

В «Общем курсе физики» Д. В. Сивухина [1, с. 594] рассмотрен *молоток Маклакова* — прибор для демонстрации электро-механических автоколебаний, разработанный М. И. Маклаковым. В статье [2] описан учебный вариант этого прибора, доступный для воспроизведения и использования в школьных условиях.

Фотография исследуемой установки приведена на рис. 1. В работе [2] рекомендованы следующие характеристики приборов этой установки. Катушка намотана на эбонитовом каркасе внутренним диаметром $d = 20$ мм и длиной $l = 85$ мм, имеющем осевое отверстие диаметром $d_0 = 11$ мм, и содержит 750 витков провода ПЭЛ 1,0. Сердечник катушки диаметром 10 мм и длиной 170 мм изготовлен из мягкой стали. Параметры катушки: активное сопротивление $R = 1,65$ Ом, индуктивность без сердечника $L = 4,25$ мГн, при полностью введенном сердечнике 22 мГн. неполярный конденсатор емкостью примерно 750 мкФ изготовлен из двух одинаковых электролитических конденсаторов, включенных последовательно и встречно. Источником регулируемого переменного напряжения является блок В-24М, прибор начинает работать при напряжении питания примерно 10 В.

Накопленный за четверть века опыт работы с представленными здесь приборами позволяет усомниться в правильности или в единственности объяснения принципа действия молотка Маклакова, изложенного в учебнике [1]. Дидактическое исследование физических основ этого прибора актуально еще и потому, что молоток Маклакова можно рассматривать как возвратно-поступательный электродвигатель, изучение которого на внеурочных занятиях в школе может

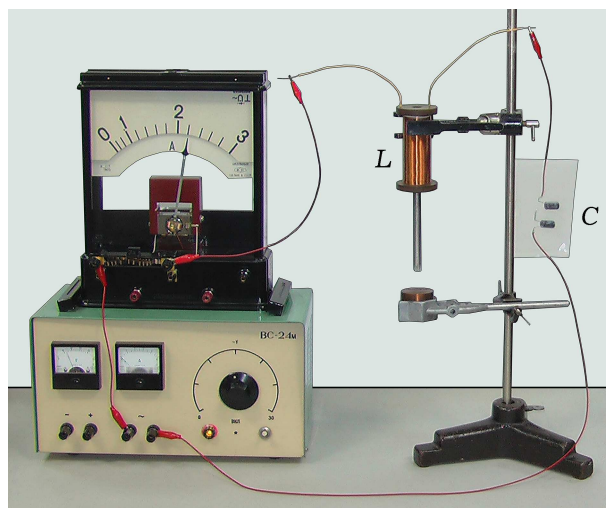


Рис. 1. Установка для исследования молотка Маклакова воспроизведена по описанию в дипломной работе [3]: $L = 5$ мГн ($l = 85$ мм, $d = 20$ мм, $n = 800$ витков ПЭЛ 0,75); $R = 3,1$ Ом; $C = 650$ мкФ

способствовать развитию инженерной компетенции обучающихся. Мы разработали и реализуем следующий план исследования.

1. Неполярный конденсатор большой емкости обычно заменяют двумя последовательно и встречно соединенными одинаковыми электролитическими конденсаторами. Необходимо доступное для элементарной физики объяснение работы такой батареи в цепи переменного тока. Учитель должен владеть простым методом измерения емкостей порядка сотен микрофарад, так как доступными мультиметрами это сделать невозможно.

2. Резонанс в последовательном контуре. Для учебных опытов в элементарном курсе физики необходимо экспериментальное обоснование теоретически выведенных формул для силы тока в последовательном контуре, резонансной частоты и добротности контура, а также графическое представление соответствующих зависимостей.

3. Зависимость силы тока от индуктивности: необходимы полученные в эксперименте графики зависимости индуктивности катушки от глубины введения в нее железного сердечника и силы тока в последовательном контуре от индуктивности катушки.

4. Сила втягивания сердечника в катушку: нужно найти в доступных источниках информации или сделать вывод формулы для силы, с которой сердечник втягивается в катушку с переменным током и подтвердить ее справедливость в эксперименте.

5. Инженерная компетенция: требуется теоретически показать и в педагогическом эксперименте обосновать положение, что использование молотка Маклакова во внеурочной проектной деятельности способствует развитию инженерной компетенции обучающихся.

Исследование выполнено на базе ФИП «Школа учебного физического эксперимента» по проекту «Методология создания и внедрения современных учебных физических приборов и опытов для урочной и внеурочной деятельности по физике в средней школе и в педагогическом вузе» (ХУА-2024-0030) при финансовой поддержке Министерства просвещения РФ в рамках госзадания, № НИОКТР 1023040600021-1-5.3.1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие: для вузов. В 5 т. Т. 3. Электричество. — М.: Физматлит; Изд-во МФТИ, 2004. — 687 с.
2. Майер В. В., Майер Р. В. Учебные опыты с колебательными контурами // Учебная физика. — 1998. — № 2. — С. 36–41.
3. Самарин И. В. Простые автоколебательные системы в школьном курсе физики. Выпускная квалификационная работа: ГГПИ им. В. Г. Короленко. — Глазов, 2021. — 46 с.

Глазовский государственный
инженерно-педагогический
университет имени В. Г. Короленко

Поступила в редакцию 24.12.24.

А. В. ПАУТКИНА

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИНЫ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ»

Описана лабораторная работа по измерению толщины тонких пленок с помощью оптоволоконного спектрофотометра компании *Avantes B. V.* Принцип измерения толщины тонких пленок базируется на измерении параметров интерференции света для определения оптических параметров толщины слоя.

Ключевые слова: нанотехнологии, наноразмерные объекты, тонкие пленки, неразрушающий контроль, цифровая обработка, спектрофотометр, нанопотоника.

Развитие нанотехнологий стимулирует развитие методов исследования тонких пленок и пленочных покрытий. При этом интерес представляют пленки, толщины которых составляют несколько нанометров (сверхтонкие пленки). Такие пленки широко используются в микроэлектронике, нанопотонике, вычислительной технике и промышленности, оптике и оптоэлектронике, космической и бытовой промышленности, в разнообразных технических отраслях. Особое внимание уделяется в силу специфичности их свойств проводящим пленкам.

Это выдвигает на первый план задачу мобильного и точного измерения параметров наноразмерных пленок. При этом методы исследования

должны относиться к методам оперативного и неразрушающего контроля, данные которого могут быть получены в цифровом виде, удобном для быстрой обработки и корректирования технологического процесса.

Решение этой задачи обеспечивают оптоволоконные спектрофотометры компании *Avantes B. V.*, оснащенные специализированной системой измерения толщины тонких пленок *AvaSpec Thin Film* в диапазоне от 10 нм до 50 мкм.

Лабораторная работа «Измерение толщины наноразмерных объектов» входит в спецпрактикум Научно-образовательного центра НОЦ ЦИАО (научно-образовательный центр цифровой информационно — аналитической оптики) «Прикладная нанофотоника» [1].

Цель работы: освоение принципов интерференционных измерений толщины наноразмерных объектов на оптоволоконных спектрофотометрах; освоение принципов количественных измерений толщины наноразмерных покрытий, пластин и пленочных материалов.

На рисунке приведена фотография оптоволоконного спектрофотометра *Avantes*, в состав которого входят: входной оптоволоконный SMA коннектор (стандартное исполнение), дифракционная решетка, коллимирующее и фокусирующее зеркало [2].

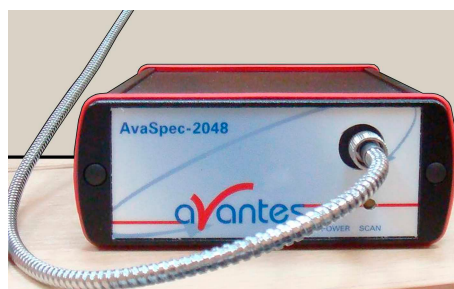


Рис. 1. Оптоволоконный спектрофотометр *AvaSpec 2048-USB-2* или *AvaSpec 2048-FT-2-SPU*

Принцип измерения толщины тонких пленок *AvaSpec Thin Film* базируется на измерении параметров интерференции света для определения оптических параметров толщины слоя. Результаты интерференции света при помощи математической функции преобразуется в характеристики толщины пленки. В случае системы с одиночным слоем толщина этого слоя (пленки) может быть вычислена, если известны оптические характеристики материала пленки и подложки.

Приобретение навыков использования высоких технологий, современного оборудования помогает студенту выбрать будущую область деятельности, поскольку инженерные задачи часто требуют нестандартного мышления и поиска новых решений и являются важной частью процесса обучения [3, 4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А. И., Мухин С. В., Некрасов В. В., Никитенко В. А., Пауткина А. В. Модульная многофункциональная оптоволоконная спектрометриче-

- ская система. Учебное пособие в двух частях. Под редакцией профессора, докт. физ.-мат. наук Никитенко В. А. и доцента, канд. физ.-мат. наук Некрасова В. В. — М.: МИИТ, 2008. — 424 с.
2. Сайт компании Avantès B. V. и ее Российского представителя ООО «Локамед». — URL: <https://www.avantes.com/> (дата обращения: 05.11.2024).
 3. Сайт Центра инновационных образовательных технологий Новосибирского Государственного университета. — URL: <http://www.psj.nsu.ru/> (дата обращения: 05.11.2024).
 4. Саврасова И. Ю., Шакирова В. В. Инновационные технологии в образовании // Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов: исследования, инновации и технологии. Материалы XVII Международной научно-практической конференции. — Астрахань, 2024. — С. 254–257.

Российский университет
транспорта (МИИТ)

Поступила в редакцию 07.11.24.

Н. С. ПЩЕЛКО, Ю. В. САНИН, А. Б. ЦЫГАНОВ, А. В. ЧЕРНЯЕВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОАДГЕЗИОННОГО ЭФФЕКТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ В КУРСЕ ФИЗИКИ

Предложен лабораторный макет для получения электроадгезионных соединений. Показано, что в основе рассматриваемого процесса лежат миграционная поляризация и электростатические силы, представляющие интерес при изучении электростатики.

Ключевые слова: электрическое поле, электростатические силы, миграционная поляризация, электроадгезия.

В технике широко распространены металлодиэлектрические структуры, получение и (или) принцип действия которых основан на использовании электрического поля (ЭП), например, электролитические конденсаторы, электретные микрофоны и др.

В настоящей работе рассмотрены электроадгезионные соединения (ЭАС) — металлодиэлектрические «склейки», формируемые за счет силового действия ЭП. При формировании ЭАС важнейшую роль играет миграционная поляризация. Она заключается в том, что под действием ЭП слабо закрепленные положительные ионы в диэлектрике перемещаются к катоду, оставляя в узкой прианодной области нескомпенсированный отрицательный заряд. Это приводит к появлению больших электростатических сил, действующих на анод, что позволяет получить неразъемное соединение твердотельных объектов при температурах существенно меньших, чем при диффузионной сварке [1].

Экспериментальное изучение данного эффекта представляется полезным при изучении курса электростатики, так как позволяет углубить представления о различных видах поляризации диэлектриков и

познакомиться с некоторыми возможностями использования электростатических сил. В рамках настоящей работы предлагается лабораторный макет для «склеивания» оконного стекла с алюминиевой фольгой. В процессе получения данного ЭАС измеряется электрический ток и оценивается прочность полученного ЭАС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пщелко Н.С. Электрофизические методы неразрушающего контроля и формирования металлодиэлектрических структур: дисс. ... докт. техн. наук. — СПб., 2011.

Военная академия связи
имени С. М. Буденного;
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»;
Акционерное общество
«Научно-исследовательский
институт «Рубин»

Поступила в редакцию 19.12.24.

Е. П. СМЫСЛОВА

РЕНТГЕНОВСКИЙ КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ УПАКОВКИ В ЛАБОРАТОРНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ

Предлагается лабораторная работа, посвященная исследованию дефектов упаковки в металлах, подвергнутых различным видам обработки: отжигу, прокатке, воздействию световых импульсов лазера миллисекундной длительности.

Ключевые слова: рентгенограмма, дефекты упаковки, структура, металлы, анализ.

Анализ несовершенств дефектной кристаллической структуры металлов и сплавов способствует решению задач создания материалов с уникальными свойствами [1]. Понимание происходящих процессов в случае различных видов обработки металлов и сплавов, включающих использование высокоэнергетических воздействий, важно для освоения целенаправленных способов создания материалов с заранее заданными свойствами.

В связи с этим, в РГУ им С. А. Есенина осуществляется разносторонняя подготовка студентов направления «Техническая физика» по рентгеноструктурному анализу, наряду с металлографическими и спектральными методами. Разработан целый ряд лабораторных работ по изучению рентгеновской аппаратуры, индентированию рентгенограмм, качественному фазовому анализу, освоению экспрессного метода определения периода решетки.

В данной статье предлагается лабораторная работа, посвященная исследованию дефектов упаковки в металлах, подвергнутых различным

видам обработки: отжигу, прокатке, воздействию световых импульсов лазера миллисекундной длительности. Дефектом упаковки называется всякое отклонение от нормальной для данного кристалла последовательности в чередовании атомарных слоев. В последние годы наблюдается повышенный интерес к изучению возникновения дефектов упаковки и влияния их на свойства материалов [1, 2]. Проведенные нами исследования [3] показали, что обработка металлов световыми импульсами лазера миллисекундной длительности плотностью потока порядка 105 Вт/см^2 приводит к пластической деформации двойникованием, которому подвержены металлы с различным типом кристаллической решетки. Двойникование может сопровождаться возникновением дефектов упаковки. Поэтому в качестве образцов для лабораторной работы предложено использовать образцы меди, облученные импульсами лазера, эталонные образцы и подвергнутые различным типам деформации. Облучение проводилось с помощью лазера ГОС-301, позволяющего получить импульсы миллисекундной длительности. Поверхность, обработанная единичным импульсом составляла порядка 100 мм^2 . Дефокусировка луча составляла до 70 %. Дефекты упаковки в металлах с ГЦК-решеткой влияют на характер дифракции рентгеновских лучей, вызывают закономерное, зависящее от индексов отражения, смещение дифракционных линий в противоположных направлениях: (200) — к малым, (400) — к большим углам. Наличие же в металлах ориентированных микроискажений решетки также приводит к смещению линий, соответствующих двум порядкам отражения, но в одном направлении.

В работе используется фотографический метод регистрации дифракционной картины рентгеновских лучей с помощью аппарата «УРС-55^а». Выполнение лабораторной работы исследования включает несколько этапов: 1) изучение литературы по рассеянию рентгеновских лучей на кристаллических структурах с дефектами упаковки; 2) изучение рентгеновского аппарата «УРС-55^а», освоение съемки плоских шлифов; 3) получение рентгенограмм металлов, обработанных различными методами; 4) анализ наличия дефектов упаковки в образцах меди по смещению линий (200) и (400).

ЛИТЕРАТУРА

1. Лубнина А. Н., Дорофеева Г. А., Ладьянова В. И. Рентгенодифракционное исследование деформационной эволюции дефектов упаковки в нанокристаллических металлах // Физика металлов и металловедение. — 2020. — Т. 121, № 11. — С. 1187–1197.
2. Акимова О. В. Установление методом рентгеновской дифракции наличия дефектов упаковки в сплавах на основе палладия // ВМУ Серия Физика. Астрономия. Физика конденсированного состояния вещества. — 2024. — 79 (1). — С. 59–63.
3. Смыслова Е. П. Пластическая деформация двойникованием при лазерном воздействии // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. — РГУ имени С. А. Есенина. — Рязань, 2021. — С. 73–74.

Рязанский государственный
университет имени С. А. Есенина

Поступила в редакцию 28.12.24.

