

Проблемы
Учебного
Физического
Эксперимента

40

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

**ПРОБЛЕМЫ
УЧЕБНОГО
ФИЗИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ВЫПУСК 40

Основан в 1995 году

**THE PROBLEMS
OF EDUCATIONAL
PHYSICAL EXPERIMENT**

The 40th Collection of Articles

Москва ИСРО РАО • 2024

УДК 53.05+372.853
ББК 74.262.23:74.48
П78

Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 40. — М.: ИСРО РАО, 2024. — 124 с.: ил. — ISBN 978-5-93008-417-7.

Материалы XXIX 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, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова 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:

Антонов В. Е.	д.ф.-м.н., с.н.с., ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Вараксина Е. И.	к.п.н., доцент, Глазов
Григорьева Л. Д.	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
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
Назин С. С.	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
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
Суворов Э. В.	д.ф.-м.н., профессор, ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Чиговская-Назарова Я. А.	к.филол.н., доцент, ректор ГИПУ, Глазов
Шамало Т. Н.	д.п.н., профессор, Екатеринбург

ISBN 978-5-93008-417-7

© Институт стратегии развития образования РАО, 2024
© Глазовский государственный инженерно-педагогический университет имени В. Г. Короленко 2024

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

П. В. ЗУЕВ

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ В НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЕ

В статье отмечены основные тенденции в развитии мирового образования, перечислены проблемы современной педагогической науки и практики, показана целесообразность раннего обучения физике, перечислены возможные трудности и варианты организации учебного процесса.

Ключевые слова: физика, начальная школа, целесообразность обучения, исторический опыт, трудности, достоинства.

Анализируя тенденции развития образования 21 века, следует отметить, что для современного этапа приоритетом являются инновационность, креативность, способность к созидательному изменению окружающей среды с использованием современных инновационных технологий. Перечисленные тенденции существуют параллельно с не решенными на данный момент, но очень важными задачами повышения качества российского образования. Наиболее значимыми из них являются следующие: повышение уровня мотивации к обучению, увеличение уровня эффективности учебного занятия, достижение высокого уровня реализации принципа преемственности между этапами образования, решение проблемы выбора профессий, которые будут востребованы, и, наконец, проблема отсутствия практической ориентации образования. Перечисленные и другие проблемы образования заставляют искать рациональные пути, методы и подходы в обучении, которые позволят избежать или значительно сократить возникающие проблемы и тем

самым повысить экономическую, социальную и культурную составляющие эффективности образования.

В настоящий момент в работе общеобразовательных школ возникли предпосылки для обучения физике учащихся с первого класса за счет часов внеурочной деятельности. Основными аргументами для обучения учащихся методам научного познания при обучении физике являются:

1) результаты исследований в области педагогической психологии, которые показали, что нераскрытые способности ребенка с течением времени угасают, а именно, с 5 лет интеллектуальное развитие имеет положительное ускорение, а к 12 годам, в основном, завершается;

2) факты развития образования в России показывают, что раннее обучение физике возможно и полезно, примером тому являются горнозаводские школы 18 века на Урале и на Алтае, семейное обучение, существовавшее в России в конце 19 века, по классическим пособиям Я. И. Перельмана, Е. Н. Игнатъева, А. Е. Ферсмана, А. В. Цингера и др.;

3) возникла необходимость подготовки инженеров для инновационной экономики России, а основой такой подготовки является физико-математическое образование, проектная деятельность и мейкерское дело;

4) школы страны переходят на профильное обучение, а это предполагает раннее изучение физики с целью пробуждения интереса у младших школьников к изучению природы и ее законов, к исследованию природных явлений и процессов, к развитию умения проводить наблюдения, формулировать гипотезы, задавать вопросы, экспериментировать, моделировать, изобретать, чтобы дети дальнейшего обучения осознанно проходили в физико-математических и естественнонаучных классах. И важно это сделать в сензитивный период их развития.

Автор уникального учебника «Начальная физика» профессор МГУ А. В. Цингер отмечает, что «цель первой ступени заключается в том, чтобы дать элементарные сведения, ознакомить с принятыми терминами, научить экспериментированию, а главное, возбудить интерес к содержанию физики, привить любовь к наблюдению» [7].

При обучении учащихся методам научного познания в процессе обучения физике возникают определенные сложности: учащиеся невнимательно слушают учителя, часто не понимают значение некоторых слов из рассказа учителя, не могут выполнить рисунок или геометрическую фигуру, испытывают трудности с пересказом увиденного явления или объекта. Несмотря на существующие трудности следует отметить, что начиная обучение в возрасте 6–7 лет, при правильной организации учебного процесса можно избежать серьезных ошибок при последующем обучении. Прежде всего, познакомить учащихся с методами и циклом научного познания, объяснить сущность каждого метода и назначение уровней познания, заложить основу функциональной естественнонаучной грамотности, познакомить с основными этапами проектно-исследовательской деятельности, сформировать представление о структуре деятельности и о каждом ее элементе.

Основными разделами курса «Методы научного познания при обучении физике» являются: «Природа», «Человек как часть природы»,

«Что изучает физика», «Как человек познает мир», «Учимся наблюдать», «Формулируем гипотезы», «Создаем модели», «Проводим эксперимент», «Учимся анализировать», «Делаем выводы и подводим итоги».

Перечисленные разделы изучаем на конкретных физических примерах в процессе проведения учебных занятий. Кроме внеурочной деятельности учащиеся с 1 класса вместе с родителями осуществляют работу над учебным проектом, который защищают в апреле–мае. В течение учебного года, практически после каждого занятия школьники выполняют домашние экспериментальные задания или осуществляют наблюдения за техническими, астрономическими объектами и явлениями. Следует отметить, что не все задания, предлагаемые для выполнения, являются обязательными.

Таким образом, изучение методов научного познания в процессе обучения физике учащимися начальной школы позволяет использовать самый любознательный возраст для формирования естественнонаучной функциональной грамотности, познакомить с циклом познания и структурой деятельности, приобщить к проектно–исследовательской работе, сформировать мотивацию к изучению физики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваганов А. Г. Я. И. Перельман и социальные эффекты жанра «занимательная наука» // Социология науки и технологий. — 2017. — Т. 8. — № 4. — С. 28–36.
2. Зуев П. В. Дидактические основы эффективной подготовки молодежи к инженерно–технической деятельности: Монография. — Издательские решения, 2022. — 174 с.
3. Мишкевич Г. И. Доктор занимательных наук (Жизнь и творчество Якова Исидоровича Перельмана). — М.: Знание, 1986. — 192 с.
4. Савенков А. И. Детское исследование как метод обучения старших дошкольников: Лекции 5–8. — М.: Педагогический университет «Первое сентября», 2007. — 92 с.
5. Тимошенко С. П. Инженерное образование в России. — Люберцы: Произв.–изд. комбинат ВИНТИ, 1996. — 81 с.
6. Ушаков Д. Н. Большой толковый словарь русского языка: современная редакция. — М.: Дом Славянской кн., 2008. — 959 с.
7. Цингер А. В. Начальная физика. — Изд. 8–е, М., 1927. — 422 с.

Уральский государственный
педагогический университет

Поступила в редакцию 14.01.24.

Ю. А. САУРОВ

ПРОБЛЕМА ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРА

Рассматривается методическая проблема формирования при обучении представлений о современной физической картине мира.

Ключевые слова: физическая картина мира как модель, метод познания, принцип различения реальностей и описаний.

Постановка научно–методической проблемы. Интерес методики физики к формированию физической картины мира (ФКМ), как к обобщению, как модели физической природы почти утерян. Уже долгое время из учебников исключены обобщающие лекции, в том числе по физической картине мира; обеднела из–за невостребованности практика проведения обобщающих уроков в конце учебного года; не реализованы идеи рассматривать механическую (и иные) картины мира. Отметим, что исторически существенный вклад в развитие представлений о ФКМ внесли В. Ф. Ефименко, В. Н. Мощанский, В. В. Мултановский, В. Г. Разумовский [1, 2, 4].

Методические принципы решения проблемы. Во–первых, метод физического познания, если он хотя бы в первом приближении выражен, должен войти основным элементом в современную физическую картину мира. Этим обеспечивается отражение динамизма познания объектов природы. Во–вторых, физическая картина мира — это, несомненно, только модель природы, а в системе знаний — статическая модель. В–третьих, современная физическая картина мира аккумулирует ключевые достижения исторически сложившихся картин мира, хотя для школьного курса содержательных трудностей отбора здесь много.

Обратимся к содержанию ФКМ. На наш взгляд, рационально выделить три отдельных блока знаний: а) представления о методе физического познания сначала в форме методологического различения реальностей и описаний, затем — в форме процесса познания «факты, проблема — гипотеза, модель — следствия, выводы — практика, эксперимент», чуть позднее и параллельно — в форме великих физических методов (и деятельностей!) экспериментирования и моделирования [3–5]; б) ядро научных представлений о фундаментальных онтологиях физического мира и фундаментальных моделях (как вариант см. схему на рис. 1); в) фундаментальные (теории!) и прикладные следствия о системах физических знаний, их технической и мировоззренческой значимости.

Итак, *в следствиях* (последний блок знаний) по доминирующей логике «основание — ядро — следствия» должно быть выражено основное содержание фундаментальных учебных физических теорий механики, молекулярной физики, электродинамики, квантовой физики.



Рис. 1

Выделение на доступном уровне главного по названной логике в этих системах знаний пока остается проблемой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. — М.: Просвещение, 1977. — 168 с.
2. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Никифоров Г. Г., Майер В. В., Сауров Ю. А., Страут Е. К. Физика: учеб. для 11 класса. Часть 2. — М.: ВЛАДОС, 2017. — 359 с.
3. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления: монография. — Киров: Изд-во ЦДООШ, 2013. — 232 с.
4. Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике обучения физике: историко-методологический анализ: монография. — Киров: изд-во ИПК и ПРО, 2008. — 224 с.
5. Сауров Ю. А., Уварова М. П. О методологической культуре учителя физики // Физика в школе. — 2023. — № 4. — С. 3–10.

Российская академия
образования

Поступила в редакцию 21.12.23.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА УЧЕБНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

О. В. БЕЛОВА, О. В. ЛЕБЕДЕВА

ДОВУЗОВСКОЕ ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ НА ОСНОВЕ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Предлагается использовать в системе довузовского обучения физике эксперимент на разных этапах учебного процесса. По каждой теме подбирается комплекс задач в методическом и содержательном единстве с работами лабораторного практикума, позволяющий освоить основное содержание (понятия, законы, границы их применимости). Представлен пример реализации в одной из тем кинематики.

Ключевые слова: решение физических задач, экспериментальные задачи по физике, довузовская подготовка по физике.

Между общеобразовательной и высшей школой существует большой разрыв, который негативным образом сказывается на готовности абитуриентов к обучению в вузе. Одним из способов решения этой проблемы является довузовское обучение предметам старшекласников. Однако с введением единого государственного экзамена по физике зачастую такая подготовка сводится исключительно к решению задач из соответствующих сборников, рекомендуемых ФИПИ. На физическом факультете ННГУ уже более 15 лет существует физико-математическая школа для учащихся 10–11 классов общеобразовательных школ, целью которой является формирование готовности к получению физического образования, включая интерес к естественнонаучным и инженерным направлениям подготовки, знания школьных курсов физики и математики на углубленном уровне, навыки самостоятельной работы. Конечно, достижение этих целей невозможно только за счет решения задач ЕГЭ. Только при включении в учебный процесс физического эксперимента закрепляется связь между теорией и практикой, появляется мотивация к получению физического образования [1].

В каждом разделе планируем включение физического эксперимента в учебный процесс. При изучении основного содержания используем эксперимент при решении задач как средство проверки и включаем экспериментальные задачи (они могут быть решены только с помощью эксперимента). По итогам изучения одного или нескольких разделов включаем специально разработанный лабораторный практикум, который учащиеся выполняют индивидуально или в малых группах.

Рассмотрим роль эксперимента при изучении темы «Движение тела в однородном поле тяжести». Сначала мы используем эксперимент как средство проверки решения задач при изучении движения тела, брошенного под углом к горизонту в однородном поле силы тяжести. В работе используется баллистический пистолет. Для начала учащиеся решают задачу о максимальной дальности полета, пренебрегая силой сопротивления воздуха, и проверяют полученный результат на практике, измеряя дальность полета при разных углах наклона баллистического пистолета к горизонту.

Затем предлагается решить следующую задачу: «Под каким углом надо произвести выстрел, чтобы шарик попал в кольцо, закрепленное в штативе на высоте 20 см?». Учащиеся строят математическую модель задачи в виде системы уравнений и понимают, что для решения задачи недостаточно данных: неизвестна начальная скорость шарика.

Далее совместно вырабатывается план решения экспериментальной задачи по измерению начальной скорости выстрела (она всегда одинакова, поскольку определяется жесткостью пружины и ее сжатием при «зарядке» пистолета). Приходят к выводу, что определить начальную скорость можно, измерив дальность при заданном угле выстрела. В плане решения нужно обсудить количество выстрелов, чтобы уменьшить влияние случайной ошибки.

Далее обнаруживается, что в задаче не сказано, на каком расстоянии от места выстрела находится кольцо. Можно сразу задать это значение, но лучше предложить определить диапазон значений горизонтальной координаты кольца, при которых шарик не попадет в него. Рассуждения при решении квадратного уравнения с параметром дают возможность сделать подобную оценку. Дальнейший расчет дает два значения угла, под которыми можно произвести выстрел и шарик должен попасть в кольцо. При меньшем угле шарик пролетает через кольцо на подъеме, при большем — на спуске. Экспериментальная проверка результата приводит школьников в некоторое недоумение. В первом случае, при меньшем угле эксперимент получается, теория подтверждается практикой. При большем угле теоретический расчет не всегда подтверждается экспериментально. Вероятно, это связано с малой площадью эффективного сечения, в этом случае требуется развернуть плоскость кольца перпендикулярно скорости шарика, с которой он к кольцу подлетает.

В описанном нами примере опять сосуществуют два вида взаимосвязи решения задач и эксперимента: эксперимент проводится для проверки решения задачи и как основа новой экспериментальной задачи. Тем самым у школьников формируются способности решать задачи этой темы, основанные на понимании лежащих в основе физических законов и границ их применимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедева О. В., Белова О. В., Еремичева Н. И. Практикум по физике: взаимосвязь решения задач и экспериментальной деятельности // Школа будущего. — 2023. — № 1. — С. 60–70.

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

Поступила в редакцию 27.12.23.

Е. В. ГЛАЗЫРИНА

ПОВЫШЕНИЕ ИНТЕРЕСА К ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИКИ ЧЕРЕЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

Предлагается серия задач по физике для 7–8 классов с выходом на практику.

Ключевые слова: задача, эксперимент, повышение интереса.

Не секрет, что физика это сложный предмет, но он становится легче к запоминанию и пониманию, если изучать его через эксперимент. Кроме опытов, демонстраций и лабораторных работ учащиеся должны уметь решать задачи. Скучно просто решать, не понимая, зачем это нужно. А если решенную задачу проверить через опыт? Не дать готовые условия сухой задачи из задачника, а дать ребенку возможность самому найти необходимые данные.

Рассмотрим два примера.

Задача 1. Вычислить грузоподъемность судна при заданных условиях.

В таком случае предлагается самому изготовить корабль из пластилина и вычислить его грузоподъемность при погружении до ватерлинии. Использовать можно: пластилин, линейку, мензурку с водой, весы и калькулятор. Прюделав все необходимые вычисления, проверяем на практике, нагружаем кораблик грузом вычисленной массы.

Задача 2. Утонет или всплывет тело известной массы и объема в известной жидкости?

В этом случае предлагается проверить условие плавания тел в двух случаях.

1. Изготовить параллелепипед из пластилина, выполнить все необходимые измерения и вычисления для проверки условия плавания тела и сравнить полученный вывод с результатами, в ходе проведения опыта.

2. Изготовить «коробочку» из пластилина, который был задействован в первом опыте, не меняя его массу, выполнить необходимые измерения и вычисления и сравнить полученный результат с опытом. Для решения данной задачи можно использовать: пластилин, линейку, весы, емкость с водой.