А. В. ЧЕРНЯЕВ, К. Л. ЛЕВИН, Н. С. ПЩЕЛКО, Т. В. ШЕЛАМОВА

ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ В ДИАГНОСТИКЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ: МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Предложена методика подготовки к лабораторной работе с использованием сканирующего туннельного микроскопа, включающая в себя несколько этапов. Для улучшения теоретической подготовки обучающихся используются плакаты по теме занятий. Разрабатывается карта знаний.

Ключевые слова: сканирующий электронный микроскоп, туннельный эффект, сканирование и обработка результатов, обучающие плакаты, карта знаний.

В течение ряда лет в Военной Академии связи применяется современное оборудование для проведения лабораторных работ: сканирующие электронные микроскопы, разработанные в Национальном исследовательском университете «Московский институт электронной техники», которые выпускаются на заводе Протон [1].

Экспериментальное изучение основ физики полупроводников, физики поверхности, квантовых явлений в курсах «Основы микро- и наноэлектроники», «Специальные разделы физики», «Материалы электронной техники» существенно расширяет кругозор обучающихся и создает теоретическую и практическую основу для их будущей профессиональной деятельности.

Вместе с тем, для успешного выполнения лабораторной работы и сохранности современного лабораторного оборудования нужна основательная теоретическая подготовка [2]. В частности, от курсантов требуется достаточно глубокое понимание таких физических явлений как электростатическое взаимодействие атомов (молекул), туннельный эффект, фотоэффект. Кроме того, важно ясное понимание вида зависимости от расстояния между зондом и поверхностью образца как энергии электростатического взаимодействия, так и величины туннельного тока.

Традиционно любая лабораторная работа выполняется в три этапа: 1) теоретическая подготовка; 2) получение экспериментальных данных; 3) обработка результатов.

В настоящее время на кафедре физики Академии связи при выполнении лабораторной работы «Зондовая микроскопия в диагностике наноматериалов» применяется расширенная теоретическая подготовка. Подготовка к лабораторной работе осуществляется в несколько этапов: 1) чтение лекций; 2) самостоятельная подготовка курсантов; 3) решение задач по теме занятий; 4) получение дополнительных знаний с использованием широкоформатных плакатов; 5) изучение материала,

необходимого для подготовки к использованию специального лабораторного оборудования (дополнительные презентации); 6) ответы обучающихся на контрольные вопросы.

Пункт 4 подготовки предполагает использование широкоформатных плакатов, размещенных на стенах в коридоре достаточной площади, что позволяет обучающимся располагаться около них в количестве 10–15 чел. (половина группы).

В настоящее время разрабатываются дополнительные методы подготовки, например, с использованием карты знаний для визуализации и дополнения базы знаний, создания связей между различными концепциями и явлениями [3].

Проведение лабораторной работы на микроскопе СММ–2000 включает в себя следующие этапы: 1) запуск программы сканирования STM (сканирующий туннельный микроскоп), выбор режима сканирования и установка необходимых параметров; 2) выбор размера кадра; 3) установка зонда в два этапа: вручную на расстоянии 0,5–1 мм от образца, не допуская касания, затем программно при помощи пьезомодуля и системы обратной связи; 4) оптимизация обратной связи; 5) проведение сканирования поверхности образца.

Обработка результатов проводится курсантами следующим образом.

1. Запуск программы анализа SM2000 и коррекция изображения. Коррекция изображения выполняется в несколько этапов и включает в себя удаление искажений и фильтрацию изображений (в том числе, Фурье–фильтрацию).

2. Выбор поля обработки (двумерный случай) либо выбор линии обработки (одномерный случай).

3. Запись параметров шероховатости поверхности (которые выдает программа анализа) в таблицу данных.

4. Запись фрактальных параметров (которые выдает программа анализа) в таблицу данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.z-proton.ru (Электронный ресурс. Дата обращения: 29.12.2024).
2. Шука А. А. Электроника. Учебное пособие / Под ред. проф. А. С. Сигова. СПб.: БХВ–Петербург, С. 171–181.
3. Мальцев А. В., Томильцев А. В. Управление качеством знаний на основе составления структурно–логической схемы (карты знаний) // Сборник статей XII международной научно–методической конференции НОТВ–2015. — 2015.

Военная академия связи имени
Маршала Советского Союза
С. М. Буденного

Поступила в редакцию 31.12.24.

И. А. ШОЛИН

УЧЕБНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ

Рассматривается опыт интеграции физики высоких давлений в образование с использованием набора на основе камеры с корундовыми наковальнями. Набор позволяет проводить наблюдения фазовых переходов веществ при высоких давлениях.

Ключевые слова: высокие давления, экспериментальное изучение физики, камера с корундовыми наковальнями.

Разрыв между передним краем науки в области физики и содержанием образования по соответствующим предметам широко известен [1, 2, 3]. Регулярно проводятся работы, направленные на внедрение современных научных достижений в процесс изучения физики [1, 3]. В данной работе рассматривается опыт интеграции в образование достижений, подходов и методов физики высоких давлений. В первую очередь предметом анализа стал набор для проведения экспериментов в области физики высоких давлений на основе камеры с корундовыми наковальнями.

Характерный размер образцов, которые помещаются в камеру высоких давлений, составляет порядка 0,5 мм, поэтому в состав набора входит микроскоп. Практически все манипуляции с образцами производятся под микроскопом, что способствует формированию и совершенствованию соответствующего навыка, который может быть полезным при обучении другим естественнонаучным предметам (микроскопы активно используются при изучении биологии). Такое пересечение с используемым в биологии оборудованием позволяет формировать дополнительные межпредметные связи.

Конструкция камеры высоких давлений позволяет разобрать ее на отдельные компоненты, что позволяет обсуждать принципы получения высоких давлений и проводить соответствующие эксперименты, например, оценка значения давления в камере в зависимости от прикладываемого усилия. Стоит отметить, что давление в камере может достигать значений порядка 20000 атм.

Типичным экспериментом, который позволяет провести набор, является визуальное наблюдение изменения агрегатного состояния вещества при увеличении давления. В комплекте набора содержится дистиллированная вода, которая кристаллизуется при давлениях выше ~ 9000 атм (при комнатной температуре). При этом образуется так называемый лед VI, который характеризуется тетрагональной структурой. Различие структур льда также может быть предметом обсуждения во время учебного процесса, так, например, лед VI не может образовывать структуры, напоминающие привычные нам снежинки. Шестиугольная форма снежинок, которые образуются при нормальном давлении и отрицательных температурах, обусловлена гексагональной структурой привычного нам льда (так называемый лед Ih).

Еще одним классом экспериментов является визуальное наблюдение переходов между твердыми фазами вещества, которые характеризуются различными спектрами поглощения света в видимом диапазоне. В качестве примера, можно привести серу. Фазовая диаграмма которой в области высоких давлений содержит множество фаз. При увеличении давления в камере визуально наблюдаемый цвет образца серы последовательно меняется в соответствии со следующей цепочкой: белый с оттенком желтого — насыщенно желтый — оранжевый — насыщенно красный — черный. Наличие спектрометра позволяет проводить количественные оценки изменений, происходящих с веществом при высоких давлениях.

Отдельно стоит отметить то, что в состав набора входят образцы, по которым практически нет никаких литературных данных об их поведении при высоких давлениях. Наличие таких образцов дает возможность проводить эксперименты, в результате которых учащиеся могут получить объективно новые знания, что является новой гранью в процессе изучения физики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гильмиярова С.Г., Сафин Д.Р. Изучение современной физики в средней школе // Наука и школа. — 2014. — № 1. — С. 33–35.
2. Кудрявцев В.В., Ильин В.А. Об изучении вопросов современной физики в школе // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. — 2017. — № 2. — С. 117–124.
3. Andrea Bussani; Duhdohnum: A Dice Game to Introduce Middle and High School Students to Non-elementary Systems. // Phys. Teach. — 2020. — V. 58(3). — P. 167–169.

Москва

Поступила в редакцию 31.12.24.

А. О. ЮЛИНА, В. Г. СОЛОВЬЁВ

УДИВИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСКАЧИВАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ АТВУДА

Описан демонстрационный эксперимент по механике, посвященный изучению движения тел в раскачивающейся машине Атвуда. Эксперимент прост в исполнении, но для его объяснения необходимы сложные методы теоретической механики и численного интегрирования.

Ключевые слова: демонстрационный эксперимент по механике, раскачивающаяся машина Атвуда.

Регулярное движение грузов в машине Атвуда с одной степенью свободы (рис. 1) подробно рассматривается в школьном и вузовском

курсах физики. Вместе с тем, в последние десятилетия в литературе активно обсуждается сложное поведение «раскачивающейся» машины Атвуда (Swinging Atwood Machine — SAM) [1–6]. В такой системе с двумя или тремя степенями свободы один или оба связанных груза способны раскачиваться на нити, подобно маятнику. Удивительное поведение такой системы легко продемонстрировать на опыте (рис. 2). Два груза разных масс ($m \ll M$, например, пустой спичечный коробок и связка ключей) связаны нитью, перекинутой через карандаш. Держа карандаш в одной руке, а спичечный коробок — в другой (несколько ниже карандаша, на расстоянии $r \approx 1$ м от него), экспериментатор отпускает коробок. При этом к удивлению зрителей тяжелый груз не падает на пол. Вместо этого легкий груз на длинной нити совершает несколько оборотов вокруг карандаша, нить наматывается на карандаш, и система приходит в состояние равновесия.

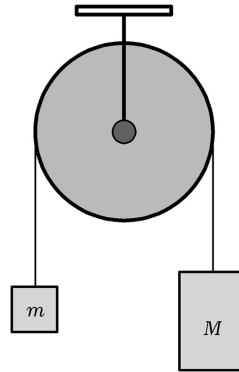


Рис. 1. Регулярное движение грузов в машине Атвуда с одной степенью свободы

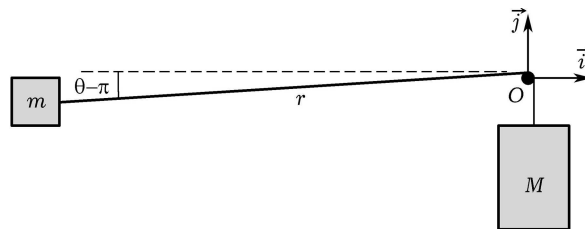


Рис. 2. Движение грузов в одном из типов раскачивающейся машины Атвуда [1]; $\vec{i}, \vec{j}$ — орты неподвижной декартовой системы координат

Уравнения движения рассматриваемой системы можно получить, записав II закон Ньютона в полярной системе координат, либо составив лагранжиан механической системы. В обоих случаях результат имеет вид:

$$\begin{cases} (M + m)\ddot{r} = mr\dot{\theta}^2 - g(M + m \sin \theta) \\ r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta} = -g \cos \theta \end{cases} \quad (1)$$

Решение подобных уравнений обычно удается получить лишь численными методами. При этом в некоторых случаях раскачивающаяся машина Атвуда демонстрирует не регулярное, а хаотическое поведение.

Заметим, что при $\theta = 3\pi/2 = \text{const}$ система уравнений (1) приводит к стандартному решению для ускорения грузов при их регулярном движении в машине Атвуда: $\ddot{r} = a = g(M - m)/(M + m)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Marlow A. R. A surprising mechanical demonstration // American Journal of Physics. — 1991. — Vol. 59. № 10. — P. 951–952.
2. Griffiths D. J., Abbott T. A. Comment on «A surprising mechanical demonstration,» by A. R. Marlow [Am. J. Phys. 59, 951–952 (1991)] // American Journal of Physics. — 1992. — Vol. 60. No. 10. — P. 951–953.
3. Tufillaro N. B. Integrable motion of a swinging Atwood's machine // American Journal of Physics. — 1986. — Vol. 54. — P. 142–143.
4. Pujol O., Pérez J. P., Ramis J. P., Simo C., Simon S., Weil J. A. Swinging Atwood machine: experimental and numerical results, and a theoretical study // Physica D. — 2010. — Vol. 239. Issue 12. — P. 1067–1081.
5. Prokopenya A. N. Motion of a Swinging Atwood's Machine: Simulation and Analysis with Mathematica // Mathematics in Computer Science. — 2017. — Vol. 11. — P. 417–425.
6. Прокопеня А. Н. Поиск равновесных состояний машины Атвуда с двумя колеблющимися грузами с применением компьютерной алгебры // Программирование. — 2021. — № 1. — С. 56–64.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет;
Военная академия связи им. Маршала
Советского Союза С. М. Буденного;
Псковский государственный университет

КОМПЬЮТЕР В УЧЕБНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

А. И. АНДРЕЕВ, А. Д. КОВАЛЕВ

ИЗМЕРЕНИЕ ЦВЕТА В СИСТЕМЕ Lab

Рассматривается способ измерения и описания цветов в прямоугольной системе координат, дающий наглядное представление о компонентном составе измеряемого цвета. Работа предназначена выпускникам — дипломникам, магистрантам и аспирантам.

Ключевые слова: цветовые координаты, цветовое отличие, волоконно-оптический пробник, оптическая сфера.

Измерение цвета является очень важным моментом в различных областях науки, техники и промышленности. Без измерения цвета невозможно было бы изготавливать красители для окраски тканей или полимеров, воспроизвести и напечатать цветные репродукции, а также создать цветное кино, телевидение, фотографию и различные системы индикации [1, 2].

Широко известна стандартная колориметрическая система RGB . Однако, на кафедре физики в НОЦ ЦИАО практикуют и другие цветовые модели, из которых, чаще всего, используется пространство Lab . Прямоугольная координатная система, которая ограничивается тремя осями: черно-белой осью L^* , хроматической зелено-красной осью a^* и хроматической желто-синей осью b^* (рис. 1.1).

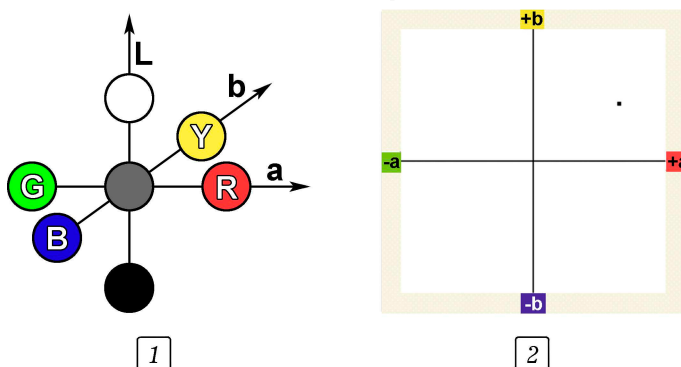


Рис. 1. Система Lab : 1 — координаты; 2 — измерение цвета

В системе Lab измерение цвета отображается не в треугольнике цветности, а на плоскости (белый квадрат, рис. 1.2) с пересекающимися линиями a и b , что является более наглядным чем в треугольнике цветности системы RGB . Точка пересечения является началом координат. Измеряемый цвет отображается темной точкой (рис. 1.2). Начало координат соответствует ахроматическому цвету (белому или черному).

После включения установки и проведения всех настроек можно приступать к цветовым измерениям [3]. Для этого исследуемый образец устанавливается в специальный держатель и против него устанавливается волоконно-оптический пробник или оптическая сфера. После появления спектра отражения переходят в режим цветовых измерений. Результаты цветовых измерения представлены на рис. 2.

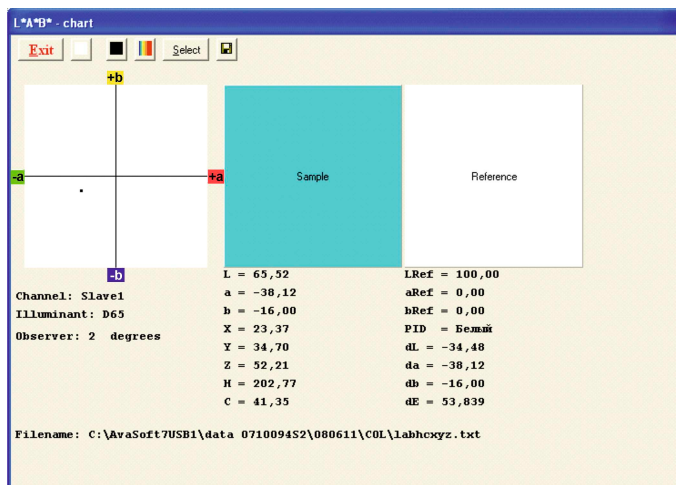


Рис. 2. Окно результатов измерений цвета

На экране результатов измерения показаны все цветовые параметры, и там же наглядно видно, какую долю в измеряемом цвете составляет зеленая компонента, а какую долю — синяя. Кроме того, имеющееся программное обеспечение распечатывает координаты цветности и однозначно определяет цветовой состав и в системе *Lab*, и в системе *RGB*. Таким образом, использование системы измерения цвета *Lab*, позволяет в доступной форме проводить измерения и проводить сравнение измеряемых цветов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Селицкий А. Л. Цветоведение. — Минск, 2019.
2. Юстова Е. Н. Цветовые измерения (Колориметрия) — СПб.: Издательство СПб университета, 2000. — 397 с.
3. Андреев А. И., Кривошеев Я. В., Мухин С. В., Некрасов В. В., Никитенко В. А., Пауткина А. В. Модульная многофункциональная оптоволоконная спектрометрическая система. Часть III. Учебное пособие по дисциплине «Физика». — М.: МИИТ, 2012. — 182 с.

Российский университет
транспорта (РУТ–МИИТ);
Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет

Поступила в редакцию 12.12.24.

В. Н. БОКАНЧА

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ РЕЛЕ» НА БАЗЕ *ARDUINO*

Предлагается способ проведения лабораторной работы с использованием электромагнитного реле, подключенного к плате *Arduino*.

Ключевые слова: электромагнитное реле, лабораторная работа, плата *Arduino*, электрическая цепь, компьютерная модель.

Фронтальные лабораторные работы по физике являются одним из видов школьного физического эксперимента, который вместе с другими видами (демонстрационным экспериментом, физическим практикумом, домашними опытами и т. д.) играют важную роль в формировании исследовательской компетенции, что предусмотрено программой по физике для общего образования [1].

В настоящее время выполнение лабораторных работ сталкивается с рядом проблем: недостаточное оснащение школьных лабораторий необходимым оборудованием, отсутствие мотивации у учащихся и учителей к осуществлению экспериментальной деятельности, рутинный характер предложенных экспериментальных заданий и др. При этом наблюдается тенденция частичной или полной замены реального эксперимента, особенно лабораторных работ, компьютерным моделированием этих экспериментов [2].

Представляет интерес вопрос об оптимальном сочетании виртуального и реального физического эксперимента, с целью достижения максимального результата. В методической литературе существуют различные способы выполнения лабораторных работ по изучению электромагнитного реле. В основном, эти лабораторные работы проводятся в колледжах и технических вузах. Подобная лабораторная работа, для средней школы, описана в работе П. П. Головина «Фронтальные лабораторные работы и практикум по электродинамике: экспериментальные задания по электродинамике» [3, с. 125]. Задания, выполняемые учащимися, сводятся к изучению устройства и принципа работы электромагнитного реле, измерению его рабочих параметров, сравнению принципа работы различных типов реле и пр.

В предлагаемой лабораторной работе по изучению электромагнитного реле на базе *Arduino*, компьютерная модель [4] используется на этапе изучения принципа действия этого устройства, что улучшает понимание теории. Вопросы для самопроверки предлагаются после изучения и повторения теории, а контрольные вопросы после выполнения экспериментальных заданий. Для сборки электрической цепи предлагается использовать одноканальное реле, подключенное к плате *Arduino*. Для работы с *Arduino* подойдут реле, которые управляются напряжением 5 В. Такие реле способны коммутировать нагрузку до 10 А и 30 В постоянного тока или до 10 А, 250 В переменного тока. Использование реле, подключенного к плате *Arduino*, открывает возможность применять программируемые электрические цепи, что

позволяет разнообразить экспериментальные задания. Например, в качестве дополнительного задания предлагается представить и собрать схему подключения к реле двух исполнительных цепей, подключаемых с помощью реле поочередно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физика: Curriculum national: Clasele 6–9: Curriculum disciplinar: Ghid de implementare. — Chisinau: Lyceum, 2020. — 116 p. https://mecc.gov.md/sites/default/files/fizica_gimnaziu_rus.pdf (дата обращения: 26.12.2024).
2. Andronic I., Balmus N. Manualul scolar, profesorul sau/si calculatorul? // Fizica si Tehnologiile Moderne. — 2013. — № 1–2(41–42). — С. 27–32. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/Manualulu%20scolar%20%20profesorul%20sau%20si%20calculatorul.pdf (дата обращения: 26.12.2024).
3. Головин П. П. Фронтальные лабораторные работы и практикум по электродинамике: экспериментальные задания по электродинамике. — Ульяновск: Корпорация технологий продвижения, 2006. — 256 с.
4. File: Relay animation without flyback diode.gif. — URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Relay#/media/File:Relay_animation_without_flyback_diode.gif (дата обращения: 26.12.2024).

Кишиневский государственный
педагогический университет
«Ион Крянгэ»

Поступила в редакцию 28.12.24.

А. И. ГРИБКОВ, Р. В. РОМАНОВ

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА

Описывается доступный пример записи амплитуды затухающих колебаний физического маятника без применения специального лабораторного оборудования с использованием оптического датчика и *Arduino*.

Ключевые слова: эксперимент, физический маятник, запись, колебания.

Изучение теории колебаний на примере физического маятника актуально как для школы, так и последующих ступеней обучения [1, 2]. И еще более интересен эксперимент. Для записи затухающих колебаний в литературе описано достаточное количество решений [3]. Самое простое — использование переменного резистора, у которого есть серьезный недостаток — существенные потери на трение. Другие, так называемые бесконтактные, не влияют на затухание, но они, как правило, сложнее в реализации.

В нашей работе рассмотрим пример, который может быть реализован с использованием доступного конструктора *Arduino*, имеющегося

сейчас практически во всех учебных заведениях, а у многих он есть и дома. Идея эксперимента заключается в измерении интенсивности отраженного поляризованного света. Поляризационную пленку для реализации эксперимента можно взять, например, из ЖК-индикатора сломанного калькулятора, мультиметра и т. д. Если таковых не оказалось, то ее несложно приобрести. На рис. 1 показана конструкция установки. Элементы крепления были напечатаны на 3D-принтере, но могут быть выполнены другим доступным способом.

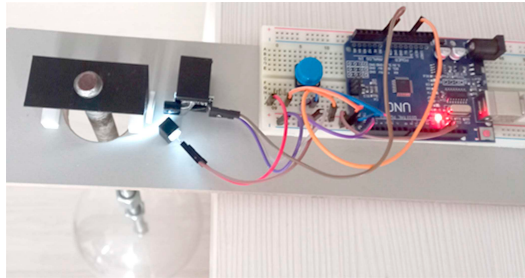


Рис. 1

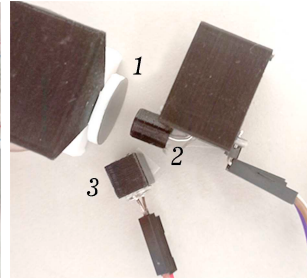


Рис. 2

Вырезаем или печатаем диск 1 (рис. 2), на который с помощью белого двухстороннего скотча крепим поляризационную пленку, обрезав ее по краю диска. Если пленка имеет клеящий слой, то скотч не нужен, но диск должен быть из светлого пластика. Диск приклеиваем на призму — опору маятника, как показано на рисунке. Напротив диска устанавливаем фотодатчик 2, в нашем случае это фоторезистор из набора. Перед ним также закрепляем поляризационную пленку, поместив ее в цилиндрический кожух. В качестве источника света используем светодиод белого света 3. Расположить конструкцию надо так, чтобы не мешала внешняя засветка или прикрыть ее экраном. При колебаниях маятника поворачивается поляризационное зеркало, отраженный свет, проходя через вторую пленку — анализатор, попадает на фоторезистор. Изменение напряжения на нем фиксируем через заданные интервалы времени с помощью *Arduino*.

```
const int knopka=0, rez=A0, led=13;
int val, i, N; float step; unsigned long past_1, past_2;
void setup() {
  Serial.begin (115200);
  N=10000; // максимальное число элементов записи
  step=0.05; // интервал обновления данных
  pinMode(knopka, INPUT_PULLUP); // подтягиваем вход к +5В
  pinMode(rez, INPUT); // устанавливаем порт на ввод
  pinMode(led, OUTPUT); // устанавливаем порт на вывод
  digitalWrite(led, LOW); // выключаем светодиод
  void loop(){
    while (digitalRead(knopka) == HIGH) { } // ждем нажатия кнопки
    digitalWrite(led, HIGH); // включаем светодиод
    delay(2000); // задержка
    i=0; while ((digitalRead(knopka) == HIGH) && (i<N)) {
      // выход из цикла записи по кнопке
      val= analogRead(rez);
      delay(step*1000); // задержка
      Serial.print(step*i); Serial.print(" "); Serial.println(val);
      i=i+1; } digitalWrite(led, LOW); // выключаем светодиод
      delay(1000); }
```

Рис. 3

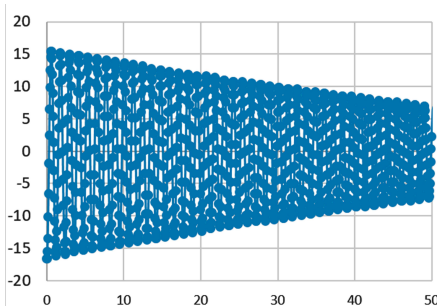


Рис. 4

На рис. 3 представлен скетч прошивки микроконтроллера. Запуск записи производится кнопкой, подключенной к плате. Считанные данные передаются на подключенный к плате ноутбук или компьютер в монитор порта, если используем *Arduino IDE*, откуда могут быть скопированы. Отметим, что это возможно в версиях программы, где монитор порта открывается в отдельном окне. Чтобы получить угол отклонения маятника, необходимо произвести предварительную градуировку, отклоня маятник на известные фиксированные углы, и затем произвести пересчет. На рис. 4 приведен пример результата записи колебаний. В заключении следует сказать, что подобное решение может быть предложено учащимся в рамках проекта, оно доступно для реализации и при этом связывает несколько разделов физики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мякишев Г. Я. Физика. Колебания и волны. 11 кл. Профильный уровень: учеб. для общеобразоват. учреждений / Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков. — М.: Дрофа, 2010. — 287 с.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. Т. I. Механика. — М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2005. — 560 с.
3. Вараксина Е. И., Рудин А. С. Формирование умений компьютерного исследования механических колебаний: Учебное пособие / Под ред. В. В. Майера. — Глазов: ГГПИ, ООО «Глазовская типография», 2012. — 64 с.

Тульский государственный
педагогический университет
имени Л. Н. Толстого

Поступила в редакцию 14.12.24.

И. Ю. ЗВОРЫКИН, М. Р. КАТКОВА, А. Д. ЛИПКИН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛЕНОИДА

Рассмотрены особенности эксперимента по исследованию магнитного поля соленоида. Дано описание экспериментальной установки для демонстрации опытов на базе учебной цифровой лаборатории.

Ключевые слова: магнитное поле соленоида, учебная цифровая лаборатория, сканер, демонстрационный эксперимент по физике.

Современное учебное оборудование дает дополнительные возможности для проведения физических демонстраций. К такому оборудованию можно отнести учебные цифровые лаборатории, содержащие датчики для измерения различных физических величин, которые сложно или невозможно измерить с помощью иного учебного оборудования физического кабинета.

Одним из экспериментов, которые могут быть выполнены с помощью учебной цифровой лаборатории, является изучение магнитного

поля соленоида. Теоретические значения индукции магнитного поля на оси соленоида могут быть получены при использовании закона Био–Савара–Лапласа. Эксперимент состоит в том, что датчик магнитного поля необходимо перемещать вдоль оси соленоида и фиксировать значения индукции магнитного поля и положения датчика.

Описание такого опыта в виде задачи практикума можно найти в современной книге, посвященной физическому практикуму [1, с. 224]. Для выполнения работы используется учебная цифровая лаборатория. В методических рекомендациях к одной из учебных цифровых лабораторий (фирмы «Научные развлечения») можно найти описание работы по измерению магнитного поля на оси тонкой катушки [2, с. 165] и катушек Гельмгольца [2, с. 170]. Однако данные варианты выполнения работы, подходящие для работы практикума, не вполне подходят для выполнения демонстрационного эксперимента.

Для демонстрации требуется определенный темп ее выполнения. Темп построения преподавателем графика по отдельным точкам может оказаться существенно менее подходящим для демонстрации, чем темп, при котором данные появляются на графике автоматически в ходе самого эксперимента. Определенные трудности могут также возникнуть при попытке перемещения датчика строго вдоль оси соленоида, что требуется осуществить для данного опыта.

Программное обеспечение учебной цифровой лаборатории легко может отображать в виде графика зависимость магнитного поля от времени. Но для демонстрации требуется отображение зависимости магнитного поля от координаты датчика на оси соленоида. Если обеспечить равномерное движение датчика вдоль оси соленоида с известной скоростью, то эти графики совпадут с точностью до масштаба по оси X . Но технически обеспечить ручную равномерное движение с определенной скоростью очень непросто.

Все эти проблемы решаются использованием совместно с учебной цифровой лабораторией несложного самодельного сканирующего устройства, созданного в ходе школьной проектной деятельности, и уже нашедшего применение для решения ряда задач [3, 4]. Для создания сканера были использованы элементы конструктора *Lego Mindstorms EV3*: сервомотор и программируемый блок. Несложная программа для работы сканера, выполненная учащимися, позволит позиционировать с помощью сканера датчик вдоль требуемой оси и автоматически определять и отображать на экране программируемого блока скорость этого движения.

В качестве соленоида нами была использована одна из катушек учебного прибора «Демонстрационная катушка с сердечником» [5, с. 249]. Она соответствует по длине размеру имевшегося в нашем распоряжении датчика магнитного поля [6, с. 47]. Для катушки (соленоида) больших размеров (длиной более 200 мм) мы использовали самодельное оборудование для измерения магнитного поля в виде датчика Холла SS495 и микроконтроллерного модуля *Arduino*. После определенной градуировки отображение в ходе эксперимента зависимости

магнитного поля от времени возможно с помощью инструмента *Serial Plotter* среды программирования *Arduino IDE*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарчевский А. Е. Практикум по физике. Профильный уровень обучения. 7–11 классы. — М.: МЦНМО, 2021. — 408 с.
2. Поваляев О. А., Ханнанов Н. К., Хоменко С. В. Цифровая лаборатория ТР по физике (ученическая): методическое пособие. — М.: Де'Либли, 2023. — 188 с.
3. Зворыкин И. Ю., Каткова М. Р. Учебный проект по созданию компьютеризированной экспериментальной установки для изучения поглощения света в жидкости // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 38. — М.: ИСРО РАО, 2023. — С. 95–98.
4. Зворыкин И. Ю., Каткова М. Р., Смирнова Е. А., Зворыкин А. И. Компьютеризация учебного эксперимента по изучению распределения энергии в дисперсионном спектре ламп накаливания // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 35. — М.: ИСРО РАО, 2022. — С. 79–81.
5. Покровский А. А. Оборудование физического кабинета: Пособие для учителя / Акад. пед. наук РСФСР. Ин-т методов обучения. — М.: Учпедгиз, 1958. — 423 с.
6. Цуцких А. Ю., Поваляев О. А., Жилин Д. М., Сазонов М. М., Мирошниченко П. В. Краткое руководство по эксплуатации цифровой лаборатории — М.: Де'Либли, 2021. — 72 с.