Просто посчитать по выученной формуле скучно. Найдутся дети, которые обязательно захотят проверить на практике. Физика 7, 8 класса — это тот самый момент, когда можно привить интерес к предмету. Даже дети, которые не сильны в решении задач, поневоле начнут вычислять свою силу тяжести, свой объем, мощность и т. д.

МАОУ «Школа № 172»,
Нижний Новгород

Поступила в редакцию 31.12.23.

Т. В. ЗАХАРОВА

ПРИМЕР ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ВОЛНОВОЙ ОПТИКЕ

Показаны возможности расширения диапазона исследований явлений волновой оптики при выполнении лабораторной работы на унифицированном оптическом стенде.

Ключевые слова: дисперсия света, дифракция, спектр, интерференция, длина волны, показатель преломления, дифракционная решетка.

Модернизация физического образования породила проблему проведения лабораторного практикума в требуемом для учебного процесса объеме охвата изучаемого теоретического материала при уменьшении выделяемых часов на его проведение. Это потребовало сокращения числа лабораторных работ, выполняемых студентами в семестре. И, как следствие, невозможностью для них познакомиться со многими лекционными темами на уровне физических экспериментов, выполнение которых и обсуждение полученных результатов при их защите способствует, как известно, более глубокому пониманию теоретического материала, формированию навыков экспериментальной работы, а также инженерных знаний и рационального мировоззрения. В то же время, в требованиях ФГОС к приобретаемым компетенциям по многим техническим направлениям подготовки студентов навыки, приобретаемые ими при проведении физических измерений, обработке и анализу полученных результатов, отмечаются как необходимые. Поэтому актуальным является рассмотреть возможности модернизации традиционного лабораторного практикума в аспекте интенсификации выполняемых в его рамках работ.

Такие возможности представляет, например, лабораторный практикум по разделу «Волновая оптика», включающий в настоящее время отдельные лабораторные работы по темам «Интерференция», «Дифракция», «Поляризация», «Дисперсия». Обычно экспериментальные навыки студенты получают только, выполняя одну работу, по одной из тем раздела.

Оптические схемы применяемых лабораторных стендов практически всех работ по волновой оптике, за небольшим исключением, содержат «унифицированную» и «варибельную» части. Унифицированная часть формируется на идентичных жестко закрепленных на основании рельсах (направляющих опорах), содержит типовые оптические элементы (источник света, диафрагма, конденсор, приемник и др.). Варибельная часть заключается в последовательности расположения оптических элементов в схеме, способах регистрации получаемых эф-

фактов, исследуемых объектах, которые для каждой изучаемой теоретической темы особые (изменяемые по размерам щели, призмы, дифракционные решетки и др.). Такая структура предполагает принципиальную возможность экспериментального объединения нескольких тем исследования в одной лабораторной работе, если переключение между решаемыми в ее рамках экспериментальными задачами не потребует трудоемкой и профессиональной юстировки оптической схемы установки, и при условии реализации подобия проводимых измерений для разных тематических задач лабораторной работы, что необходимо для оптимизации ее выполнения в случае ограничения по времени. Из последнего требуется унифицировать также оптическую схему лабораторного стенда для всех проводимых опытов и способ измерения характеристик, исходных для дальнейших вычислений.

Рассматривается решение с применением в составе оптического стенда для наблюдения оптического спектра зрительной трубы, закрепленной на гониометрическом столике, используемом также для расположения исследуемых образцов. Углы поворота зрительной трубы в различных экспериментах являются измеряемыми характеристиками, применимыми для исследования элементов оптических схем, характеризующихся дисперсией. Такие элементы составляют основу спектральных приборов и могут быть различными: призмы (преломление), дифракционные решетки (дифракция) — используются в распространенных спектральных приборах (монокроматоры, спектроскопы, спектрографы), фрагменты оптических схем, дающих интерференционную картину.

Обсуждаются детали получения для каждой из задач (дисперсия–дифракция) измерительной базы и особенности ее формирования, для проведения необходимых расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И. В. Курс физики: учебное пособие: в 3 томах. Том 2: Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика. — СПб.: Лань, 2008. — 480 с.
2. Годжаев Н. М. Оптика: учеб. пособ. для физических специальностей вузов. — М.: Высшая школа, 1977. — 432 с.

Российский университет
транспорта (МИИТ)

Поступила в редакцию 31.12.23.

А. А. ЗУБОРЕВА, С. В. ПОЛУШКИНА

**ПРЕДПРОФИЛЬНЫЙ ЭЛЕКТИВНЫЙ КУРС
«ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА: ИССЛЕДОВАНИЕ МИРА
ЧЕРЕЗ ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ»**

В статье представлен предпрофильный элективный курс с элементами опережающего обучения математике.

Ключевые слова: межпредметные связи, элективный курс, опережающее обучение, временное несоответствие, эффективность обучения физике.

Изучение курса физики в школе имеет непосредственную связь с таким важным предметом как математика. Известно, что математика является «языком» физики [2].

Однако проведенный нами констатирующий эксперимент позволил выявить основную проблему низкого развития межпредметной связи физики и математики. Она заключается во временном несоответствии школьных программ по физике и математике [1].

Мы выяснили, что на сегодняшний день явно выражена временная несогласованность прохождения учебного материала по физике и математике в 7 классе (рис. 1).

Анализ показал, что математические знания, необходимые для успешного усвоения физики, изучаются в старших классах, что отмечено красными и синими стрелками.

Поэтому на начальном этапе изучения физики учащиеся сталкиваются с отсутствием математических навыков, что, в первую очередь, повышает непонимание физики и снижает мотивацию и познавательную активность учащихся к изучению предмета.

Для решения проблемы нами был разработан предпрофильный элективный курс межпредметной связи физики и математики «Физика и математика: исследование мира через законы и формулы». Учебная программа данного курса рассчитана на 34 часа. Для работы курса отводится 1 час в неделю. Структура элективного курса представлена в виде модели на рис. 2.

Разработанный элективный курс решает такие задачи, как:

- углубление знаний о методах научного познания природы;
- развивает познавательный интерес и творческие способности учащихся;
- закрепляет межпредметные связи между различными науками, такими, как физика и математика;
- создает условия для творческого роста учащихся;
- повышает знания учеников в физике и математике.

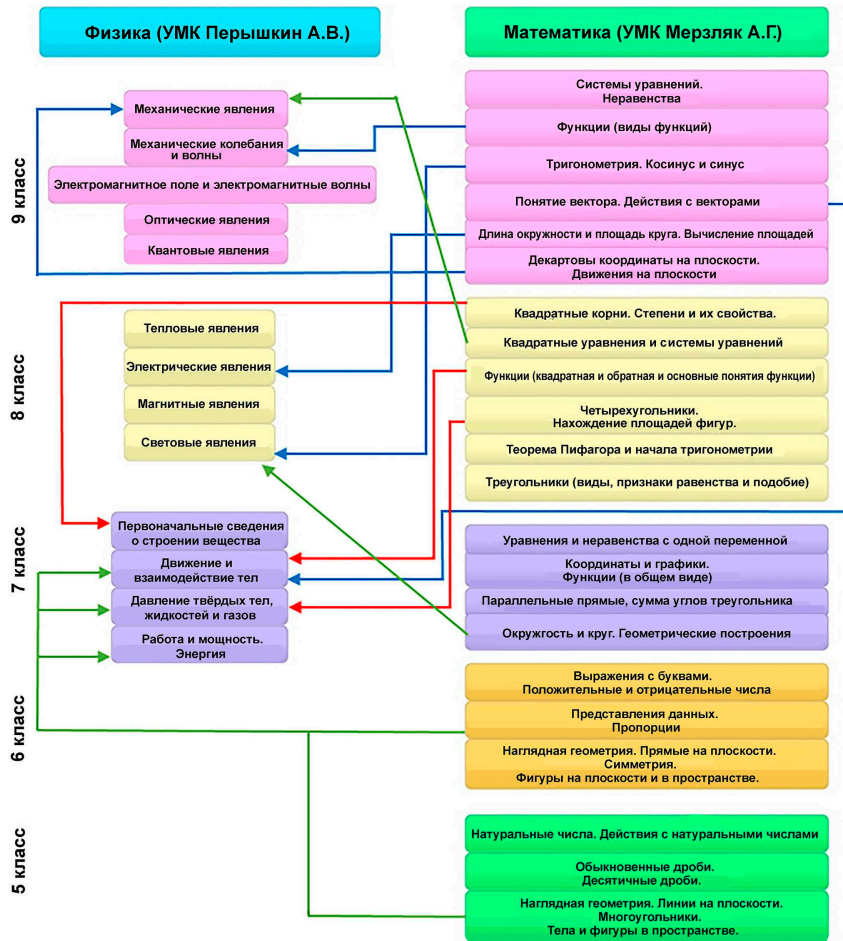


Рис. 1. Несоответствие изучаемых тем в рамках межпредметной связи между физикой и математикой

Особенностью разработанного элективного курса является то, что предлагаемую методику можно применять не только в 6–7 классах, но и внедрить в указанные выше школьные дисциплины.

Мы считаем, что внедрение в учебный процесс элективного курса с элементами опережающего обучения сможет реализовать и укрепить межпредметную связь между физикой и математикой, а также значительно повысить эффективность обучения не только физике, но и математике.

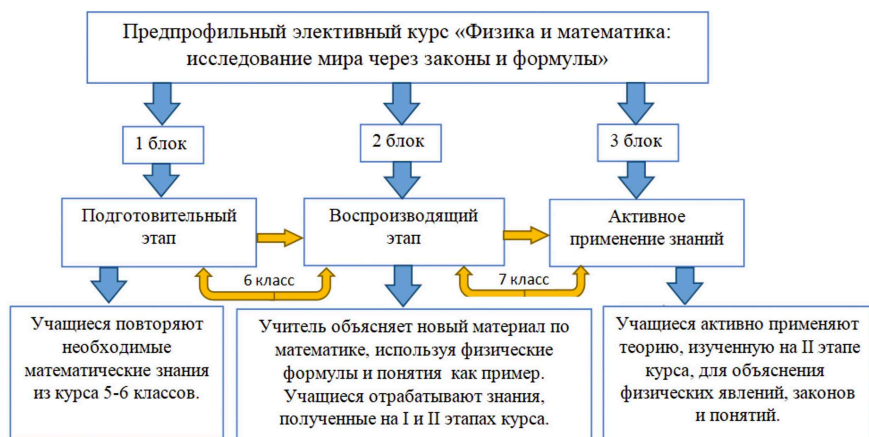


Рис. 2. Модель предпрофильного элективного курса для учащихся 6–7 классов в рамках межпредметной связи физики и математики

ЛИТЕРАТУРА

1. Далингер В. А., Зубков А. Н. Элективные курсы в системе профильного обучения // Вестник Омского государственного университета. — 2006. — № 6. — С. 26–31.
2. Максимова В. Н. Межпредметные связи в процессе обучения. — М.: Просвещение, 1988. — 190 с.

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

Поступила в редакцию 30.12.23.

Е. Л. КАЗАКОВА, Е. В. МОШКИНА, О. В. СЕРГЕЕВА

УЧЕБНО–ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ НА МЛАДШИХ КУРСАХ

Обсуждается опыт формирования исследовательских навыков у студентов младших курсов при подготовке проектов и их представлении на научной студенческой конференции.

Ключевые слова: исследовательская работа, проектная деятельность, активное обучение.

Современные условия жизни и вызовы, стоящие перед нашей страной, определяют особую важность уровня подготовки специалистов инженерных направлений. Для современных специалистов важны не

только глубокие теоретические знания, но и умение их применить. Повышению качества образовательного процесса при обучении физике в вузе у студентов технических направлений подготовки способствует развитие творческих способностей студентов, что помогает раскрывать их личностные качества.

Физика как учебная дисциплина имеет огромный потенциал в развитии изобретательской, конструкторской и творческой деятельности обучающихся. В процессе преподавания физики можно использовать различные методы и формы активного обучения, предоставляющие широкие возможности преподавателю вовлечь студентов в эти виды деятельности. Мощным инструментом формирования инженерного мышления, исследовательских навыков является физический эксперимент. Выполнение лабораторных работ по физике только частично позволяет раскрыть исследовательский потенциал первокурсников. Вовлечение студентов в подготовку и проведение лекционных демонстраций, ознакомление с классическими физическими экспериментами, проектная деятельность открывают дополнительные возможности для формирования необходимых качеств будущего инженера [1].

Помогает решать эти вопросы, в том числе, и привлечение студентов к выполнению учебно–исследовательских задач по физике с представлением результатов на ежегодной научной конференции обучающихся и молодых ученых Петрозаводского государственного университета. В 2023 году в рамках работы студенческой конференции для студентов первого и второго курса, обучающихся на различных направлениях подготовки физико–технического института мы организовали работу секции «Учебно–исследовательские задачи по физике на младших курсах». На секции было представлено 11 докладов. Предлагаемые для разработки и последующего выступления темы проектов касались вопросов из различных разделов физики, рассмотрение которых преподаватель не всегда выносит на аудиторные занятия, но они имеют важное значение для глубокого понимания физических явлений. Подготовленные и представленные на секции проекты можно разделить по нескольким направлениям.

- Практико–ориентированные проекты, направленные на разработку конечного продукта. Ярким примером работы по такой тематике был доклад «Портативная метеостанция своими руками». В этой работе студентом рассмотрен способ разработки портативной метеостанции, которая является простым и удобным устройством для отслеживания барометрических характеристик помещения на расстоянии. В рамках работы над докладом была создана действующая модель метеостанции, которая была функционально апробирована [2]. При работе по проекту «Автогенераторы электрических колебаний» студент изучил общие принципы работы автогенерации и классификацию автогенераторов, самостоятельно собрал схему LC –автогенератора на биполярном транзисторе и на конференции во время работы секции продемонстрировал его работу.

● Проекты, требующие глубокого погружения в теорию по какому-то разделу или теме. Работа над проектом «Развитие представлений о природе ферромагнетизма» потребовала от студента обсуждения таких экспериментов, как эффект Баркгаузена, опыты Эйнштейна и де Гааза, Штерна и Герлаха.

● По сложившейся традиции мы предлагали для рассмотрения студентам темы докладов, связанные с изучением классических физических экспериментов из разных разделов физики. Например, «Механомагнитные и магнитомеханические явления», «Получение низких и сверхнизких температур». Такие темы позволяют студентам познакомиться с историей развития физики и биографиями выдающихся ученых, что является важной частью полноценного физического образования.

Важным аспектом работы секции является то, что победители могут опубликовать свои результаты в сборнике материалов конференции и электронном научном студенческом журнале *StudArctic forum*, приобретая свой первый публикационный опыт.

Стимулирование самостоятельной работы студентов в рамках учебно-исследовательской деятельности при изучении физики является неотъемлемой составной частью при организации учебного процесса на младших курсах. В рамках этой работы мы ставим перед собой задачу популяризации физики, как науки не только теоретической, но и прикладной, демонстрируя студентам, что познать окружающий нас мир можно через исследование и творчество. Работу в этом направлении необходимо все время совершенствовать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казакова Е. Л., Мошкина Е. В., Сергеева О. В. Организация научно-исследовательской работы при преподавании физики на младших курсах // Инженерное образование. — Москва, 2022. — Вып. 32. — С. 37–47. — URL: https://aeer.ru/files/io/m32/art_3.pdf (дата обращения: 24.12.2023). — Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. — Текст: электронный.
2. Королев Н. Л. Портативная метеостанция своими руками // Материалы 75-й Всероссийской научной конференции обучающихся и молодых ученых. — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. — 2023. — С. 481–483. — URL: <https://elibrary.petrso.ru/books/show/64653> (дата обращения: 24.12.2023). — Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. — Текст: электронный.

Петрозаводский государственный университет

Поступила в редакцию 25.12.23.

А. И. КАПРАЛОВ

ФИЗИКА И ТЕХНИКА В ИГРУШКАХ КАК ОДИН ИЗ КОМПОНЕНТОВ ИСТОРИЧЕСКОГО ПОДХОДА В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

Описывается опыт применения музыкального синтезатора при изучении звуковых явлений, электрических токов переменной частоты в учебном процессе в школе.

Ключевые слова: звуковые явления, генератор, опыты, совместная деятельность с учащимися.