Национальный исследовательский
Нижегородский государственный
университет им. Н. И. Лобачевского

Поступила в редакцию 29.12.24.

Р. Г. ИСМАГИЛОВ, К. Л. ЛЕВИН, Д. В. РЯБОКОНЬ, А. В. ЧЕРНЯЕВ

ВОЛНОВЫЕ ФУНКЦИИ И ЭНЕРГИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СОСТОЯНИЙ ЭЛЕКТРОНОВ В РАМКАХ ОДНОМЕРНОЙ МОДЕЛИ КРИСТАЛЛА

Предложен алгоритм получения волновых функций и значений энергии для уровней Тамма в рамках одномерной модели кристалла. Результаты можно использовать либо как компьютерную лабораторную работу, либо как демонстрацию поверхностных состояний в кристаллах.

Ключевые слова: уровни энергии, волновая функция, квазипериодичность, запрещенная зона.

Модель Кронига–Пени всегда привлекала к себе внимание простой и скоростью получения физически значимого результата [1]. В чистом виде это одномерная модель кристалла, и в ней легко продемонстрировать зонную структуру энергетического спектра [2], найти

границы разрешенных энергетических зон, эффективную массу электрона, явно построить волновые функции. Волновые функции состояний, входящих в разрешенные энергетические зоны, обладают свойством квазипериодичности (q — квазиимпульс):

$$\psi(x + na, q) = e^{inqa} \psi(x, q),$$

модули таких функций уже периодические функции.

Но не трудно построить решения уравнения Шредингера для модели Кронига–Пени, которые обладают трансляционным свойством

$$\psi(x + na, \mu) = \mu^n \psi(x, \mu),$$

где параметр μ полностью определяется свойствами модели:

$$\mu = b(k) \pm \sqrt{b^2(k) - 1}, \quad b(k) = \cos ka + \frac{c}{2k} \sin ka;$$

(c — параметр барьера, a — период решетки, $k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$ — волновое число).

Параметр μ принимает вещественные значения, если энергия E находится в запрещенной зоне, то есть $|b(k)| \geq 1$. При этом волновые функции $\psi(x, \mu)$ не нормируемы, если рассматривать такие решения на всей числовой оси: в зависимости от значения μ эти функции неограниченно растут при $x \rightarrow \infty$ или $x \rightarrow -\infty$. Но такие решения могут быть использованы для построения волновых функций состояний, локализованных вблизи поверхности кристалла. Такие состояния, локализованные вблизи поверхности с энергией в запрещенной зоне, соответствуют уровням Тамма.

Для определения уровней Тамма в одномерной модели будем считать, что потенциал $U(x)$ при $x < 0$ постоянен и равен некоторому положительному значению U_0 , а при $x > d$ потенциал совпадает с потенциалом модели Кронига–Пени (первый барьер в точке $x = d$). В интервале $(0, d)$ потенциал меняется по закону $U(x) \in (0, U_0)$, который моделирует изменение потенциальной энергии электрона при приближении к поверхности (рис. 1).

При энергии $E < U_0$ волновая функция в области $x < 0$ (то есть снаружи кристалла) экспоненциально убывает по мере удаления от поверхности кристалла, а при $x > d$ с точностью до числового множителя совпадает с решением $\psi(x - d + a, \mu_2)$, которое стремится к нулю при $x \rightarrow \infty$. В области $(0, d)$ волновая функция совпадает с решением уравнения Шредингера:

$$\Phi'' + (k^2 - U_1(x))\Phi = 0, \quad k^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}, \quad U_1(x) = \frac{2m}{\hbar^2} U(x). \quad (1)$$

Окончательно

$$\Psi(x) = \begin{cases} Be^{\sigma x}, & x < 0 \\ \Phi(x), & x \in (0, d) \\ \psi(x - d + a, \mu_2), & x > d \end{cases} \quad \sigma = \frac{1}{\hbar} \sqrt{2m(V_0 - E)} = \sqrt{s^2 - k^2}. \quad (2)$$

На границах интервала $(0, d)$ тогда должны выполняться следующие условия:

$$\Phi(0) = B, \quad \Phi'(0) = B\sigma, \quad (3)$$

$$\Phi(d) = \psi(a, \mu_2), \quad \Phi'(d) = \psi'(a - 0, \mu_2), \quad (4)$$

из которых следуют краевые условия для $\Phi(x)$:

$$\Phi'(0) - \sigma\Phi(0) = 0, \quad (5)$$

$$\Phi'(d)\psi_2(a) - \Phi(d)\psi_2'(a - 0) = 0. \quad (6)$$

Уравнения (1), (5), (6) задают краевую задачу, решением которой являются значение энергии и волновая функция вблизи поверхности кристалла. Эту задачу не трудно решить численно, используя, например, средства *MathCAD*.

Определение энергии уровня Тамма и соответствующей волновой функции можно использовать либо как тему индивидуальной творческой работы, либо как компьютерную лабораторную работу. План такой лабораторной работы может выглядеть следующим образом.

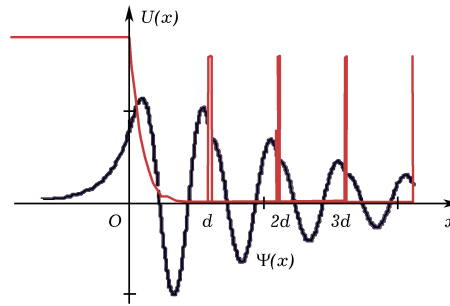


Рис. 1. Графики потенциала и волновой функции

1. По заданным параметрам модели (период решетки a , параметр барьера c) находим границы запрещенной зоны.

2. Выбираем значение k из запрещенной зоны в качестве пробного значения.

3. Запускаем процедуру **sbval**, выбрав начальные условия в соответствии с уравнением (5) и требуя выполнения условия (6) в точке $x = d$. Результатом выполнения процедуры **sbval** является значение k (найденное с конечной точностью), при котором решение уравнения (1) удовлетворяет граничным условиям (5), (6).

4. По значению k находим энергию состояния: $E = k^2 \hbar^2 / 2m$.

5. Строим волновую функцию по формулам (2). При этом решение при $x < 0$ полностью определено: в интервале $(0, d)$ уравнение (1) следует решить численно, используя найденное значение k , граничные условия (3) и одну из программ *MathCAD*. Наконец, при $x > d$ решение должно совпадать с $\psi(x, \mu_2)$ и стремиться к нулю при $x \rightarrow \infty$. Пример графика волновой функции показан на рис. 1.

6. Изучаем зависимость энергии уровня Тамма от параметров потенциала $U(x)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галицкий В. М., Корнаков Б. М., Коган В. И. Задачи по квантовой механике. — М.: Наука, 1992.

2. Исмагилов Р. Г., Рябоконь Д. В. Компьютерная лабораторная работа по квантовой механике в среде *MathCAD* // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 38. — М.: ИСРО РАО, 2023. — С. 98–100.

Военная орденов Жукова и Ленина
Краснознаменная академия связи
имени Маршала Советского Союза
С. М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Поступила в редакцию 30.12.24.

А. Ю. КАНАЕВА

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕНТРА ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАНИЯ «IT-КУБ» НА УРОКАХ ФИЗИКИ

Предлагается вариант цифровой лаборатории для использования на уроках физики. Мобильное приложение лаборатории создано в среде блочного программирования *App Inventor*. Для работы с цифровым датчиком используются платы от российских разработчиков, которые входят в состав высокотехнологичного оборудования центра «IT-куб». Связь между контроллером и мобильным приложением осуществляется по *Bluetooth*.

Ключевые слова: цифровая лаборатория, датчик температуры, *Arduino*-подобная плата, мобильное приложение.

В рамках федерального проекта «Цифровая образовательная среда» национального проекта «Образование» в школах открылись центры цифрового образования детей «IT-куб» [1]. Такие центры оснащены высокотехнологичным оборудованием, в том числе наборами конструкторов на базе *Arduino*-подобных плат. Использование оборудования в процессе обучения физике — одно из направлений работы центра.

В состав оборудования центра входят конструкторы программируемых моделей инженерных систем (КПМИС) от компании «Прикладная робототехника» [2] и *Vex*-наборы с системой управления от компании «Экзамен Технолаб» [3]. Обе компании — российские. Платы этих конструкторов построены на основе *Atmega 2560*, соединенной с модулем *Esp 32* по протоколу *UART*. Модуль *Esp 32* позволяет достаточно просто организовать передачу данных с *Atmega 2560* на любое устройство по *Bluetooth* или *Wi-fi*. Вдохновившись примером *Arduino Science Journal* [4] — мобильным приложением, позволяющим регистрировать данные с датчиков, подключенных к специальной *Arduino*-подобной плате, в режиме реального времени — мы решили создать свое мобильное приложение цифровой физической лаборатории.

Датчиков в составе наших конструкторов мало, так как основное их предназначение — разработка и программирование моделей промышленных и автономных мобильных роботов. С другой стороны — приобретение нескольких датчиков вполне доступно по цене и несравнимо меньше стоимости специальной платы для работы с *Arduino Science Journal*. В рамках создания минимально жизнеспособного продукта (*MVP*) мы разработали мобильное приложение, которое позволяет получать данные с герметичного датчика температуры *DS18B20* и отображать их в виде чисел и графика. Чтобы датчиком было удобнее пользоваться на макетной плате, к его выводам припаяны провода с пластиковым коннектором и штырьком на конце. Схема подключения датчика *DS18B20* доступна в интернете, например, на сайте Амперка [5].

Данные с датчика температуры считываются платой *Atmega 2560* и по последовательному порту передаются на *Esp 32*, которая по *Bluetooth* отправляет их в мобильное приложение. Мобильное приложение построено в среде *App Inventor* с помощью программных блоков. Пользователю приложения необходимо включить плату, подключив ее к источнику питания. На своем мобильном устройстве в настройках *Bluetooth* нужно выполнить сопряжение с платой, которая в списке доступных устройств будет отображаться как *Laboratoria*. Далее требуется запустить мобильное приложение и выбрать сопряженное устройство для соединения по *Bluetooth*. Как только подключение выполнится, текущее значение температуры будет отображаться на экране в режиме реального времени. Параллельно строится график изменений температуры во времени.

Модули *Atmega 2560* и *Esp 32* прошиваются отдельно. Сначала нужно прошить модуль *Esp 32*, подключив его к источнику питания, затем *Atmega 2560*. Примеры прошивок с комментариями мы разместили в облачном хранилище [6]. Там же размещен файл *termometer.apk*, который можно скачать на мобильное устройство и установить приложение. Для инициализации обмена данными на плате «КПМИС» нужно передвинуть переключатель из положения *USB*, которое использовалось во время прошивки *Esp 32*, в положение *MCU*. На плате «Технолаб» такого переключателя нет. Мы экспериментировали с платами от обоих конструкторов. Обе они хорошо сопрягаются с мобильным приложением и передают в него данные.

Таким образом мы получили, пока еще маленькую, цифровую лабораторию, которую уже можно использовать на лабораторных работах по физике, например, для определения удельной теплоемкости твердого тела, заменив обычный термометр цифровым. Создание цифровой физической лаборатории по уровню сложности доступно пониманию и реализации обучающимся в центре «ИТ-куб» и само по себе может быть учебным проектом в рамках дополнительного образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Центры цифрового образования детей «ИТ-КУБ»: офиц. сайт. — URL: <https://it-cube.ficto.ru/> (дата обращения: 19.12.2024).

2. Прикладная робототехника: офиц. сайт. — URL: <https://appliedrobotics.ru/> (дата обращения: 19.12.2024).
3. Экзамен Технолаб: офиц. сайт. — URL: <https://examen-technolab.ru/main> (дата обращения: 19.12.2024).
4. Arduino Science Journal: офиц. сайт. — URL: <https://www.arduino.cc/education/science-journal> (дата обращения: 10.12.2024).
5. Датчик температуры DS18B20: подключение, распиновка и примеры работы / Амперка Вики: сайт. — URL: <https://wiki.amperka.ru/products:sealed-temperature-sensor-ds18b20> (дата обращения: 12.11.2024).
6. Доступ к файлам проекта цифровой лаборатории на Яндекс Диске. — URL: https://disk.yandex.ru/d/zoKz0xy_TEhTPA (дата размещения: 05.01.2025).

Центр цифрового образования детей
«IT-куб» на базе МОУ лицей № 3
города Галича Костромской области

Поступила в редакцию 06.01.25.

Е. С. КОЩЕЕВА, Е. П. МАТВЕЕВА

РЕШЕНИЕ ВИЗУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ В КУРСЕ ФИЗИКИ

Рассмотрены возможности информационных технологий для решения заданий по физике, представленных в визуальной форме.

Ключевые слова: графическая грамотность, информационная грамотность, графическая физика, моделирование, интерактивное задание.

Графическая грамотность определяется, как способность понимать информацию, представленную в графической форме. Исследования, проведенные психологами, показали, что учащиеся в целом значительно различаются по своей способности понимать графическую информацию и извлекать пользу из визуальных форм представления информации. Другими словами, учащиеся с более высоким уровнем графической грамотности точнее интерпретируют представленную информацию.

Набор навыков обработки информации рассматривается в сфере образования как часть информационной грамотности. Информационная грамотность определяется как принятие соответствующего информационного поведения для получения с помощью любого канала или средства информации, которое соответствует информационным потребностям, а также критическое осознание важности разумного и осознанного использования информации для решения поставленной задачи. Повышение информационной грамотности улучшает критическое мышление учащихся и учителей и позволяет им выбирать полезную информацию. Мы предположили, что информационная грамотность включает в себя числовую, графическую и лингвистическую грамотность.

Представим примеры интерактивных заданий (визуальных заданий) в рамках экспериментальной физики с использованием информационных технологий. Их можно отнести к разделу графическая физика — это небольшая интерактивная программа *Numpty Physics* и решение или конструирование головоломок на основе машин Голдберга (программа *Заработало!*) [1].

Для решения уровня или самостоятельного моделирования машин Голдберга учащемуся предлагается значительный набор элементов, при работе с которыми надо учитывать физические законы, такие, например, как: закон сохранения и превращения энергии (механическая энергия, кинематические связи, энергия расширяющихся газов, электромагнитная энергия); закон всемирного тяготения; закон Гука; закон сохранения импульса (импульс любой замкнутой системы при всех процессах, происходящих в системе, остается постоянным (сохраняется) и может только перераспределяться между частями системы в результате их взаимодействия); законы Ньютона; законы электромагнетизма; законы оптики.

У учащихся есть возможность решить уровни, предлагаемые авторами, 200 заданий или предложить свое инженерное решение, составить машину Голдберга по заданию учителя в виртуальной лаборатории. У заданий нет списка последовательности действий для выполнения есть незначительные комментарии, например: создайте игру робото-боулинг (есть лишние элементы на схеме), дистанционно полейте цветы (есть лишние элементы в схеме), составить электрическую цепь работающего разрядника (лишних элементов в схеме нет), доработать устройство для тестирования футбольных мячей с использованием магнита (лишних элементов в схеме нет), поэкспериментируйте с паровым двигателем, необходимо, чтобы свисток на нем засвистел (лишних элементов в схеме нет) и др. Учащийся получает возможность применить полученные знания на уроке в решении физических головоломок.

Конечно, решаемые конструкции могут не представлять практической значимости, но для создания машин Голдберга необходимо знать законы физики, уметь рассчитывать отдельные элементы конструкции, необходимо понимать, как взаимосвязаны используемые элементы, можно добавить электронные приборы и тогда получится более сложная система с датчиками, которая выполняет заранее программируемые действия.