Основным элементом успешности преподавания элементов физики в школе является связь изучаемого материала с практикой учащихся. Насыщенное электроникой бытовое окружение учащихся подчас делает малоинтересным восприятие электронного оборудования образца 90-х годов прошлого века. Хотя надежность многого оборудования не вызывает сомнений, а даже вызывает восхищение. Современная молодежь не имеет опыта оценить такое качество как надежность. Поступающее в школу оборудование имеет подчас несоответствие цены и качества, надежности и ремонтпригодности, долговечности. Поэтому приходится находить решения этих проблем в создании самодельных приборов, соответствующих требованиям безопасности и дидактической целесообразности.

Обращаясь к опыту применения в учебном процессе игрушек, которые сами выступают предметом исследования или средством демонстрации явления, мы пришли к выводу, что часть игрушек может удовлетворять требованиям надежности и безопасности при обучении физике.

В нашем распоряжении оказалось электронное пианино, звуковой ряд которого соответствовал музыкальным инструментам. Источником звука служит динамик, мощность которого необходимо учитывать при проведении опытов. С помощью электронного пианино можно проиллюстрировать основные понятия, изучаемые в разделе «Колебания и волны» школьного курса физики 9 класса. Кроме этого, на примере истории создания электронных приборов можно показать развитие технического прогресса, например, технологии извлечения звука из предметов, создать устройство с затухающими колебаниями.

Усилитель и микрофон из детских игрушек могут служить основой для изучения таких явлений как резонанс и отражение звука.

Опыт показал, что при использовании детских игрушек на учебных занятиях во внеурочной деятельности интерес к явлениям повышается, так как у учащихся снимается ограничение в применении их «не по назначению», детские игрушки становятся предметом исследования или частью экспериментально-исследовательских установок в проектах учащихся.

МБОУ СОШ № 135 им. Академика
Б. В. Литвинова, г. Снежинск;
Снежинский городской музей

Поступила в редакцию 29.12.23.

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

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ К ПРОВЕДЕНИЮ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Раскрыто содержание деятельности студента при подготовке к проведению педагогического эксперимента в школе с целью доказательства возможности и целесообразности использования на внеурочном занятии отобранной серии физических опытов.

Ключевые слова: педагогический эксперимент, деятельность подготовки, внеурочное занятие, физические опыты.

На кафедре физики и дидактики физики (ФДФ) Глазовского инженерно-педагогического университета имени В. Г. Короленко (ГИ-ПУ), педагогическая практика в школе обязательно включает проведение педагогического эксперимента по проверке возможности и целесообразности применения в учебном занятии новых физических опытов. Выпускная квалификационная работа студента допускается к защите в том случае, если успешно выполнен, правильно оформлен и убедительно объяснен педагогический эксперимент. Именно поэтому **актуальна** задача подготовки студентов к проведению педагогического эксперимента [1]. Она решается в учебно-воспитательном проекте кафедры: «Педагог физического образования», который предполагает индивидуальное взаимодействие студента и преподавателя.

Анализ деятельности кафедры ФДФ ГИПУ в этом направлении позволяет сформулировать *гипотезу*:

если студент выполнит серию заданий, включающую: 1) выбор темы учебного занятия; 2) определение его образовательного продукта; 3) выбор учебного эксперимента; 4) подготовку серии отобранных опытов; 5) разработку теста для диагностики полученных результатов;

то он сможет самостоятельно предложить дидактическую модель внеурочного занятия и выполнить доказательный педагогический эксперимент с целью определения возможности и целесообразности проведения такого занятия в школе.

Задание 1. Выбор темы учебного занятия. Студент должен выбрать вид учебного занятия, предложить для него не менее 5 разных названий темы занятия и обосновать свой выбор.

Результат. Выбрано внеурочное учебно-воспитательное занятие со всем классом по теме «Конденсаторы и их практическое применение» [2, с. 151–156].

Задание 2. Определение образовательного продукта занятия. Необходимо четко определить: 1) какие именно знания получают школьники на учебном занятии; 2) какие умения будут у них сформированы; 3) в чем состоит развитие обучающихся на планируемом занятии; 4) как повышается научная грамотность школьников; 5) каков воспитательный эффект занятия?

Результат. На занятии обучающиеся получают *учебные знания*: определение электрической емкости; устройство и назначение конденсатора; электрическое поле и емкость плоского конденсатора; энергия

заряженного конденсатора. Они совершенствуют *учебные умения*: наблюдать, обнаруживать и объяснять явления, выдвигать гипотезы и проверять их на опыте. На занятии *развивается* доказательность физического мышления школьников. Начальные знания о конденсаторах и их применении расширяют кругозор и повышают *научную грамотность* обучающихся. *Воспитательный эффект* занятия состоит в развитии мотивации к наблюдению и изучению физических явлений [3].

Задание 3. Выбор учебного физического эксперимента. При подготовке к внеурочному занятию продолжительностью не более одного астрономического часа студент выбирает от трех до пяти учебных экспериментов для демонстрации изучаемых физических явлений. Эта серия опытов должна удовлетворять дидактическим требованиям: 1) представлять собой систему, раскрывающую физическое содержание темы занятия; 2) отличаться простотой, доступностью и научностью теоретических объяснений; 3) возбуждать интерес обучающихся к физическим явлениям; 4) опыты должны быть яркими и эффектными, но не нарушающими правила безопасности; 5) количество отобранных для учебного занятия опытов не должно превышать примерно пяти.

Результат. Возможна следующая система опытов, раскрывающая содержание темы внеурочного занятия «Конденсаторы и их практическое применение».

Опыт 1. Электроемкость проводника. Дают определение электроемкости проводника как отношения его заряда к потенциалу: $C = Q/\varphi$. Два одинаковых электрометра с полыми кондукторами разного диаметра заряжают равными зарядами. Наблюдают, что стрелка электрометра с меньшим кондуктором отклоняется на больший угол, то есть потенциал этого кондуктора больше. Делают вывод, что с увеличением размера кондуктора его емкость возрастает [4].

Опыт 2. Лейденские банки электрофорной машины. Электрофорную машину приводят в действие и демонстрируют жирную искру между ее кондукторами. Разрывают соединение между лейденскими банками машины и показывают, что при том же расстоянии между кондукторами проскакивает значительно более слабая искра. Делают вывод, что лейденские банки являются конденсаторами, которые способны накапливать заряд [5].

Опыт 3. Электрическое поле плоского конденсатора. Моделируют электрическое поле плоского конденсатора в кювете с касторовым маслом, посыпанным манной крупой. Получившуюся картину посредством смартфона и компьютерного проектора показывают на большом экране. Школьники наблюдают, что внутри плоского конденсатора электрическое поле близко к однородному, а вне него практически отсутствует [4].

Опыт 4. Электроемкость плоского конденсатора. В серии опытов с плоским конденсатором, установленным горизонтально, подтверждают справедливость формулы: $C = \varepsilon_0 \varepsilon S/d$ [6].

Опыт 5. Энергия заряженного конденсатора. Готовят оборудование: электролитические конденсаторы емкостью 2200 мкФ и 4700 мкФ; батарейки на 4,5 В и 9 В; лампочку накаливания на 3,5 В. Конденсаторы заряжают от батареек в течение примерно 5 секунд и разряжают

через лампочку. Наблюдают различные по яркости и продолжительности вспышки света. Из проделанной серии опытов делают вывод, что энергия заряженного конденсатора возрастает с ростом его емкости и напряжения, до которого он заряжен.

Задание 4. Подготовка отобранной серии учебных опытов. Все опыты серии должны быть тщательно проверены, налажены и подготовлены для демонстрации.

Результат. Студент должен научиться уверенно собирать демонстрационные установки на глазах класса, поясняя все свои действия. Необходима тренировка, доводящая технику исполнения физического опыта до автоматизма. Студент должен знать устройство и принцип действия всех используемых для опыта приборов.

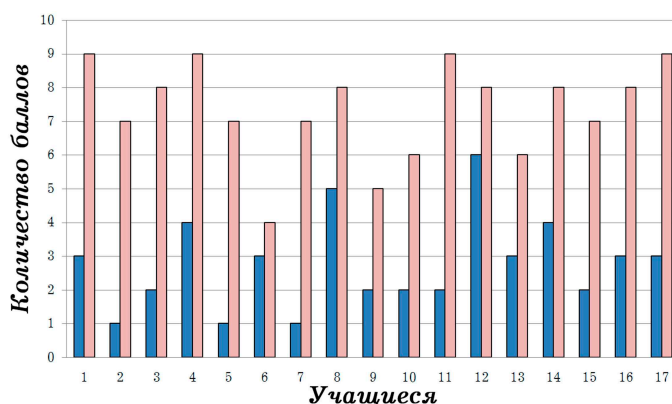


Рис. 1. Результаты тестирования до начала внеурочного занятия и после его окончания

Задание 5. Диагностика полученного дидактического эффекта методом тестирования. Тест представляет собой систему связанных вопросов, ответы на которые позволяют оценить уровень овладения обучающимися учебным материалом занятия.

Результат. Студент разрабатывает тест из 10 вопросов, ответы на которые позволяют судить об уровне овладения школьниками учебным материалом внеурочного занятия. Как правило, тестирование группы проводится дважды: в начале и в конце занятия. Статистическая обработка полученных данных осуществляется методом t -критерия Стьюдента для зависимых результатов.

В заключение отметим, что приведенный на рис. 1 результат тестирования группы испытуемых школьников позволяет оценить педагогический эксперимент студента-практиканта как успешный: в реальном учебно-воспитательном процессе убедительно доказаны возможность и целесообразность проведения разработанного студентом внеурочного занятия в школе. Тем самым получен факт в пользу гипотезы о содержании подготовки студента к педагогическому эксперименту в школе.

Исследование выполнено на базе Федеральной инновационной площадки «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. Вараксина, Е. И. Подготовка студентов к проведению доказательного педагогического эксперимента в средней школе // Учебная физика. — 2012. — № 3. — С. 32–49.
2. Перышкин А. В. Физика: 8 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений. — М.: Дрофа, 2013. — 237 с.
3. Майер В. В., Вараксина Е. И. Моделирование и экспериментирование как основа профессиональной деятельности школьного учителя физики // Модели и моделирование в методике обучения физике: Материалы докладов IX всероссийской научно-практической конференции. — Киров, 2022. — С. 19–23.
4. 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.
5. Майер В. В., Вараксина Е. И. Школьный учебник физики как средство развития критического мышления // Учебная физика. — 2022. — № 2. — С. 16–23.
6. Майер В. В., Вараксина Е. И. Моделирование и экспериментирование при подготовке школьного учителя к уроку по изучению конденсатора // Физика в школе. — 2023. — № 5. — С. 16–22.

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

Поступила в редакцию 20.01.24.

С. В. КОСТАРЕВ, Ю. С. ОСТРОУМОВА, С. Д. ХАНИН

ФОРМИРОВАНИЕ В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ УМЕНИЙ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО РЕСУРСА МОДЕЛИРОВАНИЯ

Предлагаются методические подходы к деятельностному применению моделирования в части выбора методики экспериментального решения задач, интерпретации получаемых результатов и определения возможностей их практического использования, постановки задачи учебного исследования.

Ключевые слова: экспериментальное решение задач, методологические ресурсы моделирования, задачно-деятельностный подход.

Будучи процессуально ориентированным, физический практикум должен отражать в своей организации методологию познавательной и наукоемкой практической деятельности. Неотъемлемым атрибутом

этой методологии является взаимосвязь между экспериментом, теорией и практикой, где в качестве связующего звена выступает моделирование. В настоящей работе представлены некоторые методические подходы к предметному освоению обучающимися умений использования методологического ресурса моделирования в физическом практикуме.

Первый из рассматриваемых подходов направлен на деятельностное освоение ресурса моделирования в части обоснованного выбора (разработки) методики экспериментального решения задач практикума. В отличие от традиционного подхода, когда методика выполнения задания практикума представляется обучающимся в готовом виде, рассматриваемый подход предполагает осуществление обучающимися самостоятельного обоснования методики посредством аналитического решения сформулированной определенным образом задачи, результатом которого является построение информативной в рассматриваемом аспекте модели.

Имеющийся в Военной академии связи опыт показывает, что указанный подход может быть реализован в практикуме на всем протяжении обучения физике — от физических основ механики, что было показано в [1] на примере обоснования методики измерения момента инерции твердых тел, до изучения основ физики функциональных материалов, где моделирование проявляет свою эффективность в определении и обосновании метода экспериментального решения столь сложных задач, как определение малой подвижности носителей заряда в неупорядоченных средах [2].

Второй из рассматриваемых подходов, предназначенный преимущественно для использования в исследовательском практикуме, направлен на освоение ресурса моделирования в части интерпретации получаемых в практикуме экспериментальных результатов. Этот подход предписывает создание проблемной ситуации, побуждающей обучающегося к самообразовательной и информационно-аналитической работе, ориентированной на освоение развитых в рассматриваемом проблемном поле модельных представлений. В связи с множественностью последних, особое значение придается широте поиска и уровню доказательности, что стимулирует проведение дополнительных по отношению к запланированным в практикуме экспериментов.

Выразительным примером сказанного является интерпретация опытных данных по фазовому переходу твердых тел из металлического в немаetalлическое состояние, могущего иметь характер порогового изменения состояния в сильно неоднородных системах при изменении концентрации компонентов; перехода, обусловленного смещением уровня Ферми из области делокализованных состояний в область локализованных состояний в неупорядоченных средах; структурно-фазового перехода; электронного фазового перехода в коррелированных системах [3].

Проблемно-детерминированные самообразование и информационно-аналитическая работа являются неотъемлемыми составляющими и в реализации третьего подхода, направленного на освоение умений

применения моделирования в постановке задачи исследования. Модельные представления здесь являются основанием для проектирования экспериментов, результаты которых могут позволить различить альтернативные механизмы изучаемого явления. Так, модели динамической электропроводности твердых тел указывают на возможности различения зонного и прыжкового механизмов транспорта носителей заряда по поведению электрической проводимости на переменном токе при изменении частоты, что актуализирует в экспериментальном изучении объекта диэлектрическую спектроскопию.

Наконец, четвертый подход направлен на освоение методологического ресурса моделирования в части определения возможностей применения полученных результатов в целях решения значимых для практики задач. Последнее, как это предписывается рассматриваемым подходом, выступает в качестве целевой установки выполняемых в практике заданий. Модель, используемая как направляющая для выработки практических рекомендаций, разрабатывается в логике задачно-деятельностного подхода и подлежит экспериментальной проверке. В качестве примеров из опыта авторов в докладе приводятся выработка и результаты экспериментальной проверки основанных на получаемых в практикуме результатах рекомендаций по созданию металлооксидных чувствительных элементов регистраторов излучения и элементов оптической памяти в ультрафиолетовой области спектра, а также критических датчиков температуры на основе металл-полимерных композитов.

В заключение отметим эффективность в реализации представленных подходов проведения промежуточных и итоговых научно-практических семинаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костарев С. В., Жуков В. А., Остроумова Ю. С., Ханин С. Д. Проблемно-деятельностный подход к организации учебного процесса в военном вузе как средство формирования у курсантов методологической культуры // Развитие военной педагогики в XXI веке: Материалы V межвузовской научно-практической конференции / под ред. С. В. Костарева, И. И. Соколовой, Н. В. Ершова. — СПб.: ВАС, 2018. — С. 39–46.
2. Остроумова Ю. С. Совершенствование подготовки военно-инженерных кадров к решению наукоемких профессиональных задач: Монография. — СПб.: ВАС, 2019. — 240 с.
3. Физика неупорядоченных и наноструктурированных оксидов и халькогенидов металлов: Монография / под ред. Г. А. Бордовского. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. — 382 с.

ФГКВОУ ВО «Военная орденов Жукова
и Ленина Краснознаменная академия
связи имени Маршала Советского
Союза С. М. Буденного» Министерства
обороны Российской Федерации

Поступила в редакцию 25.12.23.

С. В. КОСТАРЕВ, Ю. С. ОСТРОУМОВА, С. Д. ХАНИН

ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ НАУЧНО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

С дидактических и методологических позиций определяются ресурсы физического практикума в научно–технологическом образовании и условия их результативного использования в практике обучения.