В программе *Numpty Physics* моделируется взаимодействие твердых тел в двухмерном пространстве. Предлагаемые задачи для решения имеют разнообразные способы реализации, что позволяет организовать обсуждение предлагаемого. Учащийся самостоятельно изображает любые тела в рабочей области, получается рисунок, но на нем все нарисованное подчиняется законам физики. Например, изображение отрезка в воздухе — он падает вниз, пока не встретит препятствие; окружность (круглый камень) на вершине горы — он скатится вниз, а если на его пути находится какой-то предмет, то ударится с ним и они

будут двигаться вместе, а если требуется сдвинуть какой-либо предмет, находящийся на ровной поверхности, то необходимо нарисовать точку опоры, рычаг, можно также соединять между собой предметы, образуя систему для достижения поставленной цели (соприкосновение камня с предметом).

Выполнение заданий с использованием графических изображений учащимися без предоставления инструкций по выполнению является нестандартной задачей во многих отношениях. Такие задачи относительно редки в физическом образовании, требуют больше работы для усовершенствования и улучшения. Кроме того, многие обучающиеся привыкли к традиционным заданиям и задачам, и их может быть сложно заинтересовать в предлагаемом формате работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошеева Е.С., Матвеева Е.П. Организация лабораторных занятий по физике в открытом формате // Методика преподавания в современной школе: актуальные проблемы и инновационные решения. Материалы II Российско-узбекской научно-практической конференции. — Санкт-Петербург, 2024. — С. 402–408.

Уральский государственный
педагогический университет

Поступила в редакцию 02.01.25.

Д. В. ЛОГИНОВ, Д. В. ЛОБОВ, Р. Н. ОСАУЛЕНКО

ПРОБЛЕМА ОПИСАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ОБЪЕКТНО–ОРИЕНТИРОВАННОМ ПОДХОДЕ ПРИ СОЗДАНИИ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Выбранный метод преподавания, основанный на решении простых примеров, с последующим их усложнением, позволяет закрепить и углубить знания в рассматриваемой области применения. В данной работе показан пример решения задачи по механике с применением ООП.

Ключевые слова: объектно–ориентированное программирование (ООП), иерархия классов, объектная декомпозиция, механика, вычислительная математика.

Объектно–ориентированное программирование (ООП) — это парадигма, которая позволяет разработчикам моделировать сущности реального мира как объекты, интегрируя (инкапсулируя) их свойства (атрибуты) и поведение (методы). Этот подход особенно полезен при создании физических моделей, поскольку он позволяет более интуитивно представлять сложные системы. Однако эффективное описание объектов может быть сложной задачей, особенно при рассмотрении взаимодействия между различными сущностями.

В этом контексте проанализировано моделирование простого физического сценария: лодка движется перпендикулярно берегу реки (рис. 1). Ее скорость $\vec{v}$ равна 2 м/с относительно воды. Определить время движения лодки к другому берегу, если ширина реки 80 м, а скорость $\vec{v}_2$ течения 1 м/с [1].

Идея метода с использованием классической алгоритмической абстракции.

1) Сначала необходимо определить скорость лодки с учетом течения реки: так как $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$, то

$$v_1 = \sqrt{v^2 - v_2^2}.$$

2) В итоге, время движения лодки от берега до берега: $t = S/v_1$.

Чтобы смоделировать этот сценарий с использованием объектной абстракции, необходимо будет определить несколько классов. Очевидно, что основными сущностями в данной проблеме будут являться «лодка» и «река». Проанализируем различные конструкции классов, которые могут представлять лодку, реку и моделирование переправы.

Варианты проектирования классов

Вариант 1:

1. Класс «Река»
 - Свойства: ширина, скорость_реки
 - Методы: *getWidth()*, *getCurSpeed()* // «получить_ширину», «получить_скорость»
2. Класс «Лодка»
 - Свойства: скорость_лодки
 - Методы: *getSpeed()* // «получить_скорость»
3. Класс «Модель переправы» (*CrossSimulation*)
 - Свойства: река, лодка
 - Методы: *calculateTimeToCross()* // «расчет_времени_для_переправы»

Эта базовая конструкция охватывает основные атрибуты и методы, необходимые для вычисления времени передвижения. Класс «*CrossSimulation*» использует ширину реки и скорость лодки для определения времени пересечения. Однако в этой конструкции не учитывается смещение лодки по течению.

Вариант 2:

1. Класс «Река»
 - Свойства: ширина, скорость_реки
 - Методы: *getWidth()*, *getCurSpeed()*, *calcDisp(time)* // «получить_смещение_лодки»
2. Класс «Лодка»
 - Свойства: скорость_лодки

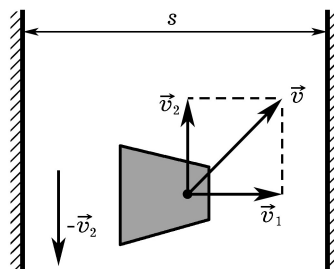


Рис. 1. Лодка движется к берегу со скоростью $\vec{v}_1$. Скорость течения реки $-\vec{v}_2$

– Методы: *getSpeed()*, *calcEffectiveSpeed(angle)* // «получить_скорость_по_углу»

3. Класс «Модель переправы» (*CrossSimulation*)

– Свойства: река, лодка

– Методы: *calculateTimeToCross()*, *calculateFinalPosition()*

В этой расширенной конструкции класс «Река» включает в себя метод для расчета смещения вниз по течению на основе времени, необходимого для пересечения реки. Класс «Лодка» также включает методы расчета эффективной скорости на основе угла движения, если лодка не движется строго перпендикулярно течению. Этот вариант обеспечивает более полное понимание динамики в модели.

Вариант 3:

1. Класс «Река»

– Свойства: ширина, скорость_реки

– Методы: *getWidth()*, *getCurSpeed()*

2. Класс «Лодка»

– Свойства: скорость_лодки, угол // угол относительно берега реки

– Методы: *getSpeed()*, *getAngle()*, *calculateTrajectory()*

3. Класс «Модель переправы» (*CrossSimulation*)

– Свойства: река, лодка

– Методы: *calculateTimeToCross()*, *calculateFinalPosition()*, *simulationCrossing()*

4. Класс «Траектория»

– Свойства: x , y , время

– Методы: *updatePosition(deltaTime)*

В этой более общей модели вводится класс «Траектория» для отслеживания положения лодки с течением времени. Класс «Лодка» теперь включает свойство «угол», что позволяет рассчитывать более сложное движение (например, лодке может потребоваться скорректировать свой курс для противодействия течению). Класс «Модель переправы» теперь может имитировать переправу для заданного времени, обновляя положение лодки на основе ее скорости, угла и течения реки.

Описание объектов в объектно-ориентированном подходе для физического моделирования включает рассмотрение свойств и поведения каждой сущности. Сложность модели может значительно различаться в зависимости от требований симуляции. В конечном итоге выбранная конструкция должна сочетать в себе простоту и полноту, гарантируя, что модель точно отражает моделируемые физические явления, оставаясь при этом «управляемой» для последующего усложнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дегтярев Б. И., Дегтярева И. Б., Пожидаев С. В. Решение задач по физике на программируемых калькуляторах. — М.: Просвещение, 1991. — 256 с.

Петрозаводский государственный университет

Поступила в редакцию 24.12.24.

С. В. МАРКОВ

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНОЙ КЛАВИАТУРЫ
В ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ
ARDUINO MEGA 2560 ДЛЯ УЧЕБНОГО
ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

В работе рассматривается возможность замены инкрементального энкодера в цифровой лаборатории матричной клавиатурой для выбора нужной функции датчиков физических величин. Приведены краткие сведения об изготовлении матричной клавиатуры. Описано подробное руководство по разработке программ для обвязки алгоритма работы матричной клавиатуры с основным программным продуктом цифровой лаборатории.

Ключевые слова: микроконтроллерная плата *Arduino MEGA 2560*, матричная клавиатура, выбор функций цифровых датчиков физических величин, натурный компьютерный эксперимент по физике.

В статье [1] показана возможность создания в совместной проектной деятельности школьного учителя и обучающихся современной цифровой лаборатории на базе микроконтроллерной платформы *Arduino MEGA 2560*, предназначенной для демонстрационного и лабораторного физического эксперимента. В процессе применения данного устройства в учебном эксперименте, выяснилось, что по мере увеличения количества подключаемых датчиков физических величин снижается эффективность использования инкрементального энкодера, поскольку требуется многократное вращение его оси. Возможным выходом из сложившейся ситуации нами был рассмотрен вариант применения матричной клавиатуры. Поэтому в качестве объекта исследования был выбран метод формирования произвольного числа с применением клавиатуры, что существенно ускорит выбор нужной функции к используемому датчику. Существенным моментом остается основная программа цифровой лаборатории, алгоритм которой при внедрении матричной клавиатуры должен остаться прежним с возможностью постоянного его расширения. Использование данного метода позволит в кратчайшее время набирать любое натуральное число, например, в диапазоне от 0 до 9999. В данной статье рассмотрен порядок подключения матричной клавиатуры к имеющемуся прибору [1] и разработка программы для считывания вводимых значений с использованием библиотеки *Keypad.h* [2]. С помощью данной библиотеки можно легко интегрировать матричные клавиатуры в свои проекты и обрабатывать вводимые значения на платформе *Arduino*. Создание подобных цифровых ресурсов является важной и интересной проблемой в проектной деятельности школьного учителя и обучающихся, осваивающих основы программирования микроконтроллерных устройств в рамках элективного курса.

В нашем устройстве применяется изготовленная в школьных условиях матричная клавиатура, состоящая из 16 клавиш (4 столбца и 4 строки). В качестве доступного материала для изготовления клавиатуры был выбран вышедший из строя микрокалькулятор МКШ-2. Можно воспользоваться фабричной матричной 16-кнопочной клавиатурой 4×4 , которая специально предназначена для реализации различных проектов на базе микроконтроллерной платформы *Arduino* [5, 6]. Общий вид разработанного прибора с матричной клавиатурой представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид прибора

Электрическая схема соединения клавиш матричной клавиатуры показана на рис. 2. Строковые выводы подключены к аналоговым пинам *A2*, *A3*, *A4*, *A5* *Arduino MEGA 2560*, которые запрограммированы как цифровые в режиме *OUTPUT*. Выводы столбцов подключены к цифровым пинам *D42*, *D43*, *D44*, *D45* и запрограммированы на режим *INPUT*. Чтобы свести к минимуму дребезг контактов при нажатии клавиш, предусмотрена программная задержка сканирования клавиш, примерно, на 50 мс и дополнительно к столбцам подключены резисторы *R1*, *R2*, *R4*, *R5*.

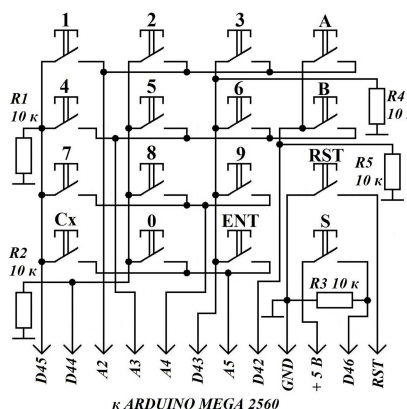


Рис. 2. Электрическая схема матричной клавиатуры

При нажатии на каждую клавишу замыкаются контакты между конкретным столбцом и конкретной строкой, которая определяется с помощью разработанной программы. В матричной клавиатуре для отыскания нажатой клавиши применяется метод «динамического сканирования» [4].

Основное назначение применяемой клавиатуры в нашем проекте, как уже было отмечено выше — это программное формирование любого натурального числа. При исполнении данной программы переменной «*KL*» присваивается набранное с помощью клавиш натуральное число, которое определяет ссылку на номер выбранной функции к датчику. Рабочую программу можно разработать на базе готовых программ, например, воспользовавшись скетчем для микрокалькулятора на *Arduino UNO* [3].

Разработанную программу можно внедрить в основную программу управления прибором, в которой ранее использовался инкрементальный энкодер. Для этого в предыдущей программе необходимо удалить все элементы, которые были связаны с энкодером. Таким образом, разработанная программа управления прибором с применением матричной клавиатуры, стала более удобной в работе из-за устранения лишних операций, связанных с работой инкрементального энкодера. В целом работа с прибором на базе новой программы осталась прежней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марков С.В. Доступная цифровая лаборатория на базе платформы *Arduino MEGA 2560* для учебного физического эксперимента // Учебная физика. — 2024. — № 3. — С. 52–66.
2. Библиотека *Keypad* для подключения клавиатуры 4 на 4. — URL: <https://rxtx.su/mikrokontrollery/arduino/biblioteki-dlya-arduino/biblioteka-keypad-dlya-podklyucheniya-klaviaturny-4-na-4/>.
3. Делаем калькулятор *Arduino* с клавиатурой и ЖК-дисплеем. — URL: <https://arduinoplus.ru/arduino-calculator/>.
4. Матричная клавиатура на *Arduino*. Опрос кнопок. — URL: <https://wreckage.ru/open-source-lock-system-on-arduino/>.
5. Модуль клавиатуры 4 на 4. — URL: <https://rxtx.su/moduli-i-datchiki/modul-klaviaturny-4x4/>.
6. Подключение матричной мембранной клавиатуры к *Arduino*. — URL: <https://robotchip.ru/podklyuchenie-matrichnoy-membrannoy-klaviaturny-k-arduino/>.

МКОУ «Гыинская СОШ»,
дер. Старая Гыя

Поступила в редакцию 25.12.24.

А. А. САЛТАНОВ, А. Ф. БУШ

ВНЕДРЕНИЕ МОДЕЛИ 3D-ПЕЧАТНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС КАК ЭФФЕКТИВНОГО СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИКИ

Статья представляет собой обзор трехмерного печатного электродвигателя как средства повышения интереса к изучению физики. Работа направлена на внедрение 3D-моделирования в учебный процесс как средства повышения мотивации обучающихся. Работа может быть полезна для учителей физики, заинтересованных в повышении мотивации учащихся и развитии их практических навыков. Результаты исследования могут быть использованы в учебном процессе для проведения лабораторных работ по электродинамике.

Ключевые слова: 3D-печатный электродвигатель, фронтальная лабораторная работа, повышение успеваемости, учебный процесс, мотивация, физика, методика.

В современном мире, особенно в контексте цифровизации, технологии развиваются стремительными темпами, и образование не может оставаться в стороне от этого процесса. Одним из инновационных методов, который может значительно повысить мотивацию учащихся к изучению физики, является внедрение модели 3D-печатного электродвигателя в учебный процесс.

3D-печать — это технология послойного создания физического объекта на основе цифровой 3D-модели. Она позволяет создавать сложные формы и конструкции, которые трудно или невозможно изготовить традиционными методами.

Преимущества использования модели 3D-печатного электродвигателя:

- **Визуализация.** Модель электродвигателя позволяет учащимся наглядно увидеть, как работает электрическая машина. Это способствует лучшему пониманию принципов работы и может повысить интерес к физике.
- **Практический опыт.** Изготовление модели электродвигателя своими руками может стать интересным и полезным опытом для учащихся. Они могут самостоятельно изучить процесс создания модели и получить практические навыки работы с 3D-принтером.
- **Мотивация.** Работа с 3D-принтером может быть увлекательной и творческой. Это может повысить мотивацию учащихся к изучению физики и стимулировать их интерес к науке и технике.
- **Применение в проектах.** Модель электродвигателя может быть использована в различных проектах и исследованиях. Это может стать основой для создания более сложных устройств или прототипов.