Ключевые слова: потенциал физического практикума, научно–технологическое образование, необходимые условия результативной реализации.

Происходящее в современных условиях качественное обновление технологической платформы общества с необходимостью актуализирует развитие в инженерном образовании научно–технологического направления. Роль развития этого направления в военно–инженерном образовании, в системе которого работают авторы доклада, подробно раскрывалась ими в работах [1, 2].

В представляемом на настоящую конференцию докладе определяется и обосновывается потенциал физического практикума в научно–технологическом образовании и формулируются условия его реализации в практике обучения.

В части потенциала физического практикума выделяются его следующие образовательные ресурсы:

- мотивационный, состоящий в возможности приобретения обучающимися реализованного опыта ценностного отношения к осуществляемой деятельности;
- информационный, состоящий в возможностях приобретения предметных знаний об экспериментальной деятельности, методах и средствах ее осуществления;
- методологический, состоящий в предоставлении условий для приобретения опыта получения и практического применения знаний, формирования исследовательских и организационных умений;
- развивающий, предопределяемый востребованностью в экспериментальном решении задач целеустремленности и конструктивности действий, аналитичности и самостоятельности в их осуществлении, творческого подхода и присущих ему качеств мышления.

В связи с последним отметим, что в теории развивающего обучения процессуальная ориентация, учебное исследование, эксперимент выступают как центральные категории [3, 4].

К основным условиям реализации имеющегося у физического практикума образовательного потенциала отнесены следующие.

Во–первых, проблемность содержания и процесса выполнения практикума. Требование выполнения этого условия обусловлено определяющей ролью проблемности в развитии мышления, которое, следуя психологии, детерминируется необходимостью разрешения проблемных

ситуаций, и формировании у обучающегося самостоятельности и творческой субъектности в осуществлении действий.

Во-вторых, задачно-деятельностная форма представления содержания практикума как отвечающая требованиям дидактики и способствующая формированию востребованных в научно-технологической деятельности умений выработки адекватных стоящей задаче методов ее решения и его реализации.

В-третьих, придание в целевых установках практикума приоритетного значения обучению методам решения проблемных задач в их конкретном, детерминируемом содержанием подлежащих выполнению заданий, проявлении.

В-четвертых, системное объединение в содержании практикума эксперимента с теорией и практикой как необходимое для обеспечения осознанности действий и формирования у обучающихся востребованных в научно-технологической деятельности умений конструктивного применения фундаментальных знаний и результатов проводимых исследований в целях решения практических задач.

Наконец, построение практикума в логике подлежащей освоению научно-технологической деятельности, широкомасштабное использование в его организации исследовательского и проектного (проектно-исследовательского) методов.

Реализация сформулированных условий в практике обучения конкретизируется в докладе на примерах построения содержания и организации практикума по физике в обучении курсантов Военной академии связи, изложенных в ряде работ (например, [5, 6]).

ЛИТЕРАТУРА

1. Костарев С. В., Остроумова Ю. С., Ханин С. Д. Научно-технологическое развитие как фактор и направляющая системного обновления военно-инженерного образования // Развитие военной педагогики в XXI веке: Материалы VII межвузовской научно-практической конференции / под ред. С. В. Костарева, И. И. Соколовой, В. А. Митраховича, Н. В. Ершова. — СПб.: ВАС, 2020. — С. 166–174.
2. Костарев С. В., Остроумова Ю. С., Ханин С. Д. Совершенствование подготовки к научно-технологической деятельности как направление развития военно-инженерного образования // Военная безопасность России: взгляд в будущее. Материалы 6-ой Международной межведомственной научно-практической конференции научного отделения № 10 Российской академии ракетных и артиллерийских наук. — Москва, 2021. — Т. 1. — С. 70–79.
3. Барболин М. П. Методологические основы развивающего обучения. — М.: Высшая школа, 1991. — 232 с.
4. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. — М.: ОПУ Интор, 1996. — 541 с.
5. Костарев С. В., Жуков В. А., Остроумова Ю. С., Ханин С. Д. Проблемно-деятельностный подход к организации учебного процесса в военном вузе как средство формирования у курсантов методологической культуры // Развитие военной педагогики в XXI веке: Материалы V межвузовской научно-практической конференции / под ред. С. В. Костарева, И. И. Соколовой, Н. В. Ершова. — СПб.: ВАС, 2018. — С. 39–46.

6. Жуков В. А., Пщелко Н. С. Формирование умений и опыта применения фундаментальных знаний к решению прикладных проблемных задач средствами физического образования // Развитие военной педагогики в XXI веке: Материалы VII межвузовской научно-практической конференции / под ред. С. В. Костарева, И. И. Соколовой, В. А. Митраховича, Н. В. Ершова. — СПб.: ВАС, 2020. — С. 333–339.

ФГКВООУ ВО «Военная орденов Жукова
и Ленина Краснознаменная академия
связи имени Маршала Советского
Союза С. М. Буденного» Министерства
обороны Российской Федерации

Поступила в редакцию 25.12.23.

Е. Н. КРЕЧЕТОВА, В. В. ШИЛИНА, В. Ю. ШУРЫГИН

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННОГО И ЦИФРОВОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА В ШКОЛЕ ПО РАЗДЕЛУ «МЕХАНИКА»

На примере лабораторной работы по определению ускорения свободного падения проведено сравнение возможностей различных типов школьного лабораторного практикума по механике.

Ключевые слова: школа, физика, механика, лабораторный практикум, цифровые технологии, ускорение свободного падения.

Изучение физики на всех уровнях и ступенях обучения предполагает приобретение не только теоретических знаний, но и практических навыков, что делает лабораторный практикум важнейшей составляющей образовательного процесса. В последнее время с развитием информационных технологий, классический физический эксперимент все чаще уступает место компьютерному моделированию и экспериментам смешанного типа. Современные цифровые лаборатории зачастую предлагают более эффективные и удобные инструменты для проведения опытов. В данной работе рассматриваются основные различия, преимущества и недостатки цифровой и классической лаборатории в разделе механики школьного курса физики. В качестве примера рассмотрены различные виды лабораторной работы по определению ускорения свободного падения.

В учебнике А. В. Перышкина за 9 класс [1] содержится лабораторная работа «Измерение ускорения свободного падения». В ее описании обозначена цель работы — измерить ускорение свободного падения с помощью прибора для изучения движения тел, а также перечислено

оборудование: прибор для изучения движения тел (электронный секундомер с одной парой герконовых датчиков); штатив с муфтой, лапкой и направляющей; брусок с пусковым магнитом. Проведение серии экспериментов на данной установке и обработка результатов позволяет получить значение g порядка $13,5 \text{ м/с}^2$.

Аналогичная лабораторная работа по измерению ускорения свободного падения имеется и в цифровых лабораториях [2]. При этом цель работы та же самая, а оборудование включает в себя штатив с муфтой, лапкой и направляющей, брусок с пусковым магнитом, уже 2 пары герконовых датчиков и ноутбук с соответствующим программным обеспечением.

После проведения серии экспериментов программа автоматически строит график зависимости пути от времени и находит уравнение движения груза. Анализ данного уравнения и позволяет найти значение ускорения свободного падения, а также начальную скорость груза. Данная цифровая лабораторная установка позволяет получать более точное значение искомой величины (порядка $9,2\text{--}9,6 \text{ м/с}^2$).

Сравнительный анализ методик проведения и точности получаемых результатов даже этих двух лабораторных работ позволяет сделать некоторые выводы общего характера.

Можно утверждать, что использование цифровых лабораторий (по крайней мере в данном разделе физики) позволяет получать более точные результаты измерений. Это достигается благодаря использованию компьютерных алгоритмов обработки данных и минимальному влиянию человеческого фактора.

Что касается времени для проведения эксперимента, то тут тоже цифровые лаборатории выигрывают, поскольку анализ результатов производится автоматически компьютером. Также цифровые лаборатории позволяют быстро изменять параметры эксперимента и производить новые измерения с минимальными усилиями. Классические же лаборатории могут быть менее гибкими, требовать больших усилий для изменения условий эксперимента и анализа полученных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перышкин, А. В. Физика. 9 кл. учебник / А. В. Перышкин, Е. М. Гутник. — М.: Дрофа, 2014. — 319 с.
2. Поваляев, О. А. Цифровая лаборатория по физике. Базовый уровень: методическое пособие / О. А. Поваляев, Н. К. Ханнов, С. В. Хоменко. — М.: Де'Либри, 2020. — 108 с.

Елабужский институт (филиал)
Казанский (Приволжский)
федеральный университет

Поступила в редакцию 04.01.24.

И. В. КРИВЕНКО, С. Р. ИСПИРЯН, Г. Н. ИВАНОВ

**ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В РАМКАХ СПЕЦКУРСА
«УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ»**

Описан опыт проведения физического эксперимента при изучении темы «Уравнение теплопроводности» на установке по изучению стационарного температурного поля стержня и математического моделирования явления теплопереноса.

Ключевые слова: уравнения второго порядка в частных производных, уравнение теплопроводности, математическое моделирование, экспериментальное изучение тепловых явлений.

При изучении курса «Уравнения математической физики» на практических занятиях в техническом вузе предлагается методика, предусматривающая не только решение уравнений второго порядка в частных производных, но и проведение как модельных компьютерных экспериментов, так и выполнение лабораторных исследований на установках. Такие лабораторные установки используются для изучения явлений теплопереноса [1, 2] в рамках курсов «Специальные главы физики» и «Теплофизика». Самые качественные и интересные исследования студентов представляются в виде докладов на внутривузовских студенческих научно-практических конференциях [3, 4].

Приведем здесь пример студенческой работы, включающей как теоретические, так и экспериментальные исследования. Рассмотрены одномерные задачи о распределении температуры в тонком металлическом стержне с теплоизолированной боковой поверхностью. Граничные и начальные условия варьируются. В работе [3] была разработана программа (приложение *Excel*) для расчета температуры в любой точке стержня в любой момент времени при условии, что в начальный момент времени стержень равномерно нагрет до температуры, превышающей температуру окружающей среды, а один из его концов теплоизолирован. Модельные эксперименты сопровождалась реальными опытами на установке по изучению стационарного температурного поля стержня [1]. Один конец алюминиевого стержня был помещен в нагреватель; в исследуемой точке была установлена термопара для определения температуры. Сначала стержень нагревали, а затем нагреватель отключался. Через некоторое время (которое оценивалось) температура в различных точках стержня условно выравнивалась. Далее в процессе остывания через равные промежутки времени определялась температура в выбранной точке. При этом была проведена целая серия экспериментов при различных режимах остывания. Проведенные студентами исследования позволили им сравнить результаты расчетов температуры по уравнению теплопроводности и физического эксперимента, оценив при

этом важность понимания постановки задачи и отличия модельных условий и реального эксперимента.

Используемая методика значительно повышает интерес студентов к изучаемому предмету и обучает их основам научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Г. Н., Испирян С. Р., Кривенко И. В. Процессы переноса теплоты в технологических системах: учебное пособие. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. — 156 с.
2. Испирян С. Р., Касерес М. О., Кривенко И. В. Актуальные задачи теплофизики в индивидуальных научно-исследовательских проектах // Саморазвивающаяся среда технического университета: материалы Всероссийской научно-практической конференции: в 3 ч. — 2017. — С. 136–141.
3. Мальков Д. В., Иванов В. В. Моделирование процесса теплопроводности в тонком стержне // Прикладные аспекты научных исследований студентов Тверского государственного технического университета: материалы тезисов докладов внутривузовской студенческой научно-практической конференции, приуроченной ко Дню российской науки: в 2 ч. — Тверь: ТвГТУ, 2014. — Ч. I. — С. 71–73.
4. Осипов Р. А., Ершова О. Н. Исследование распределения температуры в тонком стержне, нагреваемом электрическим током // Прикладные аспекты научных исследований студентов Тверского государственного технического университета: материалы тезисов докладов внутривузовской студенческой научно-практической конференции, приуроченной ко Дню российской науки: в 2 ч. — Тверь: ТвГТУ, 2014. — Ч. I. — С. 79–80.

Тверской государственный
технический университет

Поступила в редакцию 31.12.23.

К. Л. ЛЕВИН, Р. Г. ИСМАГИЛОВ, Б. Д. КЛИМЕНКОВ,
Д. В. РЯБОКОНЬ, В. А. ЖУКОВ

РАЗВИТИЕ НАВЫКОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧАЩИМИСЯ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ

Рассмотрена замена координат в дифференциальных уравнениях движения космического летательного аппарата. Это позволяет максимально использовать имеющийся в задаче интеграл движения. Также затронут построение решения с помощью теории возмущений.

Ключевые слова: система дифференциальных уравнений, система координат, летательный аппарат, теория возмущений.

В процессе изучения курса физики учащиеся нередко встречаются с системами дифференциальных уравнений (СДУ). Поэтому полезно разобрать следующие вопросы: переход к другим координатам (от

декартовых к полярным), приведение СДУ к безразмерному виду, использование теории возмущений.

Представляется рациональным проводить такую тренировку на примере рассмотрения движения космического летательного аппарата (ЛА), на который действуют центральная гравитационная сила и дополнительная постоянная радиальная сила β . Заметим, что в таком случае момент импульса остается постоянным, следовательно, движение происходит в фиксированной плоскости. Для описания движения можно воспользоваться как декартовыми, так и полярными координатами.

В векторной форме уравнения движения (III закон Ньютона) имеют вид:

$$m\ddot{\vec{r}} = -\frac{\alpha}{r^3}\vec{r} + \beta\frac{\vec{r}}{r}, \quad \alpha = GMm. \quad (1)$$

В декартовых координатах [1] это векторное уравнение обычным образом превращается в систему

$$m\ddot{x} = \left(\beta - \frac{\alpha}{r^2}\right)\frac{x}{r}, \quad m\ddot{y} = \left(\beta - \frac{\alpha}{r^2}\right)\frac{y}{r}. \quad (2)$$

Для перехода к полярным координатам следует ввести единичные вектора $\vec{e}_r = (\cos \varphi, \sin \varphi)$, $\vec{e}_\varphi = (-\sin \varphi, \cos \varphi)$, записать радиус-вектор в виде $\vec{r} = r\vec{e}_r$, найти его вторую производную по времени, пользуясь очевидными соотношениями $\dot{\vec{e}}_r = \dot{\varphi}\vec{e}_\varphi$, $\dot{\vec{e}}_\varphi = -\dot{\varphi}\vec{e}_r$, что приводит к результату $\ddot{\vec{r}} = \ddot{r}\vec{e}_r - \dot{\varphi}^2 r\vec{e}_r + \dot{\varphi}\dot{r}\vec{e}_\varphi + 2\dot{\varphi}\dot{r}\vec{e}_\varphi$.

После подстановки в (1), остается собрать слагаемые с ортами \vec{e}_r , \vec{e}_φ . В итоге приходим к системе уравнений движения в полярных координатах

$$m\ddot{r} = m\dot{\varphi}^2 r - \frac{\alpha}{r^2} + \beta, \quad mr^2\ddot{\varphi} + 2mr\dot{r}\dot{\varphi} = 0. \quad (3)$$

В левой части второго уравнения стоит полная производная по времени:

$$mr^2\ddot{\varphi} + 2mr\dot{r}\dot{\varphi} = \frac{d}{dt}(mr^2\dot{\varphi}) = 0, \quad r^2\dot{\varphi} = \text{const} \quad (4)$$

и, очевидно, смысл этого уравнения — это сохранение момента импульса.

В случае $\beta = 0$ одно из решений (3) — это движение по окружности радиусом r_0 с постоянной угловой скоростью $\omega = \dot{\varphi} = \sqrt{\alpha/(mr_0^3)}$. Выясним, к каким искажениям траектории приводит включение малой силы β в момент времени $t = 0$.