Таблица 1
Внедрение модели 3D-печатного
электродвигателя в учебный процесс

Этап внедрения	Описание
Выбор оборудования	Для изготовления модели электродвигателя потребуется 3D-принтер. Существует множество моделей с различными характеристиками и возможностями. При выборе оборудования необходимо учитывать потребности учебного процесса и бюджет.
Подготовка материалов	Для изготовления модели потребуется материал, который может быть использован 3D-принтером. Это может быть пластик, металл или другой подходящий материал.
Разработка модели	Перед изготовлением модели необходимо разработать 3D-модель электродвигателя или взять готовую разработку. Это можно сделать с помощью специализированных программ для 3D-моделирования.
Печать модели	После разработки модели можно приступить к печати. Необходимо следовать инструкциям по эксплуатации 3D-принтера и обеспечить безопасность при работе с оборудованием.
Анализ результатов	После печати модели можно провести анализ результатов. Учащиеся могут обсудить принципы работы электродвигателя, его преимущества и недостатки.
Применение в исследованиях	Модель электродвигателя может быть использована в исследовательских проектах. Учащиеся могут изучить влияние различных параметров на работу электродвигателя и провести эксперименты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буш А. Ф. Цифровизация в обучении физике // Педагогическое образование и наука. — 2021. — № 5. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47562410> (дата обращения: 15.12.2024).
2. Гриц М. А., Дегтярева А. В., Чеботарева Д. А. Возможности 3D-технологий в образовании [Электронный ресурс]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-3d-tehnologiy-v-obrazovanii> (дата обращения: 19.11.2024).
3. Холина С. А. Учебно-методический комплект по физике для основной школы // Вестник Московского Государственного областного университета. Серия: физика-математика. — 2012. — № 3. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19396058> (дата обращения: 10.12.2024).

Государственный университет
просвещения (Москва)

Поступила в редакцию 29.12.24.

О. А. ЯВОРУК

ИЗУЧЕНИЕ БРОУНОВСКОГО ДВИЖЕНИЯ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ФИЗИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Когда вербальные аргументы становятся неэффективными, экспериментальные демонстрации и наблюдательные приборы оказываются дорогими или недоступными, а двумерные плоские экраны компьютеров ограничены по размеру, виртуальная реальность становится незаменимой. Описываемое автором приложение виртуальной реальности может служить навигатором для изучения физических явлений на примере броуновского движения.

Ключевые слова: обучение физике, физические явления, броуновское движение, новые технологии, виртуальная реальность, виртуальные туры.

Виртуальная реальность открывает возможности, которых нет при использовании традиционных методов обучения [1]. Одной из популярных версий аппаратного и программного обеспечения виртуальной реальности является технология виртуальных туров. Виртуальные туры представляют собой наборы интерактивных панорамных слайдов (360-градусных фотографий или видео) с возможностью перемещения между ними. Существует множество программных средств для создания и просмотра виртуальных туров на компьютерах, мобильных устройствах и в очках виртуальной реальности, а также рекомендаций по их использованию в процессе обучения [2].

Проиллюстрировать изучение физических явлений с использованием технологий виртуальной реальности можно на примере броуновского движения. Для этого понадобится любое устройство виртуальной реальности. На это устройство устанавливается предлагаемое мобильное приложение «*Physical Phenomena: Brownian Motion*», разработанное с применением технологии виртуальных туров.

При запуске приложения открывается главное меню в качестве первого панорамного слайда: здесь начинается виртуальный тур. Переходы к другим панорамам осуществляются путем нажатия на иконки, расположенные вокруг обучающегося внутри виртуальной реальности. После адаптации и изучения окружающего виртуального пространства обучающийся переходит к следующей панораме. Панорамы виртуального тура: «*Main Menu*» (главное меню); «*Physical Phenomena*» (физические явления); «*Generalized Plan*» (обобщенный план изучения явлений); «*The Essence of Brownian Motion*» (описание сущности броуновского движения); «*Brownian Motion Timeline*» (таймлайн исследований броуновского движения); «*Demonstrations*» (демонстрации броуновского движения); «*Quizzes and Quests*» (викторины и квесты); «*Labworks*» (описание рекомендуемых практических работ). Порядок изучения слайдов виртуальной реальности зависит от учебной цели.

Понятие броуновского движения имеет отношение не только к физике, но и другим дисциплинам: астрономии, биологии, химии, философии, психологии, экономике, демографии, финансовым наукам, компьютерному искусству, художественной литературе и многим другим. Оно естественным образом используется при решении проблем междисциплинарного обучения. Приложение выполнено с англоязычным интерфейсом и может быть использовано обучающимися, увлекающимися английским языком: таких очень много как среди тех, кто считает себя «гуманитариями», так и среди тех, кто увлечен изучением технических дисциплин.

Многие учащиеся проявляют больший интерес к обучению, если на занятиях по физике присутствуют натурные наблюдения и эксперименты. Данное приложение служит навигатором для изучения физических явлений на примере броуновского движения: оно является универсальным руководством, но не заменяет и не подменяет тех аспектов обучения, которые не поддаются трансляции в виртуальную реальность. Большинство интересных и полезных современных образовательных ситуаций происходит при комбинировании деятельности учителя и учащихся внутри и вне виртуальной реальности. Эти идеи не конфликтуют друг с другом, а их объединение или сочетание приводит к более высоким результатам: преподавание с использованием виртуальной реальности всегда стимулирует интерес учащихся к физике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Feridun, K. B., Bayraktar, Ü. 2024. The Future of Virtual Reality and Education. TOJET, 23(3). Pages 110–119. ERIC: <https://eric.ed.gov/?q=EJ1434144>
2. Cardona, H., Lara-Álvarez, C., Parra, E., & Villalba-Condori, K. O. 2023. Virtual Tours to Facilities for Educational Purposes: A Review. TEM Journal. Vol. 12 (3). Pages 1725–1731. DOI: <http://dx.doi.org/10.18421/TEM123-55>

Санкт-Петербург

Поступила в редакцию 06.11.24.

АВТОРЫ СБОРНИКА

1. АНДРЕЕВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры физики Российского университета транспорта (МИИТ) (Москва).
2. АНДРЕЕВА ЛЮДМИЛА ЕВГЕНЬЕВНА кандидат педагогических наук, доцент; доцент кафедры физики и методики обучения физике Алтайского государственного педагогического университета (Барнаул).
3. АНДРЮШЕЧКИН СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ кандидат педагогических наук (Москва).
4. АНТОНОВ АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ магистрант Псковского государственного университета.
5. БОКАНЧА ВИОРЕЛ НИКОЛАЕВИЧ кандидат педагогических наук, доцент; доцент кафедры «Математика и физика» Кишиневского государственного педагогического университета «Ион Крянгэ».
6. БОРОДИН ИГОРЬ ДМИТРИЕВИЧ учитель физики, МАОУ Лицей 130 (Екатеринбург).
7. БУБИН МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ кандидат географических наук, доцент; доцент кафедры теории и методики управления авиацией Военного учебно–научного центра Военно–воздушных сил «Военно–воздушная академия» (Челябинск).
8. БУКРЕЕВ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ кандидат физико–математических наук; доцент кафедры физики Педагогического института Иркутского государственного университета.
9. БУТКО НАТАЛИЯ БОРИСОВНА кандидат физико–математических наук, доцент; доцент института физических исследований и технологий (ИФИТ) Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы (Москва).
10. БУТУСОВ ИГОРЬ ЮРЬЕВИЧ кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры математики и физики Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I.
11. БУШ АЛСУ ФАРИТОВНА старший преподаватель кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии Государственного университета просвещения (Москва).
12. БАРАКСИНА ЕКАТЕРИНА ИВАНОВНА кандидат педагогических наук, доцент; доцент кафедры физики и дидактики физики Глазовского государственного инженерно–педагогического университета имени В. Г. Короленко.
13. ВЫБОРНОВ ФЕДОР ИВАНОВИЧ доктор физико–математических наук, доцент; заведующий кафедрой физики Волжского государственного университета водного транспорта (Нижний Новгород).

14. ГРИБКОВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры общей и теоретической физики Тульского государственного педагогического университета имени Л. Н. Толстого.
15. ДЕМИНА НАТАЛЬЯ ЮРЬЕВНА кандидат физико–математических наук, учитель физики высшей квалификационной категории МБОУ «Школа № 167» г. Казани.
16. ДОЛЖЕНКО АННА ВЛАДИМИРОВНА кандидат фармацевтических наук, доцент; доцент кафедры физической культуры и медико–биологических дисциплин; магистрант кафедры физики и дидактики физики Глазовского государственного инженерно–педагогического университета имени В. Г. Короленко.
17. ЖУКОВ ВАДИМ ВЛАДИМИРОВИЧ студент специальности «Радио–электронные системы и комплексы» Трехгорного технологического института филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».
18. ЖУКОВ ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ преподаватель кафедры медицинской и биологической физики Военно–медицинской академии имени С. М. Кирова (Санкт–Петербург).
19. ЗВОРЫКИН ИЛЬЯ ЮРЬЕВИЧ заведующий лабораторией школьного физического эксперимента кафедры кристаллографии и экспериментальной физики Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.
20. ЗИЯТДИНОВ ШАМИЛЬ ГАБДИНУРОВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент кафедры высшей математики и физики Бирского филиала Уфимского университета науки и технологий.
21. ЗУЕВ ПЕТР ВЛАДИМИРОВИЧ доктор педагогических наук, профессор; профессор кафедры физики, технологии и методики обучения физике и технологии Института математики, физики, информатики и технологий Уральского государственного педагогического университета (Екатеринбург).
22. ИВАНОВА МАРИНА СЕМЕНОВНА кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры физики Псковского государственного университета.
23. ИСМАГИЛОВ РАВИЛЬ ГАББАСОВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт–Петербург).
24. КАНАЕВА АННА ЮРЬЕВНА кандидат педагогических наук, руководитель центра цифрового образования детей «IT–куб» на базе МОУ лицей № 3 города Галича Костромской области, наставник по направлениям «Программирование роботов», «Мобильная разработка».
25. КАСКОВ ДМИТРИЙ ОЛЕГОВИЧ студент Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург).
26. КАТКОВА МАРИЯ РИДОВНА кандидат физико–математических наук, доцент кафедры кристаллографии и экспериментальной физики Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.

27. КИРИН ИГОРЬ ГРИГОРЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, академик МАНЭБ; профессор кафедры физики и методики преподавания физики Оренбургского государственного университета.
28. КИРЬЯКОВ АНДРЕЙ ОЛЕГОВИЧ студент 1 курса Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.
29. КИРЬЯКОВ ЕГОР ОЛЕГОВИЧ студент 2 курса Национального исследовательского университета «МЭИ» (Москва).
30. КИРЬЯКОВ ОЛЕГ ВЛАДИЛЕНОВИЧ кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры Энергетических систем и точного машиностроения Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.
31. КЛЕВЕТОВА ТАТЬЯНА ВАЛЕНТИНОВНА кандидат педагогических наук, доцент кафедры методики преподавания математики и физики, ИКТ Волгоградского государственного социально-педагогического университета.
32. КЛИШКОВА НАТАЛИЯ ВЛАДИМИРОВНА кандидат педагогических наук, доцент; заведующая кафедрой физики Военной академии связи им. С. М. Буденного (Санкт-Петербург).
33. КЛЮЧНИКОВ РОМАН учащийся МАОУ Лицей 130 (Екатеринбург).
34. КОВАЛЕВ АЛЕКСЕЙ ДМИТРИЕВИЧ студент 4 курса Московского государственного строительного университета.
35. КОВАЛЕНКО АННА ПЕТРОВНА преподаватель Брянского транспортного техникума.
36. КОЗУСЬ ЕЛИЗАВЕТА АЛЕКСЕЕВНА студентка 4 курса специальности Физика ФФМиЕН Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы (Москва).
37. КОРНЕВ ЮРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ аспирант кафедры физики и методики физики Глазовского государственного инженерно-педагогического университета имени В. Г. Короленко.
38. КОСЕНКО АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВНА аспирант, преподаватель колледжа Астраханского государственного университета им. В. Н. Татищева.
39. КОЩЕЕВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА кандидат педагогических наук, доцент; доцент кафедры физики, технологии и методики обучения физике и технологии Уральского государственного педагогического университета (Екатеринбург).
40. КРУТОВА ИРИНА АЛЕКСАНДРОВНА доктор педагогических наук, профессор; профессор кафедры физики Астраханского государственного университета им. В. Н. Татищева.
41. ЛАПИН НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ кандидат физико-математических наук, доцент; декан физико-технологического факультета Нижегородского государственного педагогического университета имени Козьмы Минина.
42. ЛЕВИН КИРИЛЛ ЛЬВОВИЧ кандидат химических наук, доцент; доцент кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт-Петербург).

43. ЛИПКИН АЛЕКСАНДР ДМИТРИЕВИЧ магистрант Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.
44. ЛОБОВ ДЕНИС ВЛАДИМИРОВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры физики твердого тела Петрозаводского государственного университета.
45. ЛОГИНОВ ДМИТРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ кандидат физико–математических наук; доцент кафедры физики твердого тела Петрозаводского государственного университета.
46. МАЙЕР ВАЛЕРИЙ ВИЛЬГЕЛЬМОВИЧ доктор педагогических наук, профессор; заведующий кафедрой физики и дидактики физики Глазовского государственного инженерно–педагогического университета имени В. Г. Короленко.
47. МАКСИМОВА МАРИНА ВИКТОРОВНА кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры физики Военной академии связи им. С. М. Буденного (Санкт–Петербург).
48. МАРКОВ СЕРГЕЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ учитель физики высшей квалификационной категории МКОУ «Гынская СОШ» (Удмуртская Республика).
49. МАРКОВА НАДЕЖДА ПАВЛОВНА старший преподаватель кафедры общей физики физико–технического института Петрозаводского государственного университета.
50. МАТВЕЕВА ЕЛЕНА ПЕТРОВНА кандидат педагогических наук, доцент; доцент кафедры физики, технологии и методики обучения физике и технологии Уральского государственного педагогического университета (Екатеринбург).
51. МОИСЕЕВ АЛЕКСЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры физики Педагогического института Иркутского государственного университета.
52. МЫШКИН ИВАН ИВАНОВИЧ магистрант кафедры физики и дидактики физики Глазовского государственного инженерно–педагогического университета имени В. Г. Короленко.
53. НИКИТИНА ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА кандидат педагогических наук; доцент кафедры общей физики Снежинского физико–технического института НИЯУ МИФИ.
54. ОПАЛОВСКИЙ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ кандидат технических наук, заместитель руководителя методического центра ООО «ГлобалЛаб» (Москва).
55. ОСАУЛЕНКО РОМАН НИКОЛАЕВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры физики твердого тела Петрозаводского государственного университета.
56. ОСТРОУМОВА ЮЛИЯ СЕРГЕЕВНА доктор педагогических наук, доцент; заведующая кафедрой медицинской и биологической физики Военно–медицинской академии имени С. М. Кирова (Санкт–Петербург).
57. ПАУТКИНА АННА ВЛАДИМИРОВНА кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры «Физика» Российского университета транспорта (МИИТ) (Москва).

58. ПЛЕШАКОВА НАДЕЖДА ЛЬВОВНА кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики обучения физике; доцент Института инновационных образовательных практик, доцент кафедры общей и теоретической физики Тульского государственного педагогического университета им. Л. Н. Толстого.
59. ПРОЗАРОВСКАЯ ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА магистр образования по направлению физика, учитель физики высшей квалификационной категории, старший преподаватель кафедры естественнонаучного образования Нижегородского института развития образования.
60. ПЩЕЛКО НИКОЛАЙ СЕРГЕЕВИЧ доктор технических наук, доцент; старший научный сотрудник научно-исследовательского центра Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт-Петербург), профессор кафедры физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ», научный сотрудник АО НИИ «Рубин».
61. РОМАНОВ РОМАН ВАСИЛЬЕВИЧ кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры общей и теоретической физики Тульского государственного педагогического университета имени Л. Н. Толстого.
62. РОМАНОВА АННА НИКОЛАЕВНА студентка 4 курса специальности Физика ФФМиЕН Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы (Москва).
63. РЯБОКОНЬ ДАРЬЯ ВЛАДИМИРОВНА старший преподаватель кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт-Петербург).
64. САЛТАНОВ АЛЕКСЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ студент 4 курса кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии Государственного университета просвещения (Москва).
65. САЛТЫКОВ ИЛЬЯ ВАСИЛЬЕВИЧ учитель физики школы № 4 г. Глазова.
66. САМЕДОВ МАГАМЕД НАСИБ ОГЛЫ старший преподаватель кафедры физики Елабужского института Казанского (Приволжского) федерального университета.
67. САНИН ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник АО НИИ «Рубин» (Санкт-Петербург).
68. САУРОВ ЮРИЙ АРКАДЬЕВИЧ доктор педагогических наук, профессор, член-корреспондент РАО; профессор кафедры физики и методики обучения физике Вятского государственного университета (Киров).
69. СИДОРЕНКО ФЕЛИКС АРОНОВИЧ доктор физико-математических наук, профессор; профессор кафедры физики Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург).
70. СИМУКОВА ВАЛЕНТИНА АЛЕКСАНДРОВНА студентка 4 курса института физики, технологии и информационных систем Московского педагогического государственного университета.
71. СИМУКОВА (ИНОЗЕМЦЕВА) СВЕТЛАНА ВАСИЛЬЕВНА кандидат педагогических наук, доцент кафедры экспериментальной и тео-

- ретической физики Брянского государственного университета имени академика И. Г. Петровского.
72. СМЫСЛОВА ЕЛЕНА ПЕТРОВНА кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры общей и теоретической физики и методики преподавания физики Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина.
73. СОЛОВЬЁВ ВЛАДИМИР ГАЕВИЧ доктор физико–математических наук, профессор; профессор кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт–Петербург); ведущий научный сотрудник кафедры физики Псковского государственного университета.
74. СТЕПИНА СВЕТЛАНА ПЕТРОВНА кандидат физико–математических наук, доцент; доцент института физических исследований и технологий (ИФИТ) Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы (Москва).
75. СТЕФАНОВА ГАЛИНА ПАВЛОВНА доктор педагогических наук, профессор; профессор–консультант кафедры физики Астраханского государственного университета им. В. Н. Татищева.
76. ФАДДЕЕВ МИХАИЛ АНДРЕЕВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры кристаллографии и экспериментальной физики физического факультета Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.
77. ХАНЖИНА ЕЛЕНА ВЯЧЕСЛАВОВНА кандидат педагогических наук, доцент; доцент кафедры физики, математики и физико–математического образования Нижегородского государственного педагогического университета имени Козьмы Минина.
78. ХАНИН САМУИЛ ДАВИДОВИЧ доктор физико–математических наук, профессор; профессор кафедры электроники Санкт–Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. профессора М. А. Бонч–Бруевича.
79. ХУДЯКОВА АННА ВЛАДИМИРОВНА кандидат педагогических наук, доцент; доцент кафедры физики и технологии Пермского государственного гуманитарно–педагогического университета.
80. ЦЫГАНОВ АЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ кандидат физико–математических наук, старший научный сотрудник научно–исследовательского центра Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт–Петербург).
81. ЧАБАЕВА ЕЛЕНА ВЛАДИСЛАВОВНА аспирант Южно–Уральского государственного гуманитарно–педагогического университета (Челябинск).
82. ЧЕРНЯЕВ АНТОН ВАЛЕНТИНОВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт–Петербург).
83. ШАПОВАЛОВ АНАТОЛИЙ АНДРЕЕВИЧ доктор педагогических наук, профессор; профессор кафедры физики и методики обучения физике Алтайского государственного педагогического университета (Барнаул).

84. ШЕЛАМОВА ТАТЬЯНА ВАЛЕНТИНОВНА кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт-Петербург).
85. ШОЛИН ИЛЬЯ АЛЕКСАНДРОВИЧ кандидат физико-математических наук, независимый исследователь (Москва).
86. ШУРЫГИН ВИКТОР ЮРЬЕВИЧ кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры физики Елабужского института Казанского (Приволжского) федерального университета.
87. ЮДИНА ДАРЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА магистрант кафедры методики преподавания математики и физики, ИКТ Волгоградского государственного социально-педагогического университета.
88. ЮЛИНА АННА ОЛЕГОВНА кандидат физико-математических наук, старший преподаватель Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета; доцент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.
89. ЯВОРУК ОЛЕГ АНАТОЛЬЕВИЧ доктор педагогических наук, независимый исследователь (Санкт-Петербург).
90. ЯКИМОВ КИРИЛЛ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ преподаватель Трехгорного технологического института филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».
91. ЯКОВЛЕВА ДАРЬЯ СЕРГЕЕВНА кандидат физико-математических наук, инженер кафедры общей физики физико-технического института Петрозаводского государственного университета.

ABSTRACTS

GENERAL PROBLEMS

Zuev P. V. On the expediency of studying physics in elementary school engineering classes in an educational cluster. The article provides an overview of the experience of teaching physics to elementary school engineering students at school №22 in Verkhnyaya Pyshma, Sverdlovsk region. The necessity of early study of physics, the peculiarities of the organization of education within the educational cluster and the advantages of such an organization are noted. The main difficulties of teaching physics to elementary school engineering students are analyzed and named. *Keywords:* engineering classes, elementary school, educational cluster, physics education.

Saurov Yu. A. Even more insistent on the activity of experimentation. A complex methodological problem of mastering the activity of experimentation by the methodology of teaching physics is considered. *Keywords:* cognition, the activity of experimentation, the principle of distinguishing between realities and descriptions.

THE THEORY AND PRACTICE OF EDUCATIONAL PHYSICS EXPERIMENT

Andreeva L. E., Shapovalov A. A. Workshop on demonstration physical experiment at a pedagogical university. The experience of bringing the workshop on the methodology and technique of demonstration physical experiment closer to the requirements of a secondary school for teaching physics and a university course in general and experimental physics is presented. *Keywords:* workshop on demonstration physics experiment, methods of teaching physics, general and experimental physics, professional training of a physics teacher.

Antonov A. V., Ivanova M. S. Solving experimental problems of the «Black box» type as part of an online course. The possibility of solving experimental problems of the «Black Box» type in an online format in preparation for physics Olympiads is being considered. *Keywords:* experimental problem, black box, online learning, physics olympiad.

Bubin M. N. Features of classification of demonstration physical experience in teaching physics. Demonstration physical experience is one of the main methods in teaching physics. The classifications of demonstration experiments that must be taken into account when implementing them are considered. *Keywords:* demonstration physical experience, teaching physics, classifications of demonstration experiments, methods of demonstration experiments.

Demina N. Yu. Development of interactive worksheets for the section «Molecular Physics and Thermodynamics». The article discusses the development of interactive worksheets that allow you to intensify the learning process, develop skills in working with information and stimulate students' interest in studying physics. This innovative approach to teaching can be a valuable tool for teachers and help them achieve better learning outcomes. *Keywords:* interactive

worksheet, interactive worksheet technology, molecular physics and thermodynamics.

Zhukov V. A., Ostroumova Ju. S., Khanin S. D. Scientific and practical seminar as a means of implementing problem-based learning in an educational physical practicum. An argument is being developed in favor of supporting the educational physical workshop with scientific and practical seminars. Based on the problems of laser radiation management, the construction and organization of such a practicum is shown. *Keywords:* scientific and practical seminar, the content of the problem, the organization of activities, the construction option.

Zhukov V. V., Yakimov K. V. Transformation of a physical experiment into an information environment. The use of social networks and media materials contributes to increased motivation to teach physics. The product of the study is a community created to attract young people to the science of physics. *Keywords:* physics, technical university, social networks, professional orientation, Rosatom State Corporation, students, educational experiment, research.

Ziyatdinov Sh. G. On 180th anniversary of W. K. Roentgen and on 130th anniversary of his discovery. We describe scientific biography of the first Nobel prize laureate in physics, W. K. Roentgen, a genius physicist and an extraordinary experimentalist. We present his main achievement, the discovery of a new type of radiation, later to be named as X-rays or Roentgen radiation in his honour. *Keywords:* 180th anniversary of prominent physicist-experimentalist Wilhelm Roentgen, 130th anniversary of X-rays discovery.

Kiryakov O. V., Kiryakov A. O., Kiryakov E. O. A method of conducting remote laboratory work in physics. A method for conducting physical experiments using a telegram bot is proposed. The method is intended for high school students. *Keywords:* physical experiment, telegram bot, electrical circuit, distance education, laboratory work, virtual mock-up.

Klevetova T. V., Yudina D. A. From the experience of organizing home experiments. A series of two home experiments to study atmospheric pressure is proposed. The experiments are intended for school physics lessons and extracurricular project activities of students. *Keywords:* atmospheric pressure, demonstration experiment, home experiment.

Markova N. P., Yakovleva D. S. Mobile laboratory in the physics room of the Sirius Center for Gifted Children. The capabilities of the mobile laboratory of the physics classroom of the Center for Gifted Children of the Republic of Karelia «Sirius 10» are described using the example of the demonstration work «Optical Illusions» from the educational set «Solar Energy». *Keywords:* demonstration experiment, photocell, solar battery, optical illusion.

Nikitina T. V. Educational physical experiment as a resource for career guidance work with schoolchildren. The experience of implementing advanced physics training modules for engineering students is discussed. When designing the educational process, emphasis was placed on the experimental activities of students. The working programs of the modules are given. *Keywords:* engineering educational experiment, advanced physics education, engineering classes.

Ostroumova Ju. S., Khanin S. D. About the role and place of the physical picture of the studied phenomena in the performance of the practicum. The expediency is justified and the possibilities of giving the physical picture of phenomena the role of the subject of study in an educational practicum are shown. Specific methodological developments that can be used in the practice of

teaching are given. *Keywords:* physical picture of the phenomenon, macroscopic and microscopic approaches, transport phenomena in heterogeneous materials.

Pleshakova N. L. Methods of school physical experiment: elements of a business game in the course of laboratory and practical classes with students.

This article discusses the didactic possibilities of laboratory and practical classes in the discipline «Theory and Methods of Teaching Physics». Some elements of a business, role-playing game are shown, which can be a factor contributing to the formation of a successful understanding by future teachers of methods for solving professional problems of a physics teacher. *Keywords:* school physical experiment, didactic goal of the experiment, elements of a business, role-playing game, method of entering the profession of a teacher.

Prozarovskaya L. A., Opalovsky V. A. Development of experimental thinking by means of digital educational platforms for modeling physical processes.

The features of the development of experimental thinking by means of a modern system of projects and assignments in physics based on the inclusion of modeling processes in the education of schoolchildren are considered. *Keywords:* modeling, modern physics experiment, digital educational platform.

Saltykov I. V. Interdisciplinary course «Experimentarium».

Offers a course from a series of demonstration experiments for studying physical phenomena in institutions of basic and additional education. The experiments are intended for the organization of regular and extracurricular project activities of students in physics. *Keywords:* project activity, functional literacy, didactic resources, demonstration experiment, physics sections.

Samedov M. N., Shurygin V. Yu. Involvement of students in the process of constructing homemade laboratory equipment in physics.

The relevance and expediency of involving schoolchildren in the processes of designing, manufacturing and using homemade laboratory equipment in physics in the educational process of school is discussed. *Keywords:* school, physics, laboratory workshop, homemade equipment, design activities.

Faddeev M. A. Pre-university training of schoolchildren for training in the advanced engineering school.

The system of pre-university preparation of schoolchildren for studying at the Advanced Engineering School, covering students of grades 7–11, is described. Training is carried out by performing educational research and research work on experimental physics on modern conventional and scientific equipment. *Keywords:* advanced engineering school, pre-university training of schoolchildren in physics, educational research and research work, modern experimental equipment.

Khanzhina E. V., Lapin N. I. Experimental support for a physics course in the conditions of the new generation Federal State Educational Standard.

The paper provides an analysis of research on the use of physical equipment when teaching physics courses in basic and specialized schools. *Keywords:* experimental equipment for physics.

Hudyakova A. V. Physics' Research Projects as a Form of Educational Practice of Future Physics Teachers.

The features of organization and content of educational practice in the educational research and project activities module are considered. The practice is conducted for future physics teachers in the 2nd year of bachelor's degree. The topics of research projects in physics are proposed, example of results is given: plotting graphs in the Logger Pro program and calculating errors in a physical experiment. *Keywords:* educational practice, research project, research activity, educational physical experiment, future teacher training.

Chabaeva E. V. Development of communicative universal learning activities in the process of group work in physics classes. The article examines the development of communicative universal learning activities through group work. The principles of task organization and the results confirming the effectiveness of this approach for the formation of students' interaction skills are analyzed. *Keywords:* communicative universal learning activities, group work, development of management education, FGOS.

NEW EDUCATIONAL EXPERIMENTS ON PHYSICS

Andryushechkin S. M. Visualization of sound wave interference. It is proposed to visualize the interference of sound waves using a specially made «sound-to-light» transducer. The transducer can also be used to demonstrate other wave processes (sound reflection, sound diffraction). *Keywords:* demonstration experiment, sound-to-light transducer, visualization of sound wave interference.

Borodin I. D., Kaskov D. O., Klyuchnikov R. D., Sidorenko F. A. Water Rocket. As part of the YIPT-2025 tournament, a water rocket and an accelerometer were produced. The acceleration of the rocket at launch was measured for different initial parameters. Experimental data were compared with the numerical solution of the Meshchersky equation. *Keywords:* YIPT, water rocket, fluid outflow, Meshchersky equation, Arduino board.

Butusov I. Y. Visualization of the superposition of forces. An interesting educational experiment is proposed to verify the law of vector addition of forces. *Keywords:* educational experiment, superposition of forces, static equilibrium.

Butko N. B., Stepina S. P., Kozus E. A., Romanova A. N. Conditions of applicability of Stocs's method for determining the coefficient of internal friction of a liquid. The purpose of the presented laboratory work is to determine the conditions for the applicability of Stocs's method and to find suitable parameters for conducting the experiment. The results obtained are in good agreement with the theory. *Keywords:* laboratory practicum, viscosity, Stocs's method, coefficient of internal friction of a liquid.

Vybornov F. I. Measuring the Earth's Electric Field Strength in the Laboratory Course of Physics at the Volga State University of Water Transport. A model of an electrostatic fluxmeter with flat electrodes and a dynamic vibration transducer was created to measure the Earth's electric field strength in the laboratory course of physics. *Keywords:* laboratory experiment, electric field strength, fluxmeter, dynamic vibration transducer.

Dolzhenko A. V., Varaksina E. I., Mayer V. V. The simplest model of the heart for school demonstration experiments. The simplest model has been developed to visually demonstrate the work of the left half of a human heart. The model is available for self-assembly and research by secondary school students in project activity. *Keywords:* human heart, model, demonstration of work, project activity.

Kirin I. G. Laboratory work «Study of induced infrared radiation arising from two-photon resonant excitation of atomic potassium vapors by laser radiation». The developed laboratory work is described, intended for studying induced infrared radiation arising from two-photon resonant excitation of atomic vapors by laser radiation. *Keywords:* atomic vapors of alkali metals, degenerate pumping by laser radiation, generation of coherent infrared radiation.

Kovalenko A. P., Simukova S. V., Simukova V. A. Demonstration of detection of amplitude-modulated oscillations. The article describes an experiment

to demonstrate the detection of amplitude-modulated oscillations. *Keywords:* amplitude modulation, demodulation, semiconductor diode, detector.

Kornev Yu. A., Varaksina E. I., Mayer V. V. School installation for experimental substantiation of Coulomb's law. The results of a didactic study of a school demonstration installation for experimental substantiation of Coulomb's law are presented. *Keywords:* Coulomb's law, experimental substantiation, educational installation, didactic research.