Для этого сначала перейдем к безразмерным переменным ξ, τ

$$r = \xi r_0, \quad t = \tau/\omega.$$

В этих переменных невозмущенное движение по окружности описывается равенствами $\xi = 1, \varphi = \tau$. Из закона сохранения (4) тогда следует $\xi^2 \frac{d\varphi}{d\tau} = 1, \quad \frac{d\varphi}{d\tau} = \xi^{-2}$, а переход к новым переменным в первом из

уравнений (3) приводит к

$$\frac{d^2\xi}{d\tau^2} - \xi \left(\frac{d\varphi}{d\tau} \right)^2 = -\frac{1}{\xi^2} + \gamma, \quad \gamma = \frac{\beta r_0^2}{\alpha}.$$

В [2] было показано, что движение будет финитным только при достаточно малом $\gamma < 1/8$. После подстановки $\frac{d\varphi}{d\tau} = \xi^{-2}$ получаем уравнение

$$\frac{d^2\xi}{d\tau^2} - \frac{1}{\xi^3} + \frac{1}{\xi^2} = \gamma. \quad (5)$$

Предполагая безразмерный параметр γ малым (это отношение радиальной силы к гравитационной), ищем решение в виде $\xi = 1 + \xi_1$, ξ_1 — малая добавка. Сохраняя в (5) только линейные поправки, получим

$$\frac{d^2\xi_1}{d\tau^2} + \xi_1 = \gamma.$$

Следует наложить начальные условия при $\tau = 0$, $\xi_1 = 0$, $d\xi_1/d\tau = 0$. Тогда приходим к результату

$$\xi_1 = \gamma(1 - \cos \tau).$$

Следовательно, отклонение от круговой траектории меняется по гармоническому закону с частотой равной частоте обращения, а максимальное отклонение $\xi_{1m} = 2\gamma$. Конечно, это результаты только первого порядка теории возмущений.

Таким образом, переход к полярным координатам помог выявить закон сохранения момента импульса и использовать его для упрощения системы; введение безразмерных переменных привело к изящному уравнению (5), в котором есть только один параметр — приведенная сила γ ; а использование теории возмущений позволило описать динамику малых поправок.

ЛИТЕРАТУРА

1. О применении примеров решения задач небесной механики в преподавании физики / К. Л. Левин, Р. Г. Исмагилов, Д. В. Рябоконт, В. А. Жуков, Б. Д. Клименков, Е. Н. Боборыкина, В. Ю. Захаров // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 38. — М.: ИСПРО РАО, 2023. — С. 30–33.
2. Применение теории возмущений при расчете движения орбитального аппарата под действием радиальной силы / Р. Г. Исмагилов, К. Л. Левин, В. А. Жуков, Д. В. Рябоконт // Материалы VII Международной научной конференции, посвященной 85-летию Донецкого национального университета. Том 1. Механико-математические, компьютерные науки, управление, 27–28 октября 2022 года. — 2022. — С. 14–16.

ФГКВООУ ВО «Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации

Поступила в редакцию 21.12.23.

О. А. ЛЯЛИНА

ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ К ОБУЧЕНИЮ

Предлагается выступление с представлением результатов проектной деятельности по физике.

Ключевые слова: проектная деятельность, эксперимент, мотивация, федеральные образовательные программы.

Реализация проектной деятельности является одним из ключевых требований системно-деятельностного подхода, лежащего в основе Федеральных образовательных программ [1, 2].

В настоящее время мотивация к обучению снижается. Одна из причин снижения мотивации — это отсутствие интереса учащихся к изучаемому предмету, вследствие чего возникает ситуация неуспешности [3]. В качестве ресурса повышения интереса и мотивации к обучению может служить проектная деятельность.

Проектная деятельность дает возможность развития интереса к школьному предмету и к учению вообще, в процессе самостоятельной деятельности школьников, которая отличается продуктивностью и приводит к личному успеху. Проектная деятельность предусматривает совместную работу учащегося и педагога. Такая работа наиболее эффективна тогда, когда она носит практический учебно-исследовательский характер, и ее результатом является продукт, который может быть использован на уроках. Для организации такой деятельности учитель должен быть соответствующим образом подготовлен [4].

На начальном этапе учителю необходимо представить на первом уроке учебного года список тем проектов для выполнения. Также не нужно исключать возможность самостоятельного выбора темы не из предложенного списка. Учащиеся выполняют проект согласно плану учителя. План работы выдается при выборе темы. Учитель проводит контроль и оказывает консультационную помощь.

Рассмотрим пример организации выполнения проекта по физике — тема проекта «Изготовление пьезогенератора и определение знака заряда». Данный проект был выбран учащимися 7 класса. Поэтому начальным этапом выполнения проекта являлось изучение теоретических основ электричества и пьезоэффекта [5].

На следующем этапе формулируются цель и задачи проекта. Исходя из сформулированных цели и задач урока, учитель организует работу с научными статьями по данной тематике. В ходе работы с текстом учащийся должен продумать план изготовления прибора.

Данный этап работы позволяет сформировать исследовательские навыки при работе над физическими текстами. Здесь формируются умение работать с материалом (смысловое чтение).

Следующим этапом является подбор материалов и изготовление прибора. После этого проводится экспериментальная проверка прибора

на основании полученных теоретических знаний [6]. Для закрепления результата важным условием является представление работы классу, участие в конкурсах исследовательских работ, конференциях.

Таким образом, на примере проекта учебного предмета «Физика» показана методика работы по организации проектной деятельности. Повышение мотивации к обучению возможно только при заинтересованности учащегося. Именно интерес является движущей силой ученика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральная образовательная программа основного общего образования. — URL: https://static.edsoo.ru/projects/upload/FOP_OOO.pdf (дата обращения: 12.12.2023).
2. Федеральная образовательная программа среднего общего образования. — URL: https://static.edsoo.ru/projects/upload/FOP_SOO.pdf (дата обращения: 12.12.2023).
3. Вараксина Е. И., Майер В. В. Учебные проекты по школьному физическому эксперименту. 7 класс. Дидактические ресурсы проектной деятельности. — М.: ФЛИНТА: Наука, 2019. — 172 с.
4. Майер В. В., Вараксина Е. И. Образовательные ресурсы проектной деятельности школьников по физике: монография. — М.: ФЛИНТА: Наука, 2015. — 224 с.
5. Майер В. В. Пьезоэлектрический источник для опытов по электростатике // Физика в школе. — 1994. — № 6. — С. 43–44.
6. Майер В. В. Электризация давлением в школьном курсе физики // Учебная физика. — 2004. — № 1. — С. 12–21.

МБОУ «СОШ № 2», Глазов

Поступила в редакцию 01.01.24.

А. В. НЕКРАСОВА

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ «С ПРОДОЛЖЕНИЕМ»

Предлагается система дополнительных заданий к лабораторным работам по физике, которая устанавливает связь между всеми темами механики 9 класса.

Ключевые слова: лабораторная работа, механика 9 класс, организация работы деятельности учащихся.

Однажды придя из школы, моя дочь в сердцах заявила:
«Зачем мы это все учим! За уши все привязано!
Все по отдельности! С жизнью никак не связано!»
(Это относилось ко всем школьным предметам)

Высказывание заставило меня, как учителя, задуматься, а весь ли материал связан между собой на моих уроках, хотя бы в рамках одной темы. Положительного ответа найти не получилось. *Хотя решение проблемы я нашла — расширение использования данных, полученных в ходе выполнения лабораторных работ.*

Проанализировав опыт работы, пришла к выводу, что чаще лабораторную работу использую для формирования навыков работы с измерительными приборами, умений проводить эксперимент (выполнение лабораторной по инструкции), умений анализировать полученные результаты в ходе выполнения эксперимента (вывод к лабораторной работе). Редко лабораторную работу использую для изучения нового материала. Сейчас уверена, что возможности стандартной лабораторной работы намного шире.

Если следовать классификации М. И. Махмутова [1] по цели организации учебных занятий, урок «лабораторная работа» относится к типу — уроки совершенствования знаний, умений и навыков. Теоретически основным содержанием такого урока является применение знаний на практике, их расширение и углубление, формирование экспериментальных умений и навыков, проверка знаний и умений учащихся. Таким образом, выполненная учащимися лабораторная работа помимо всего перечисленного ранее может служить: 1) основой для проверки понимания учащимися текущего теоретического материала; 2) основой для проверки понимания учащимися теоретического материала, изучаемого в другой теме; 3) основой для решения расчетных, качественных задач, составленных на основе экспериментальных данных в текущей и новой теме; 4) основой для проведения новых уроков.

Естественно, работа учителя усложняется: для каждой лабораторной работы необходимо подобрать систему дополнительных заданий, которые связывают воедино изучаемый материал. Но это компенсируется тем, что у учителя появляется возможность показать взаимосвязь различных тем школьного курса физики ученикам, которые являются не пассивными наблюдателями, а активными участниками этого процесса.

При изучении законов Ньютона появляется материал, чтобы составить расчетные задачи, провести урок изучения нового материала, а самое главное, проанализировать результат любой лабораторной работы (у учителя появляется косвенная возможность оценить точность измерений, проводимых учениками); сравнить среднее значение ускорения, вычисленного с использованием кинематических формул, со средним значением ускорения, вычисленным с использованием формул динамики или законов сохранения. Теоретически ускорения должны совпадать, на практике это получается не всегда и дает новый повод для рассуждений.

Эти же лабораторные работы помогут изучать закон сохранения энергии: вычислять потенциальную энергию тела, кинетическую энергию тела, работу силы трения, сравнивать их значения.

Уточним какие учебные задачи можно составить, используя данные лабораторной работы «Исследование равноускоренного движения без начальной скорости».

1. Нарисовать рисунки: начертите векторы сил, действующих на брус в начальной точке, средней и конечной точке траектории движения; начертите вектор результирующей силы (другим цветом); начер-

тите вектор ускорения шарика, обоснуйте выбор цвета вектора с точки зрения физики (выбрали цвет векторов действующих сил или равнодействующей силы).

2. Составить и решить задачи, используя количественные значения: выпишите значения x_0 , v_{0x} , a_x ; напишите уравнения: движения (координаты), скорости, ускорения; постройте графики зависимости: координаты, скорости ускорения от времени движения, используя график зависимости скорости от времени, определите скорость шарика в конце (*указать момент времени*); используя график зависимости скорости от времени, вычислите перемещение шарика за (*указать промежуток времени*); вычислите величину равнодействующей силы, используя значение среднего ускорения и массы шарика; вычислите величину равнодействующей силы, используя значение угла наклона плоскости и массы шарика; вычислите значение ускорения шарика, используя значение массы и угла наклона; вычислите импульс; вычислите значения кинетической и потенциальной энергий шарика.

Заключение. Наши дети (или ученики) очень часто не осознанно дают нам взрослым подсказки. Зачастую это бывает в тот момент, когда их школьная жизнь становится «тяжелой», а высказывания детей резкими. Мы взрослые (особенно учителя) обижаемся (я не исключение) и возмущаемся, как они могут так говорить. А они могут, у них другой взгляд. Каждый день они учат и посещают шесть, семь уроков, а мы один, свой. Моя дочь помогла мне посмотреть на мою работу по-другому, дополнить ее. Надеюсь, эта статья тоже кому-то поможет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махмутов М. И. Избранные труды: В 7 т. Т. 4: Современный урок и педагогические технологии развития мышления. — Казань: Магариф-Вақыт, 2016. — 354 с.
Кировский экономико-правовой лицей Поступила в редакцию 27.12.23.

Т. В. НИКИТИНА

ИЗ ОПЫТА ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОГО ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Обсуждается опыт обучения студентов (будущих учителей физики) на дисциплинах, спецкурсах и практиках, связанных с учебной инженерно-технической деятельностью учащихся.

Ключевые слова: преемственность физического и инженерного эксперимента, подготовка учителя физики.

В настоящее время для обеспечения устойчивого развития российское образование нуждается в современных инновационных образовательных учреждениях, обобщающих и адаптирующих лучший отечественный и зарубежный опыт в подготовке инженерно-технических

кадров. Подготовка специалистов–учителей, педагогов дополнительного образования, методистов — задача педагогического вуза. Одна из ключевых проблем — формирование содержательной и процессуальной сторон обучения студентов по вопросам инженерно–технического образования школьников.

В Южно–Уральском государственном гуманитарно–педагогическом университете в образовательную программу подготовки будущего учителя физики [3] включены следующие учебные элементы, отвечающие описанной тенденции:

1) учебная практика по физике, включающая образовательную робототехнику, конструирование простых механических устройств (табл. 1);

2) спецкурс «Программирование микроконтроллеров», на котором студенты конструируют и программируют простейшие устройства на микроконтроллере *Arduino*, изучают основы схемотехники [2];

3) прикладные вопросы, связанные с основами производства, технологическими процессами включены в базовый курс теории и методики обучения физике [1];

4) учебная дисциплина «Основы электротехники и электроники» дает представление о применяемых в настоящее время электронных устройствах, электрических системах [3].

Таблица 1. Рабочая программа учебной практики по физике без учета самостоятельной внеаудиторной работы (44 ауд.ч.) ООП ЮУрГГПУ [3]

№	Наименование раздела практики (темы занятия)	Трудоемкость (в часах)	
		ПЗ	ЛЗ
Раздел 1 «Прикладная механика»			
1	Установочная конференция	2	–
2	Простые механизмы (рычаг, блок, наклонная плоскость, клин, винт)	4	4
3	Основные узлы механических устройств (зубчатая передача, кулачок, храповой механизм с собачкой)	8	4
Раздел 2 «Робототехника»			
4	Задача движения робота (двухмоторной тележки, шагающего робота)	4	6
5	Управление поведением робота с помощью датчиков касания, расстояния	2	2
6	Управление движением робота с помощью датчика цвета	2	2
7	Отчетная конференция по практике	4	–

Обобщая полученные нами результаты, мы пришли к выводу, что для качественной подготовки педагогов в области дополнительного инженерного образования школьников студентам необходимы знания и

умения в области инженерного эксперимента. В результате проведения в течение трех лет учебных занятий в соответствии с названными учебными дисциплинами, спецкурсами, практиками нами сформулированы следующие положения:

1. С образцами инженерной деятельности педагог знакомит учеников на отдельных учебных занятиях по физике либо в условиях дополнительного образования по освоению учебных проектов технического и технологического содержания по образовательной робототехнике, схемотехнике, программированию микроконтроллеров и др. [1, 2].

2. В инженерно-технической деятельности и деятельности по изучению физических явлений и закономерностей существует преемственность, обусловленная общими действиями, которые выполняет ученик в соответствии с обобщенным планом экспериментальной деятельности. Отличие заключается в том, что в ходе естественнонаучного исследования изучаются физические явления и закономерности в их проявлениях в природе. В ходе инженерно-технической деятельности ставится задача в первую очередь по определению материальных условий и искусственных средств, влияющих на природу в нужном для человека направлении.

3. Инженерный эксперимент необходим на всех этапах конструирования технического объекта, в особенности для учеников с высоким уровнем познавательной мотивации.

4. Объектами экспериментальных инженерных исследований служат приборы, устройства, технические системы, исследуются их характеристики: физико-технические (выходное напряжение, КПД, коэффициент усиления и др.); технико-экономические (эффективная мощность, экономичность, надежность и др.); экологические; принцип и режимы работы и др.

5. Инженерный эксперимент является многофакторным, поскольку объекты инженерных исследований становятся все более сложными, увеличивается количество входных и выходных параметров [2].

6. В условиях, предусмотренных в ООП ЮУрГГПУ будущий педагог сталкивается с различными видами учебного инженерного эксперимента: 1) качественный (наблюдение) и количественный (измерение и расчет); 2) активный (исследование проводится на специальной экспериментальной установке) и пассивный (результаты измерений получают на рабочих объектах, не устанавливая дополнительных измерительных приборов и специальных режимов работы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина Т. В., Даммер М. Д., Елагина В. С. Методические инструменты реализации практико-ориентированного подхода в обучении физике // Современные наукоемкие технологии. — 2023. — № 7. — С. 181–188.
2. Никитина Т. В. Реализация STEM-образования во внеурочной деятельности учащихся: учебное пособие. — М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 123 с.
3. Основная образовательная профессиональная программа. Направление подготовки 44.03.05. Педагогическое образование (с двумя профилями

подготовки). Профиль: Физика. Математика. Уровень высшего образования — бакалавриат. Форма обучения очная. [Электронный ресурс] 2021. — URL: https://www.cspu.ru/sveden/files/OOP_44.03.05_PO_F.M_31.08.2021.pdf (дата обращения: 30.11.2023).