Krutova I. A., Stefanova G. P., Kosenko A. S. Teaching students to design technical objects in the process of studying physics. The article actualizes the problem of developing students' design skills in the process of creating working technical devices and instruments in physics lessons. The project «Inventing a lamp in the footsteps of A. N. Lodygin» is described. *Keywords:* study of physics, design, technical object, Lodygin lamp.

Maksimova M. V., Klishkova N. V. An experiment in the subject of «Physics» on the topic «Electrostatics» for cadets of the Military Academy. A demonstration experiment is proposed to study electrostatic phenomena. The experiments are intended for lectures and practical classes in physics at the military academy, and can also be used for school physics lessons and extracurricular activities. *Keywords:* demonstration experiment, electrostatics, electrical phenomena.

Moiseev A. A., Bukreev D. A. Quantum shadow: light absorption by sodium vapor. A quantum physics demonstration experiment on observing the shadow of a gas burner flame colored with table salt in the light of a sodium-vapor lamp is proposed. The change in the shadow when a strong magnetic field is applied to the flame is discussed. *Keywords:* demonstration in quantum physics, light absorption, Zeeman effect.

Myshkin I. I., Varaksina E. I., Mayer V. V. A study of a training installation for demonstrating a Maklakov hammer. A plan has been developed and is being implemented for the physical stage of the didactic study of a demonstration self-oscillating system such as the famous Maklakov hammer. *Keywords:* oscillating circuit, alternating current, iron core, resonance, self-oscillation of core.

Pautkina A. V. Laboratory work «Measuring the thickness of nano-sized objects». Laboratory work on measuring the thickness of thin films using a fiber optic spectrophotometer from Avantes B.V. is described. The principle of measuring the thickness of thin films is based on measuring the parameters of light interference to determine the optical parameters of the layer thickness. *Keywords:* nanotechnology, nanoscale objects, thin films, non-destructive testing, digital processing, spectrophotometer, nanophotonics.

Pshchelko N. S., Sanin Yu. V., Tsyganov A. B., Chernyaev A. V. Experimental investigation of the electroadhesive effect in the study of electrostatics in the course of physics. A laboratory model for obtaining electroadhesive seals is proposed. It is shown that the process under consideration is based on migration polarization and electrostatic forces, which are of interest in the study of electrostatics. *Keywords:* electric field, electrostatic forces, migration polarization, electroadhesion.

Smyslova E. P. X-ray qualitative analysis of packaging defects in laboratory physics practice. A laboratory study is proposed on the study of packaging defects in metals subjected to various types of processing: annealing, rolling, and exposure to millisecond laser light pulses. *Keywords:* X-ray, packaging defects, structure, metals, analysis.

Chernyaev A. V., Levine K. L., Pshchelko N. S., Shelamova T. V. Probe microscopy for the diagnostics of nanomaterials. Laboratory work preparation methods. The method for preparing for laboratory work using a scanning tunneling microscope, which includes several stages, is proposed. To improve the theoretical preparation of students, posters on the topic of classes are used. A knowledge map is being developed. *Keywords:* scanning electron microscope, tunnel effect, scanning and image processing, educational posters, knowledge map.

Sholin I. A. Educational experiments in high-pressure physics. The integration of high-pressure physics into education is explored using a set based on a sapphire anvil cell. The set allows to observe phase transitions in substances under high pressures. *Keywords:* high pressure, experimental study of physics, sapphire anvil cell.

Yulina A. O., Solovyev V. G. A surprising mechanical demonstration with swinging atwood's machine. A demonstration experiment in mechanics is described, dedicated to the study of the bodies' movement in an Atwood swinging machine. The experiment is easy to fulfil, but complicated methods of theoretical mechanics and numerical integration are necessary to explain it. *Keywords:* demonstration experiment in mechanics, Atwood's swinging machine.

COMPUTER IN THE EDUCATIONAL PHYSICAL EXPERIMENT

Andreev A. I., Kovalev A. D. Color measurement in the Lab system. A method of measuring and describing colors in a rectangular coordinate system is considered, which gives a visual representation of the component composition of the measured color. The work is intended for graduate students, undergraduates and postgraduates. *Keywords:* color coordinates, color difference, fiber optic probe, optical sphere.

Bocancea V. N. Laboratory work «Electromagnetic relay» based on Arduino. We have proposed a method for conducting laboratory work using an electromagnetic relay connected to the Arduino board. *Keywords:* electromagnetic relay, laboratory work, Arduino board, electric shep, computer model.

Gribkov A. I., Romanov R. V. Visualization of damped oscillations of a physical pendulum using polarized light. An accessible example of recording the amplitude of attenuated oscillations of a physical pendulum without using special laboratory equipment using an optical sensor and an Arduino is described. *Keywords:* experiment, physical pendulum, recording, oscillation.

Zvorykin I. Y., Katkova M. R., Lipkin A. D. Experimental setup for demonstrating the magnetic field of a solenoid. The features of the experiment on demonstration of the magnetic field of the solenoid are described. The description of the experimental setup for its implementation on the basis of the educational digital laboratory is given. *Keywords:* magnetic field of a solenoid, educational digital laboratory, scanner, demonstration experiment in physics.

Ismagilov R. G., Levine K. L., Ryabokon D. V., Chernyaev A. V. Wave functions and energies of surface states of electrons in the framework of a one-dimensional crystal model. An algorithm for obtaining wave functions and energy values for Tamm levels within the framework of a one-dimensional crystal model is proposed. The results can be used either as a computer laboratory work or as a demonstration of surface states in crystals. *Keywords:* energy levels, wave function, quasi-periodicity, band gap.

Kanaeva A. Yu. Example of using the equipment of the digital education center «IT-cube» in physics lessons. A digital laboratory version is proposed

for use in physics lessons. The laboratory's mobile application was created in the App Inventor block programming environment. Boards from Russian developers, which are part of the high-tech equipment of the IT-cube center, are used to work with the digital sensor. Communication between the controller and the mobile application is carried out via Bluetooth. *Keywords:* digital laboratory, temperature sensor, Arduino-like board, mobile application.

Koshcheeva E.S., Matveeva E.P. Solving visual problems in a physics course. The possibilities of information technologies for solving physics tasks presented in visual form are considered. *Keywords:* graphic literacy, information literacy, graphic physics, modeling, interactive task.

Loginov D.V., Lobov D.V., Osaulenko R.N. Problem of describing objects in an object-oriented approach when creating physical models. The chosen teaching method, based on solving simple examples, with their subsequent complication, allows you to consolidate and deepen knowledge in the considered area of application. This work shows an example of solving a problem in mechanics using OOP. *Keywords:* object-oriented programming, class hierarchy, object decomposition, mechanics, computational mathematics.

Markov S.V. The use of a matrix keyboard in a digital laboratory based on the Arduino MEGA 2560 platform for an educational physics experiment. The paper considers the possibility of replacing the incremental encoder in the digital laboratory with a matrix keyboard to select the desired function of the sensors of physical quantities. Brief information about the manufacture of a matrix keyboard is provided. A detailed guide on the development of programs for linking the algorithm of the matrix keyboard with the main software product of the digital laboratory is described. *Keywords:* Arduino MEGA 2560 microcontroller board, matrix keyboard, function selection of digital sensors of physical quantities, full-scale computer experiment in physics.

Saltanov A.A., Bush A.F. The introduction of a 3D-printed electric motor model into the educational process as an effective means of increasing motivation for the subject. The article is an overview of a three-dimensional printed electric motor as a means of increasing interest in the study of physics. The work is aimed at introducing 3D modeling into the educational process as a means of increasing students' motivation. The work can be useful for physics teachers who are interested in increasing students' motivation and developing their practical skills. The results of the study can be used in the educational process for conducting laboratory work on electrodynamics. *Keywords:* 3D-printed electric motor, front-end laboratory work, improving academic performance, learning process, motivation, physics, methodology.

Yavoruk O.A. Teaching Brownian motion in physics classes using virtual reality technologies. When verbal arguments are already ineffective, experimental demonstrations and observational instruments are expensive or inaccessible, and two-dimensional flat computer screens are limited in size, virtual reality is irreplaceable. The virtual reality application described by the author can serve as a navigator for teaching physical phenomena using Brownian motion as an example. *Keywords:* physics teaching, physical phenomena, Brownian motion, new technologies, virtual reality, virtual tours.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

- 1. Зуев П. В.** О целесообразности изучения физики в инженерных классах начальной школы в условиях образовательного кластера..... 3
- 2. Сауров Ю. А.** Еще настойчивее о деятельности экспериментирования... 6

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА УЧЕБНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

- 3. Андреева Л. Е., Шаповалов А. А.** Практикум по демонстрационному физическому эксперименту в педагогическом вузе 8
- 4. Антонов А. В., Иванова М. С.** Решение экспериментальных задач типа «Черный ящик» в рамках онлайн-курса..... 10
- 5. Бубин М. Н.** Особенности классификации демонстрационных физических опытов в обучении физике 12
- 6. Демина Н. Ю.** Разработка интерактивных рабочих листов по разделу «Молекулярная физика и термодинамика» 14
- 7. Жуков В. А., Остроумова Ю. С., Ханин С. Д.** Научно-практический семинар как средство реализации в учебном физическом практикуме проблемного обучения 15
- 8. Жуков В. В., Якимов К. В.** Трансформация физического эксперимента в информационную среду..... 17
- 9. Зиятдинов Ш. Г.** В. К. Рентген: к 180-летию со дня рождения и 130-летию открытия X-лучей 19
- 10. Кирьяков О. В., Кирьяков А. О., Кирьяков Е. О.** Способ проведения дистанционных лабораторных работ по физике 23
- 11. Клеветова Т. В., Юдина Д. А.** Из опыта организации домашних экспериментов 25
- 12. Маркова Н. П., Яковлева Д. С.** Мобильная лаборатория в кабинете физики Центра одаренных детей республики Карелия «Сириус 10»..... 26
- 13. Никитина Т. В.** Учебный физический эксперимент как ресурс профессионального самоопределения школьников 29
- 14. Остроумова Ю. С., Ханин С. Д.** О роли и месте в выполнении практикума физической картины изучаемых явлений 31
- 15. Плешакова Н. Л.** Методика школьного физического эксперимента: элементы деловой игры в ходе лабораторно-практических занятий со студентами..... 33
- 16. Прозаровская Л. А., Опаловский В. А.** Развитие экспериментирующего мышления средствами цифровых образовательных платформ для моделирования физических процессов..... 35
- 17. Салтыков И. В.** Межпредметный курс «Экспериментариум» 38
- 18. Самедов М. Н., Шурыгин В. Ю.** Вовлечение учащихся в процесс конструирования самодельного лабораторного оборудования по физике... 39
- 19. Фаддеев М. А.** Довузовская подготовка школьников к обучению в Передовой инженерной школе 41
- 126**

20. Ханжина Е. В., Лапин Н. И. Экспериментальное обеспечение курса физики в условиях ФГОС нового поколения	43
21. Худякова А. В. Исследовательские проекты по физике как форма проведения учебной практики будущих учителей физики	45
22. Чабаева Е. В. Развитие коммуникативных универсальных учебных действий в процессе групповых работ на занятиях по физике	47

НОВЫЕ УЧЕБНЫЕ ОПЫТЫ ПО ФИЗИКЕ

23. Андриюшечкин С. М. Визуализация интерференции звуковых волн ..	51
24. Бородин И. Д., Касков Д. О., Ключников Р. Д., Сидоренко Ф. А. Водяная ракета	53
25. Бутусов И. Ю. Визуализация суперпозиции сил	55
26. Бутко Н. Б., Степина С. П., Козусь Е. А., Романова А. Н. Условия применимости метода Стокса для определения коэффициента внутреннего трения жидкости	56
27. Выборнов Ф. И. Измерение напряженности электрического поля Земли в лабораторном курсе физики Волжского государственного университета водного транспорта	59
28. Долженко А. В., Варакина Е. И., Майер В. В. Простейшая натурная модель сердца для школьных демонстрационных опытов	60
29. Кирин И. Г. Лабораторная работа «Изучение вынужденного инфракрасного излучения, возникающего при двухфотонном резонансном возбуждении атомарных паров калия лазерным излучением»	62
30. Коваленко А. П., Симукова С. В., Симукова В. А. Демонстрация детектирования амплитудно–модулированных колебаний	64
31. Корнев Ю. А., Варакина Е. И., Майер В. В. Школьная установка для экспериментального обоснования закона Кулона	67
32. Крутова И. А., Стефанова Г. П., Косенко А. С. Обучение учащихся конструированию технических объектов в процессе изучения физики	69
33. Максимова М. В., Клишкова Н. В. Эксперимент в предмете «Физика» по теме «Электростатика» для курсантов военной академии ...	72
34. Моисеев А. А., Букреев Д. А. Квантовая тень: поглощение света парами натрия	73
35. Мышкин И. И., Варакина Е. И., Майер В. В. Исследование учебной установки для демонстрации молотка Маклакова	75
36. Пауткина А. В. Лабораторная работа «Измерение толщины наноразмерных объектов»	77
37. Пщелко Н. С., Санин Ю. В., Цыганов А. Б., Черняев А. В. Экспериментальное исследование электроадгезионного эффекта при изучении электростатики в курсе физики	79
38. Смыслова Е. П. Рентгеновский качественный анализ дефектов упаковки в лабораторном физическом практикуме	80
39. Черняев А. В., Левин К. Л., Пщелко Н. С., Шеламова Т. В. Зондовая микроскопия в диагностике наноматериалов: методика подготовки к лабораторной работе	82

40. Шолин И. А. Учебные эксперименты в области физики высоких давлений.....	84
41. Юлина А. О., Соловьёв В. Г. Удивительная механическая демонстрация с использованием раскачивающейся машины Атвуда.....	85

КОМПЬЮТЕР В УЧЕБНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

42. Андреев А. И., Ковалев А. Д. Измерение цвета в системе <i>Lab</i>	88
43. Боканча В. Н. Лабораторная работа «Электромагнитное реле» на базе <i>Arduino</i>	90
44. Грибков А. И., Романов Р. В. Визуализация затухающих колебаний физического маятника с использованием поляризованного света.....	91
45. Зворыкин И. Ю., Каткова М. Р., Липкин А. Д. Экспериментальная установка для демонстрации магнитного поля соленоида.....	93
46. Исмагилов Р. Г., Левин К. Л., Рябоконь Д. В., Черняев А. В. Волновые функции и энергии поверхностных состояний электронов в рамках одномерной модели кристалла.....	95
47. Канаева А. Ю. Пример использования оборудования центра цифрового образования «IT-куб» на уроках физики.....	98
48. Кошечева Е. С., Матвеева Е. П. Решение визуальных задач в курсе физики.....	100
49. Логинов Д. В., Лобов Д. В., Осауленко Р. Н. Проблема описания объектов в объектно-ориентированном подходе при создании физических моделей.....	102
50. Марков С. В. Применение матричной клавиатуры в цифровой лаборатории на базе платформы <i>Arduino MEGA 2560</i> для учебного физического эксперимента.....	105
51. Салтанов А. А., Буш А. Ф. Внедрение модели 3D-печатного электродвигателя в учебный процесс как эффективного средства повышения мотивации к изучению физики.....	108
52. Яворук О. А. Изучение броуновского движения на занятиях по физике с использованием технологий виртуальной реальности.....	110
★ ★ ★	
53. Авторы сборника	112
54. ABSTRACTS	119

Подписано к печати 31.01.25. Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 8,0.

Тираж 100. Заказ № 167.

ФГБОУ ВО «Глазовский государственный инженерно-педагогический
университет имени В. Г. Короленко».

427621, Удмуртия, г. Глазов, ул. Первомайская, 25.

ISBN 978-5-93008-438-2