Южно-Уральский
государственный университет

Поступила в редакцию 21.12.23.

О. А. РОГОЖНИКОВА, А. В. ДЕТКОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕКТОРНОЙ АЛГЕБРЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Приведен пример исследовательской работы по физике, целью которой было провести сравнительный анализ понятия вектора в физике и математике. Данная работа помогает сформировать в сознании обучающихся когнитивную связь между математическим аппаратом и его применением к решению задач различных разделов физики.

Ключевые слова: векторная алгебра, геометрический метод, задачи по физике, исследовательская деятельность.

Векторная алгебра является мощным математическим инструментом, который находит широкое применение в физике. Геометрический подход к решению физических задач наследуется еще от древних греков. Векторный анализ является пограничной чертой между математикой и физикой. На языке векторов формируется понимание основных законов механики и электродинамики, описываются и анализируются физические явления.

Векторы широко применяются в механике для описания положения тела, скорости и ускорения тел. Векторы также применяются для описания электромагнитных полей и сил [1].

В качестве исследовательской работы обучающимся была поставлена задача провести сравнительный анализ понятия вектора в физике и математике. В табл. 1 представлен результат данной работы.

В физике существует множество задач, при решении которых используется векторная алгебра. Приведем задачу, которая в качестве эксперимента решается геометрическим методом с использованием векторной алгебры.

Таблица 1
Сравнительный анализ понятия вектора в физике и математике

В математике	В физике
Векторы ($\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$)	Векторные величины ($\vec{F}, \vec{v}, \vec{s}$)
Вектор откладывают от любой точки плоскости	Вектор имеет точку приложения
Правила сложения векторов	
Правило треугольника и правило параллелограмма	Наиболее часто применимо правило параллелограмма
Длина вектора — модуль	Длина вектора — и есть длина
Координатная прямая. Координатная плоскость. Координаты точки	Понятие системы отсчета. Координаты положения тела на прямой, на плоскости, в пространстве
Вектор — направленный отрезок	Вектор — графическое представление перемещения тела (рис. 1.1). При прямолинейном движении в одном направлении путь и перемещение совпадают: s — путь; \vec{s} — перемещение.
Точка — это вектор нулевой длины (нулевой вектор)	На замкнутой траектории вектор перемещения равен нулю. При этом путь может иметь значение отличное от нуля. Например, когда тело движется по окружности (рис. 1.2): $s = 2\pi r$; $\vec{s} = 0$.
Нахождение координат вектора: $x = x_2 - x_1, y = y_2 - y_1$	Связь проекции вектора перемещения и координат тела: $s_x = x - x_0, s_y = y - y_0$ (рис. 1.3).

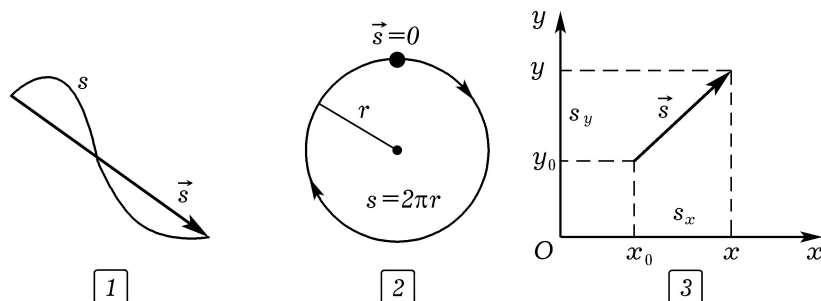


Рис. 1

Задача. Груз массой m подвесили на двух веревках, которые образуют с вертикалью углы α (рис. 2). Чему равна сила натяжения веревок?

Такую задачу целесообразно решать с использованием эксперимента. Подвешиваем груз известной массы на двух нитях. Измеряем угол между нитями. Далее решаем задачу с использованием правила сложения векторов. В рассматриваемом случае силы натяжения нитей будут одинаковыми. Их равнодействующая равна векторной сумме двух этих сил и скомпенсирована силой тяжести.

Вместо нитей можно использовать динамометры, которые сразу будут показывать силу упругости пружины. Задание можно усложнить, изменив угол между вертикалью и одним из динамометров. В данном случае меняется и показание динамометра.

Векторная алгебра значительно облегчает описание и решение физических задач, позволяя компактно представлять величины и связи между ними. Изучая, разрабатывая и используя новый математический аппарат, физики иногда незаслуженно забывают о ранее найденных и веками эффективно служивших делу физической науки математических способах и приемах. Математика является языком физики, и свободное владение математическим аппаратом облегчает понимание физической сущности явлений и процессов.

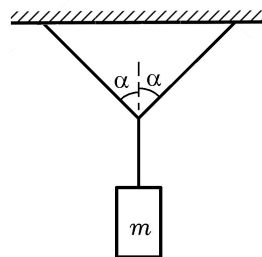


Рис. 2

ЛИТЕРАТУРА

1. Сырман А. В., Ревегук Ю. А. Законы векторной алгебры и их применение в механике // Международный студенческий научный вестник. — 2017. — № 4–4. — С. 566–568. — URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=17438>.

Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко, Молдова

Поступила в редакцию 31.12.23.

Т. О. САНЧАА

ЦИФРОВИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Предлагается серия цифровых устройств для измерения основных физических величин, используемых при обучении цифровой электронике в рамках учебной физики среднего общего образования, описание условий подготовки учителей к введению этого новшества.

Ключевые слова: конструирование цифровых устройств, Цифровая электроника.

В рамках Национального проекта «Образование» школы страны оснащены новым оборудованием, и не только построенные новые, но и большая часть существующих. Немалая часть этого оборудования

используется во внеурочное время и на занятиях в организациях дополнительного образования. Проблема в том, что во ФГОС нового поколения [1–2] современная «цифровая электроника» не присутствует, а она лежит в основе современной техники. Поэтому необходимость внедрения в основной учебный процесс физических основ цифровой техники налицо. Тогда освоение цифровой физики будет не формальным, появится возможность воспитания качеств инженера–технолога. Опросы учителей, наблюдения за работой школьных кружков, анализ рабочих программ по физике специализированных школ и классов в общеобразовательных организациях, инженерных классов определили актуальность разработки нового содержания раздела физики «Электродинамика» с учетом технической революции, наблюдающейся в современном мире. Целью представленной работы было решение указанной проблемы отсутствия в содержании учебного предмета «Физика» основ цифровой электроники.

Предложения автора по решению этой проблемы следующие: 1) в проектировании и внедрении комплексной учебной программы изучения физики, математики, информатики, технологии; 2) во введении в программу обучения дополнительных элементов содержания учебного предмета «Физика», раздела «Электродинамика»; 3) в применении авторской образовательной технологии, основанной на применении дедуктивного подхода; 4) введение программы воспитания исследователя и лидера; 5) создание условий обучения в виде цифровой образовательной среды; 6) создание «Школьного конструкторского бюро»; 7) подготовка учителей к работе по предлагаемой образовательной технологии в рамках курсов повышения квалификации и магистерской программы, открытых в НГПУ.

Автором по каждому пункту предложений разработано и внедрено описание действий, содержание учебных и методических пособий.

Таблица 1

Список исследовательских работ учащихся Государственного лицея Республики Тыва (ГЛРТ)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Авиагоризонт на Arduino. 2. Прибор визуализации ускоренно движущегося тела. 3. Устройство визуализации линий магнитного поля. 4. Цифро–аналоговый термометр. 5. Массив в C# и управление подачи звонков на урок. 6. Устройство визуализации направления и величины тока в катушке индуктивности при вводе и выводе в нее полосового магнита. 7. Цифровая шкала для генератора АНР–1002. 8. Устройство–тренажер шестнадцатеричной системы счисления.

В качестве примера приведена научно–исследовательская работа «Авиагоризонт на основе *Arduino*», разработанная учащейся ГАНО–ОРТ ГЛРТ 9 класса Кунгаа Оргадай под руководством научного руководителя — учителя физики высшей категории ГЛРТ Санчаа Михаила Григорьевича, в рамках учебного курса «Техническая физика». Вместе

с учащимися ГЛРТ он разработал множество цифровых устройств [3], которые его ученики представили на Всероссийских научных конференциях, и все получили награды разного уровня. Список работ учащихся ГЛРТ за последние годы представлен в табл. 1. В табл. 2 приведен паспорт разработанного учащейся ГЛРТ устройства.

Таблица 2

ПАСПОРТ «Авиагоризонт» Автор: Кунгаа Оргадай, учащаяся 9 класса ГЛРТ Научный руководитель: Санчаа Михаил Григорьевич, учитель физики ГЛРТ	
<i>Назначение:</i> Индикация продольного угла наклона летательного аппарата (кре-на), то есть угла ориентации относительно истинной горизонтали.	Дисплей и модуль акселерометра прибора «Авиагоризонт» показаны на рис. 1.
<i>Оборудование:</i> Плата управления Seeduino, дисплей Nokia 5110, модуль акселерометра GY-521, гальванический элемент Фаза, стеклотекстолитовая пластина.	Прибор «Авиагоризонт» в сборе (вид спереди и сзади) показан на рис. 2.
<i>Программное обеспечение:</i>	Arduino IDE.
<i>Принцип действия:</i>	При включении прибора начинает работать программа, записанная в память платы Seeduino. Она постоянно считывает угол наклона акселерометра относительно земной вертикали с тем, чтобы отобразить на дисплее линию горизонта относительно неподвижного дисплея изображения самолетика.
<i>Характеристики:</i>	Угол наклона $-90 \dots 0 \dots +90$, напряжение питания прибора $+9$ В, вес 150 г.
<i>Правила пользования:</i>	Включить прибор. Прибор держать вертикально. Линия зрения перпендикулярно дисплею. Вращая прибор в ту и другую сторону относительно линии зрения, наблюдать за наклоном самолетика относительно горизонта. По окончании работы прибор выключить.



Рис. 1

Методические разработки включены в изданные «Кейсы учителя» учебных предметов. Все новшества для среднего общего образования

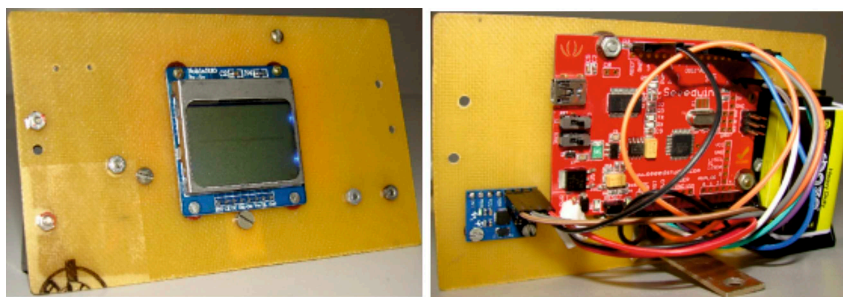


Рис. 2

разработаны и апробированы автором в условиях обучения учащихся в «Государственном лицее Республики Тыва» (ГЛРТ), созданном по модели автора — «Специализированном учебно-научном центре субъекта Российской Федерации» на протяжении 25 лет, обеспечили высокое качество образования. А также с помощью внедрения в общеобразовательные организации Республики Тыва «Кейсов учителя» на протяжении 5 лет был обеспечен прорыв в повышении качества образования.

Дальнейшее развитие этого направления исследовательской работы автора совместно с Михаилом Григорьевичем Санчаа, который имеет большой опыт конструкторской работы с учащимися ГЛРТ, заключается в создании работ практикума в цифровой лаборатории педагогического университета для освоения новых магистерских дисциплин «Современная цифровая образовательная среда для обучения физике» и «Конструирование физических устройств в цифровой образовательной среде» профиля магистратуры «Обучение физике в цифровой образовательной среде» открытой в 2023 году в НГПУ.

Список конструкторских работ по созданию цифровых устройств студентами НГПУ в рамках курсовых работ под руководством автора приведен в табл. 3.

Таблица 3

Список исследовательских работ студентов НГПУ
1. Миллисекундомер на основе микроконтроллера.
2. Цифровое устройство для определения характеристики музыкальных звуков.
3. Цифровой генератор гармонических колебаний.
4. Частотомер на основе платформы Arduino.
5. Устройство определения емкости на основе ArduinoUNOR3.
6. Термометр на основе платформы Arduino.
7. Устройство на основе Arduino определения вольт-амперной характеристики транзистора.
8. Щуп-вольтметр для цифровых устройств.
9. Цифровой гальванометр.
10. Цифровой осциллограф.

В заключение отметим, что работа в направлении введения основ цифровой электроники в общеобразовательных организациях востребо-

вана учителями, поэтому введение профиля «Обучение физике в цифровой образовательной среде» магистратуры в педагогическом в вузе обосновано.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования.
2. Примерная рабочая программа среднего общего образования. Физика углубленный уровень.
3. Деменский Ф. Ф., Санчаа М. Г., Санчаа Т. О. Формирование основных понятий, описывающих вращательное движение // В сборнике: X Всероссийской научно-практической конференции. ЧПУ. 19–20 мая, 2003.

Новосибирский государственный педагогический университет

Поступила в редакцию 22.12.23.

М. П. УВАРОВА

О ЗНАЧЕНИИ ГРАФИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Обсуждаются вопросы организации деятельности учащихся при работе с графиками зависимостей физических величин.

Ключевые слова: график функции, межпредметные связи, норма деятельности.

Научно-методическая проблема. Графики являются одним из самых наглядных способов представления функциональной зависимости между физическими величинами. Построение и анализ графиков в обучении физике имеет огромное значение для осознанного освоения предметного содержания, для интеллектуального развития учащихся, для развития их мировоззрения, в том числе для установления прочных межпредметных связей физики и математики. Однако на практике решению графических задач в 7–8-х классах, а, тем более, обработке результатов экспериментов и представлению их в графическом виде, уделяется минимальное время. Фактически, полноценно работают с графиками зависимостей величин только учащиеся, посещающие кружки или готовящиеся к выступлению на региональном этапе ВсОШ по физике, то есть данная деятельность охватывает лишь малое количество обучающихся.

Направления методических поисков. Требуется целенаправленная работа методистов и учителей по разработке и массовому распространению лучших методических решений в следующих направлениях: система вопросов и заданий по повторению необходимого материала курса алгебры и установлению связей с физикой; система заданий для

формирования умений анализировать графики функций, искать необходимые значения величин по графику; система экспериментальных работ, результаты которых наглядно и удобно обрабатывать графически, чтобы учащиеся еще раз обратили внимание на ценность данной деятельности.

В настоящее время в методических книгах существуют единицы разработок уроков, на которых целенаправленно формируются умения строить и анализировать графики зависимостей физических величин, например, [1]. Помимо отдельных уроков, которые иногда трудно проводить из-за ограниченного количества учебных часов, необходимо разрабатывать и отдельные задания, решение которых организовать несколько проще. Представим пример.

Задача. Был проведен эксперимент по определению массы m некоторого количества N горошин: в пластиковом контейнере взвешивались порции горошин по 30, 50, 70, 95, 115, 140 и 160 штук. Результаты эксперимента представлены в таблице.

N , шт	30	50	70	95	115	140	160
m , г	10	14	18	24	29	34	38

Однако чувствительности весов было недостаточно для того, чтобы определить массу 1 горошины, массу самого контейнера. Оцените: а) чему равна масса одной горошины; б) чему равна масса пластикового контейнера; в) чему равна масса 180 горошин?

Идеи решения. В условии задачи результаты измерений представлены в табличном виде, однако для обработки этих результатов можно использовать графический вид — он позволяет наиболее наглядно представить данные, понять, как одна физическая величина зависит от другой. Также дополнительная обработка графика позволит найти величины, которые невозможно измерить непосредственно.

Организация деятельности учащихся по решению данной задачи может варьироваться в зависимости от дидактических целей. Например, подробное описание решения может использоваться в условиях дополнительного дистанционного обучения как способ задания норм деятельности. Но вне зависимости от способа применения таких задач важно: а) донести до учащихся, что физическая формула и график — это способы представления одной и той же функциональной зависимости величин; б) показать, что с помощью графика можно предсказать, как ведут себя величины между или за пределами экспериментально измеренных значений величин; в) показать, что дополнительная обработка графика позволяет найти физические величины, которые невозможно измерить непосредственно или получить при анализе таблицы с измеренными значениями.

Заключение. Идея представленной задачи не является новой, однако системы заданий по разным темам для основной школы до сих пор нет. Поэтому важно продолжать работу по составлению и внедрению в практику школьного образования заданий, включающих графическую

обработку экспериментальных данных, с целью эффективного освоения норм деятельности экспериментирования и всестороннего развития учащихся.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грук В. Ю. Работа с графиками как средство развития мышления и получения новых знаний // Преподавание физики, развивающее ученика. Кн. 3 / Сост. и под ред. Э. М. Браверман. — М.: Ассоциация учителей физики, 2005. — С. 70–80.

Вятский государственный
университет

Поступила в редакцию 29.12.23.

Е. В. ХАНЖИНА

**МОДЕЛЬ ПОДГОТОВКИ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ В РАМКАХ
ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
К ПРЕПОДАВАНИЮ ПРОПЕДЕВТИЧЕСКОГО КУРСА
«ФИЗИКА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ И ЗАДАЧАХ»**

Рассматриваются модель и особенности подготовки учителей физики в рамках программы повышения квалификации в условиях системы непрерывного образования к преподаванию пропедевтического курса «Физика в экспериментах и задачах» для учащихся 5–6 классов.

Ключевые слова: пропедевтический курс «Физика в экспериментах и задачах», модель подготовки учителей физики, программа повышения квалификации, непрерывное образование.

Возрастающие требования общества к системе образования, способной ответить на глобальные вызовы современности, говорят о необходимости обновления содержания образования, профессиональных знаний, развития и совершенствования компетенций педагога. В качестве инструмента для решения проблемы выступает идея повышения квалификации учителя физики в условиях системы непрерывного образования [1–3].

В ходе исследования разработана и апробирована модель подготовки слушателей программы повышения квалификации «Педагогическая деятельность учителя в рамках реализации дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы пропедевтического курса «Физика в экспериментах и задачах» для учащихся 5–6 классов». Целевой компонент модели обусловлен необходимостью и возможностью подготовки учителя физики в рамках программы повышения

квалификации, обеспечивающей повышение уровня профессионально-методической компетентности слушателя.

Методологический компонент включает в себя подходы (компетентностный, аксиологический, системно-деятельностный) и принципы (практической направленности, индивидуализации обучения, контекстности, опоры на жизненный и профессиональный опыт слушателя, самостоятельности и др.).

Содержательный компонент модели представлен построенной по модульному принципу программой, первый модуль которой посвящен вопросам обновления содержания и приоритетных направлений развития системы научно-методического сопровождения учителей физики в условиях непрерывного образования. Во втором модуле раскрываются особенности и специфика содержательно-методической деятельности учителя в современном дополнительном образовании по физике на пропедевтическом этапе. Модули взаимосвязаны и взаимообусловлены, имеют единые ценностно-целевые ориентиры и общие концептуальные основы, соответствующие основным целям и задачам программы.

Развитие профессионально-методических компетенций слушателей программы происходит в процессе раскрытия возможностей и особенностей реализации экспериментального метода обучения детей на основе системы заданий по физике с использованием:

- традиционного оборудования (например, измерение силы динамометром, наблюдение магнитного действия тока и др.);
- самодельного оборудования или подручных средств (например, картезианский водолаз, водяная карусель, бездонный стакан и др.);
- современного, в том числе цифрового (ЦЛ *Einstein*, ЦЛ L-микро и др.) оборудования (например, с помощью учебного класс-комплекта по физике выполнение серии лабораторных работ по определению плотности жидкости, плотности алюминия и др.), по всем темам программы курса «Физика в экспериментах и задачах».

Перечислим темы разработанного пропедевтического курса физики: Человек и окружающий мир. Явления, процессы, объекты. Звуковые явления. Физические величины и их измерение. Тела и вещества. Строение вещества. Механическое движение и взаимодействие тел. Условия равновесия тел. Давление твердых тел. Давление жидкостей и газов. Механическая работа и энергия. Тепловые явления. Электромагнитные явления. Световые явления.

Установлено, что системообразующим элементом подготовки учителя физики в рамках программы повышения квалификации является индивидуальная образовательная траектория, проектирование которой осуществляется с учетом потребностей, запросов и возможностей слушателя. Эта идея положена в основу системно-деятельностного компонента разработанной модели. Процесс обучения, реализуемый в смешанном (очно-дистанционном) формате, представлен системой лекционных, практических занятий и самостоятельной работы слушателей программы. Опираясь на идеи построения андрагогической модели обучения (И. Д. Агафонова, С. Г. Вершловский, П. Джарвис, С. И. Змеев,

Ю. Н. Кулюткин, М. Ш. Ноулз и др.), выделены требования и условия к системе подготовки учителя физики в рамках дополнительной профессиональной программы.

Результативно–диагностический компонент модели направлен на повышение уровня профессионально–методической компетентности учителя физики. Итоговая аттестация предполагает защиту проектных работ, выполняемых слушателями в процессе освоения содержания программы.

В мае 2023 года группа из 22 учителей физики школ г. Нижнего Новгорода прошли обучение на базе технопарка универсальных педагогических компетенций и педагогического кванториума НГПУ им. К. Минина. Практические занятия проходили в лабораториях, оснащенных современным оборудованием. В текущем учебном году педагоги, прошедшие обучение по программе повышения квалификации, ведут занятия с учащимися 5–6 классов в рамках реализации программы курса «Физика в экспериментах и задачах» как в инженерных классах, так и в общеобразовательных классах ряда школ г. Нижнего Новгорода.

В настоящее время разрабатываются диагностические материалы для определения степени удовлетворенности качеством обучения детей и подготовки педагогов в рамках системы непрерывного образования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства Просвещения Российской Федерации в рамках реализации государственного задания на проведение научных исследований № 073–03–2023–029 от 27.01.2023 г. (с изменениями от 03.11.2023 г.) по теме «Методология проектирования единой системы научно–методического сопровождения учителей технологического профиля (физика, информатика, технология) в условиях непрерывного образования».

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьякова Е. А. Новые подходы к методической подготовке учителя физики (непрерывное образование в цифровой среде) // Школа будущего. — 2020. — № 6. — С. 86–91.
2. Формирование компетенций учителей физики в многомерной системе непрерывного образования / В. А. Степанов, Н. С. Пурышева, Н. Б. Федорова и др. // Российский научный журнал. — 2013. — № 2(33). — С. 89–103.
3. Разработка модели современного педагогического образования: создание комплекса непрерывного физико–математического образования на базе педагогического университета / М. А. Червонный, А. А. Власова, Т. В. Швалева и др. // Вестник Томского государственного педагогического университета. — 2013. — № 4(132). — С. 14–17.

Нижегородский государственный
педагогический университет
им. Козьмы Минина

Поступила в редакцию 31.12.23.

С. Д. ХАНИН

ВОПРОСЫ МЕТАЛЛОКСИДНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ КАК ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ

Представляется разработанный практикум по физике металлооксидных материалов электронной инженерии как объекта целостного, ресурснообеспеченного учебного исследования.

Ключевые слова: эффективность физического практикума, металлооксидные диэлектрики емкостных элементов, токовые характеристики, фотоэлектрические явления.

Эффективность физического практикума существенным образом зависит от того, насколько интересным для обучающихся является его содержание и насколько полны и представительны приобретаемые знания о предмете изучения.

Указанным необходимым требованиям к содержанию практикума в значительной степени отвечает проблематика металлооксидной электроники в части физических основ и методов анализа, формирования и диагностики используемых в ней материалов и структур. Достаточно сказать, что применение металлооксидных диэлектрических материалов в тонких некристаллических слоях в настоящее время охватывает конденсаторостроение, интегральную электронику, фотонику, биомедицинскую технику, а физика этих материалов представляет интерес в плане развития модельных представлений об электронных и ионных процессах в неупорядоченных системах и физики нелинейных явлений [1, 2].

Имеются и следующие, значимые в методическом плане аргументы. Во-первых, возможность реализации в условиях вузовской лаборатории всего цикла исследований — от формирования оксидного слоя на поверхности металла до экспериментальной проверки формулируемых на основе полученных в учебном эксперименте результатов практических рекомендаций. Во-вторых, возможность изучения протекающих в конденсаторных структурах физических явлений в различных и широко изменяющихся условиях и интерпретации получаемых результатов с единых теоретических позиций. В-третьих, наличие доступной для обучающихся и качественно обогащающей их физические знания информационная база.

Приведенные соображения стимулировали разработку представляемого в настоящем докладе практикума. Он включает в себя выполнение учебно-исследовательских заданий по экспериментальному изучению закономерностей: 1) кинетики формирования оксидов методом электрохимического оксидирования металлов; 2) нелинейных электрических явлений в анодных металлооксидах в сильных электрических полях; 3) электронной проводимости анодных металлооксидов на переменном токе в широком диапазоне частот; 4) инжекционно-стимулированных

электронных и ионных явлений в металлооксидных конденсаторных структурах; 5) фотоэлектрических явлений в металлооксидных структурах.

В качестве объекта изучения в практикуме выступают анодные оксиды тантала и ниобия и модельные структуры емкостных элементов на их основе.

Устанавливаемые при выполнении указанных заданий результаты допускают и получают интерпретацию в рамках единых модельных представлений о прыжковом транспорте носителей заряда в неупорядоченных системах с сильной их локализацией [3–5].

Во всех выполняемых заданиях предусматривается варьирование условий формирования оксида, направленное на изменение сопряженной с неупорядоченностью неоднородности структуры и степени отклонения состава вещества от стехиометрического, что позволяет выявить структурную чувствительность изучаемых свойств и сформулировать технологические рекомендации по улучшению токовых характеристик емкостных элементов с оксидным диэлектриком и прогнозированию динамики их старения [1, 6].

Еще одно направление практических приложений результатов представляемого учебно-исследовательского практикума — создание элементов оптической памяти в ультрафиолетовой области спектра [7].

Проведенный педагогический эксперимент по интеграции предлагаемого практикума в практику обучения показал, что его выполнение целесообразно в плане формирования у обучающихся способностей к самостоятельной поисково-познавательной деятельности, умений и опыта специализации в пространстве проблем электронной инженерии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физика неупорядоченных и наноструктурированных оксидов и халькогенидов металлов: Монография / Под ред. Г. А. Бордовского. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. — 382 с.
2. Физика и технология наноструктурированных функциональных материалов: Монография / Под ред. С. Д. Ханина и Ю. А. Кумзерова. — СПб.: Издательство Военной академии связи, 2023. — 396 с.
3. Böttger H., Bryksin V. V. Hopping Conduction in Solids. — VCH, 1985. — 398 p.
4. Khanin S. D. Hopping Electronic Conduction in Metal Oxide Films and their Insulating Properties // Proc. 4-th International Conference on Conduction and Breakdown in Solid Dielectrics, 1992. — P. 57–62.
5. Khanin S. D. Kinetic electron phenomena in metal oxide dielectric films // Materials Science Forum, 1995. — V. 185–188. — P. 563–572.
6. Khanin S. D. Structure in homogeneities of the oxide and properties of tantalum capacitor // Materials Science Forum, 1995. — V. 185–188. — P. 573–580.
7. Bryksin V. V., Goltsev A. V., Khanin S. D. Relation between the tangent of the angle of dielectric losses and low mobility in dielectric // Phil. Mag. (b). — V. 64. — № 1. — P. 91–100.

ФГКВОО ВО «Военная орденов Жукова
и Ленина Краснознаменная академия
связи имени Маршала Советского
Союза С. М. Буденного» Министерства
обороны Российской Федерации

Поступила в редакцию 25.12.23.

НОВЫЕ УЧЕБНЫЕ ОПЫТЫ ПО ФИЗИКЕ

Н. А. АВДЕЕВ, О. Н. АРТАМОНОВ, Д. А. МАРКИТАНТОВ

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ВХОДНОЙ ЩЕЛИ МОНОХРОМАТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕКТРА

Предлагается лабораторный эксперимент для изучения особенностей изменения спектра в зависимости от размера входной щели.

Ключевые слова: сплошной спектр, ширина щели, монохроматор.

Целью лабораторной работы является изучение влияния ширины входной щели на характеристики спектра. Измерения проводятся в автоматическом режиме, результаты отображаются на экране компьютера.

Сплошной спектр состоит из множества смещенных по спектру монохроматических компонент, каждая из которых на фокальной плоскости дает освещенный прямоугольник. С ростом ширины щели эти прямоугольники расширяются, наложение их увеличивается, освещенность в спектре растет пропорционально ширине щели.

В данной лабораторной работе проведены измерения спектра ксеноновой лампы высокого давления, обладающей сплошным спектром излучения, при различной ширине входной щели монохроматора (рис. 1).

Равномерное освещение входной щели осуществлялось с помощью коллиматора. На сплошном спектре присутствует интенсивный пик излучения на длине волны 470 нм. Ширина пика перестает изменяться при ширине щели менее 2 мм, что и соответствует нормальной ширине щели. Наблюдается линейная зависимость интенсивности излучения на выходе монохроматора от ширины входной щели (рис. 2).

В табл. 1 приведены данные изменения светового потока и ширины спектральной линии в зависимости от ширины щели.

Номер спектра на рис. 1 соответствует измерениям, проведенным при заданной ширине щели (табл. 1).

Таблица 1
Зависимость интенсивности пика и его ширины от размера входной щели

$d_{\text{вых}}, \text{ мм}$	3	2	1	0,5	0,25	0,125
№ спектра	1	2	3	4	5	6
$U_{\text{ф}}, \text{ мВ}$	3662	2617	1477	783	405	198
$\Delta\lambda, \text{ нм}$	12	7	7	7	7	7

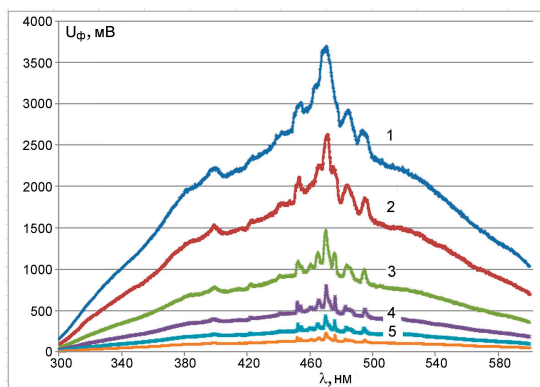


Рис. 1. Спектр ксеноновой лампы высокого давления при различной ширине входной щели

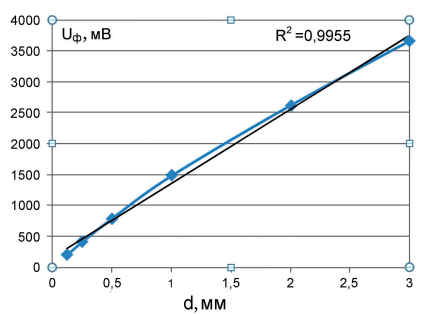


Рис. 2. Зависимость напряжения на фотоэлементе (интенсивности светового потока) от ширины щели

Согласно экспериментальным данным, приведенным в табл. 1, наблюдается линейное изменение интенсивности светового потока, при

этом ширина спектральной линии при входной щели размером менее 2 мм остается неизменной. Показано, что в таком режиме можно проводить корректные измерения спектральной зависимости фотопроводимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедева В. В. Экспериментальная оптика. — М.: МГУ, 2006.

Петрозаводский государственный университет

Поступила в редакцию 03.01.24.

И. Д. БОРОДИН, Л. А. ЛЕОНТЬЕВ, Ф. А. СИДОРЕНКО

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА ШАРИКА ПО ЕГО ОТКЛОНЕНИЮ В ПОЛЕ ПЛОСКИХ ПЛАСТИН

В рамках задач турнира ТЮФ–2024 осуществлено измерение заряда шарика, подвешенного на легкой нити, по его отклонению в поле пластин плоского конденсатора.

Ключевые слова: электрический заряд, электрическое поле, однородное поле.

Задание №4 Турнира Юных Физиков (ТЮФ–2024 [1]) сформулировано так: «Измеритель заряда. Легкий шарик подвешен на нити между двумя заряженными пластинами. Если шарик тоже заряжен, он отклонится к одной из пластин под определенным углом. С какой точностью таким устройством можно измерить заряд шарика? Оптимизируйте ваш прибор, чтобы он измерял как можно меньший заряд шарика.»

Это задание, как и все другие, предусматривает проработку учащимся стандартного учебного материала, соответствующей методической литературы, проектирование и создание экспериментальной установки, проведение измерений, обработку и обсуждение их результатов, формулировку выводов и подготовку презентации для последующих докладов.

Экспериментальная установка была собрана в физическом кабинете Лицея. Она включала в себя две дюралевые пластины (29×15 см), расположенные параллельно друг другу на расстоянии 10 см, пластиковый шарик, обернутый проводящей фольгой и подвешенный между пластинами вблизи их центра, миллиметровую линейку. Длина подвеса составляла 1,2 м. Использован школьный генератор постоянного напряжения.

При подаче напряжения на пластины (до 28 кВ) не заряженный шарик оставался в покое, а несущий электрический заряд испытывал небольшое отклонение пропорциональное приложенному напряжению.

Величина заряда в экспериментах составляла $2 \div 3$ нКл при погрешности порядка 20%.

Для повышения точности предлагается проводить измерения отклонения нити с использованием закрепленного на ней зеркала и оптического «рычага».

ЛИТЕРАТУРА

1. Турнир Юных Физиков. — URL: <https://iypt.ru/category> (дата обращения: 24.12.2023).

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

Поступила в редакцию 26.12.23.

Н. Б. БУТКО, С. П. СТЕПИНА

ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ В ВЯЗКОЙ СРЕДЕ ПРИ МАЛЫХ СКОРОСТЯХ

Представлена лабораторная работа, целью которой является изучение движения тел в вязкой среде при малых скоростях и измерение вязкости жидкости. Исследуется время установления предельной скорости тела. Полученные результаты хорошо согласуются с теорией.

Ключевые слова: физический практикум, вязкость, метод Стокса, предельная скорость.

В физическом практикуме существует работа по определению коэффициента внутреннего трения жидкостей по методу Стокса [1]. При падении шарика в жидкости его скорость изменяется согласно уравнению:

$$m \frac{dv}{dt} = mg - F_A - F_C, \quad (1)$$

где m — масса шарика, F_A — выталкивающая сила, F_C — 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 установившемся движении шарик будет падать с практически постоянной скоростью, и уравнение (1) перепишем в виде:

$$\frac{4}{3}\pi r^3(\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{ж}}) - 6\pi r\eta v = 0, \quad (2)$$

где $\rho_{\text{ш}}$ и $\rho_{\text{ж}}$ — плотности шарика и жидкости, соответственно. В эксперименте измеряют скорость падающего вдоль оси цилиндрического сосуда шарика и определяют вязкость жидкости по формуле

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot \frac{\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{ж}}}{\nu} g r^2. \quad (3)$$

Для учета влияния стенок сосуда в формулу (3) вносятся поправки на радиус сосуда R [1]. В нашем случае отношение $r/R \sim 0,04 \ll 1$, поэтому для расчета вязкости пользовались формулой (3).

Целью данной работы было исследование изменения скорости шарика и нахождение характерного времени достижения шариком предельной скорости. Решая (1) относительно v и учитывая то, что скорость не может быть больше предельного значения $v_{\text{пред}} = (mg - F_A)/\beta$ [2], получим выражение:

$$v = v_{\text{пред}} \left[1 - \left(1 - \frac{v_0}{v_{\text{пред}}} \right) e^{-(\beta/m)t} \right], \quad (4)$$

где $\beta = 6\pi r \eta$ — коэффициент сопротивления среды, $v_0 = v(t=0)$.

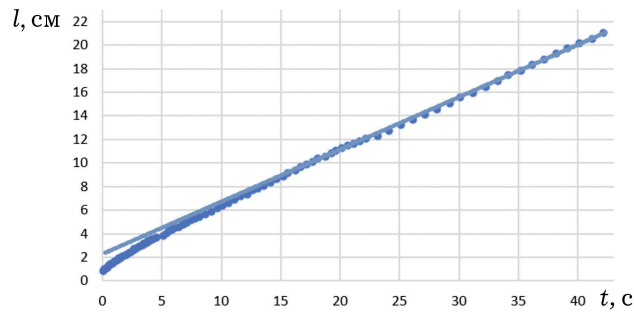


Рис. 1. График зависимости пути l , пройденного шариком, от времени t при постоянной температуре

Обычно в лабораторных работах по нахождению вязкости глицерина полагают, что начальная скорость $v_0 = 0$ [1, 2]. Мы же проводили эксперименты, максимально приближенные к тому, как они проводятся студентами, когда: $v_0 > v_{\text{пред}}$. Также представляло интерес измерение предельной скорости при температурах ниже комнатной $T < 18^\circ\text{C}$.

В эксперименте использовался стеклянный сосуд диаметром 4,0 см с глицерином плотностью $1,26 \text{ г/см}^3$ и металлические шарики диаметром $0,12 \div 0,17 \text{ см}$ плотностью $7,96 \text{ г/см}^3$. Движение шарика снималось на камеру с частотой съемки $\nu = 30 \text{ Гц}$. Обработка данных проводилась с использованием видео-редактора *VSDC Video Editor*.

На рис. 1 представлен график зависимости пути l , пройденного шариком, от времени при температуре $T = 15^\circ\text{C}$. Вязкость глицерина

при понижении температуры увеличивается, скорость падения шарика уменьшается, и процесс становится более наглядным. Линейная зависимость $l(t)$ начинается примерно через 20 секунд после начала движения. По линейной части графика определялась скорость установившегося движения. Она составила $v = 0,48 \div 0,50$ см/с. Для наглядности представленных результатов приведен график, показанный на рис. 2. Зависимость $v(t)$ подчиняется формуле (4). Начальная скорость $v_0 \approx 1$ м/с. Из графика видно, что спустя 20–25 с от начала движения скорость становится постоянной. По формуле (3) была рассчитана вязкость глицерина. В данном опыте она составила $\eta = 20$ Пуаз.

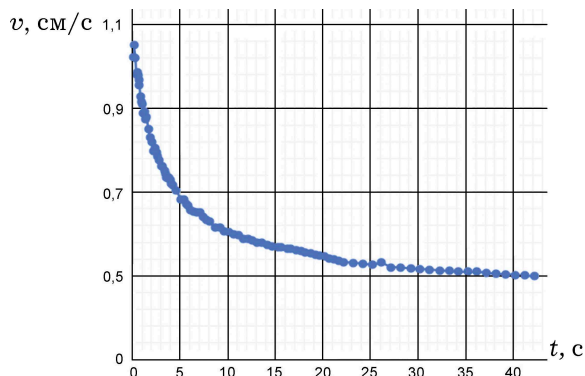


Рис. 2. График зависимости $v = v(t)$

Полученные в данной лабораторной работе результаты хорошо согласуются с теорией [3]. Исследование скорости движения шарика, нахождение предельной скорости, а также времени ее достижения помогает студентам глубже понять теорию движения тел при наличии сил вязкого трения. Важен и практический аспект: при определении зависимости $\eta(T)$ при $T < 18^\circ\text{C}$ стационарный режим устанавливается примерно через 20–25 с после начала движения, при этом шарик проходит расстояние 8–10 см после начала движения. Поэтому сосуды, которыми пользуются при проведении опытов, должны быть достаточно высокими.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физический практикум «Механика и молекулярная физика» / Под редакцией В. И. Ивероновой. — М.: Наука, 1967. — 352 с.
2. Стрелков С. П. Механика: Учебник. — СПб.: Лань, 2019. — 560 с.
3. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие / Пер. с англ. под ред. Б. И. Соколова. — Л.: Химия, 1982. — 592 с.

Е. И. ВАРАКСИНА, В. В. МАЙЕР, М. А. ПЕНТЮХОВА

УЧЕБНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОЩАДИ ПОД ЦИКЛОИДАЛЬНОЙ АРКОЙ

Для школьного внеурочного занятия по математике предлагается теоретическое и экспериментальное учебное исследование одного из свойств циклоиды: площадь под циклоидальной аркой в три раза больше площади образующего циклоиду круга.

Ключевые слова: математика, физика, теория, эксперимент, циклоида, площадь, интегрирование, масса, измерение.

Научная проблема. *Циклоида* — кривая, которую описывает точка окружности, без проскальзывания катящаяся по прямой (рис. 1). Циклоидальная кривая обладает интересными математическими и физическими свойствами, часть из которых обсуждена, например, в работах [1, 2]. Однако приборы и опыты, описанные в этих статьях, довольно сложны, поэтому вряд ли будут использованы в школе при изучении математики. Указанным обстоятельством определяется *проблема исследования*: какие математические свойства циклоиды могут быть подтверждены настолько простым и доступным физическим экспериментом, чтобы его можно было использовать на внеурочных учебных занятиях по математике?

Площадь фигуры под циклоидальной аркой. Одно из удивительных свойств циклоиды заключается в том, что площадь S под аркой этой кривой в точности равна трем площадям S_0 соответствующего круга. Вначале докажем это *теоретически*.

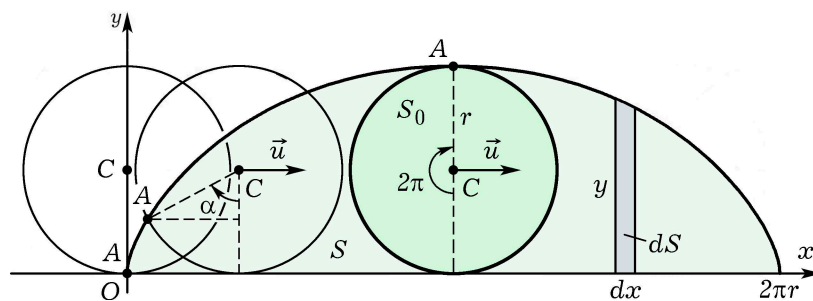


Рис. 1. Построение циклоидальной кривой методом качения круга по прямой линии

Будем считать, что учащимся известны уравнения циклоиды в параметрической форме (рис. 1):

$$x = r(\alpha - \sin \alpha), \quad y = r(1 - \cos \alpha). \quad (1)$$

Выразим дифференциал от x через угол α :

$$dx = rd(\alpha - \sin \alpha) = r(1 - \cos \alpha) d\alpha. \quad (2)$$

Для нахождения площади под аркой циклоиды находим бесконечную сумму бесконечно малых дифференциалов $dS = ydx$, то есть интегрируем dS в пределах от 0 до S (x изменяется от 0 до $2\pi r$; α изменяется от 0 до 2π):

$$S = \int_0^S dS = \int_0^{2\pi r} ydx = r^2 \int_0^{2\pi} (1 - \cos \alpha)^2 d\alpha. \quad (3)$$

Раскроем скобки в подынтегральном выражении:

$$(1 - \cos \alpha)^2 = 1 - 2 \cos \alpha + \cos^2 \alpha = 1 - 2 \cos \alpha + \frac{1 + \cos 2\alpha}{2}.$$

Тогда

$$S = r^2 \int_0^{2\pi} \left(1 - 2 \cos \alpha + \frac{1 + \cos 2\alpha}{2} \right) d\alpha. \quad (4)$$

Вычислим получившийся определенный интеграл:

$$S = r^2 \left[\alpha - 2 \sin \alpha + \frac{1}{2} \alpha + \frac{1}{4} \sin 2\alpha \right]_0^{2\pi} = r^2(2\pi - 0 + \pi + 0) = 3\pi r^2. \quad (5)$$

Так как площадь круга, образующего циклоиду, равна $S_0 = \pi r^2$, то вычисления показывают, что площадь S фигуры, заключенной между аркой циклоиды и осью x , действительно в три раза больше площади круга: $S = 3S_0$.

Физический эксперимент. Для *экспериментального доказательства* полученного вывода используют: циркуль, линейку, карандаш, однородный картон, ножницы. Вырезают круг радиусом $r = 4$ см. На его крае отмечают точку A (рис. 1). На том же картоне по линейке рисуют ось x и прижимают линейку к картону так, чтобы ее край совпал с этой осью. Неподвижно удерживая линейку, без проскальзывания катят по ней вдоль оси x вырезанный круг и отмечают на картоне положения, через которые проходит точка A на краю круга. Через обозначенные точки проводят плавную линию и вырезают из картона получившуюся фигуру между аркой циклоиды и осью x .

Чтобы сравнить площади круга и фигуры под аркой циклоиды, вспоминают, что массы этих фигур пропорциональны их площадям, если фигуры вырезаны из одного и того же однородного картона. На электронных весах взвешивают арку циклоиды и круг. Обнаруживают, что

в пределах погрешности измерений масса циклоиды в три раза больше массы круга.

Научная новизна работы. Показано, что равенство площади под аркой циклоиды утроенной площади образующего ее круга может быть использовано для математического и физического доказательства справедливости этого утверждения на внеурочном занятии по математике в школе.

Практическая значимость. Разработано конкретное содержание внеурочного занятия по математике, направленное на развитие естественнонаучной грамотности и инженерной компетенции школьников при изучении циклоидальной кривой [3].

Исследование выполнено на базе Федеральной инновационной площадки «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. Майер В. В., Майер Р. В. Удивительные свойства циклоиды // Учебная физика. — 1998. — № 2. — С. 22–25.
2. Майер В. В., Майер Р. В. Экспериментальное изучение движения по циклоиде в поле тяжести // Учебная физика. — 2003. — № 5. — С. 31–53.
3. Вараксина Е. И., Попова А. А. Дидактический ресурс ученического проекта «Оптические свойства эллипса» // Учебная физика. — 2021. — № 2. — С. 13–21.

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

Поступила в редакцию 05.01.23.

Е. И. ВАРАКСИНА, В. В. МАЙЕР, В. В. ШУТОВА

УЧЕБНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКА ОТ ЕГО ТЕМПЕРАТУРЫ

Предложен современный вариант учебного эксперимента по исследованию температурной зависимости диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика в школьном физическом практикуме повышенного уровня.

Ключевые слова: школьный практикум, повышенный уровень, лабораторная работа, сегнетокерамика, точка Кюри.

Научная проблема. В статье Н. И. Шефера [1] описан лабораторный эксперимент по определению температуры Кюри сегнетоэлектрика, предназначенный для школьного физического практикума повышенного уровня. Однако в настоящее время воспроизведение этого интересного и поучительного эксперимента в школе невозможно по ряду причин: 1) его выполнение требует большого учебного времени из-за устаревшего метода измерения емкости; 2) итогом лабораторной работы является не имеющая физического смысла графическая зависимость делений гальванометра от температуры сегнетокерамического образца; 3) по найденной зависимости, связь которой с диэлектрической проницаемостью образца неочевидна, обучающиеся должны определить температуру Кюри сегнетокерамики; 4) рекомендованные в статье вариконды типа ВК2-3 и 6Н90 малодоступны. Обнаруженное *противоречие* между безусловной полезностью известного учебного эксперимента и низким уровнем его воспроизводимости в школе определяет *проблему исследования:* каким должен быть современный вариант учебного эксперимента по исследованию зависимости диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика от его температуры, предназначенный для постановки в профильной школе и в педагогическом вузе?

Экспериментальная установка, решающая сформулированную проблему, изображена на рис. 1: 1 — штатив с муфтой и лапкой; 2 — электроплитка лабораторная с закрытой спиралью; 3 — стакан с водопроводной водой; 4 — стеклянная пробирка, внутри которой находятся плоский конденсатор с исследуемым сегнетоэлектриком, и стандартная термopара; 5 — мультиметр типа DT9208A для измерения емкости конденсатора [2]; 6 — мультиметр типа DT9208A со штатной термopарой для измерения температуры воздуха в пробирке.

В опыте использовался один конденсатор, извлеченный из отечественного вариконда типа ВК2-БШ емкостью 220 нФ. Этот конденсатор представляет собой круглую пластинку диаметром 25 мм и толщиной 0,57 мм, на плоские поверхности которой нанесены металлические электроды. Пластинка конденсатора расколота на две неравные

части. В опытах использовалась та часть, площадь которой составила 290 мм^2 . Измеренная при комнатной температуре $22 \text{ }^\circ\text{C}$ емкость этого образца равна $4,5 \text{ нФ}$.

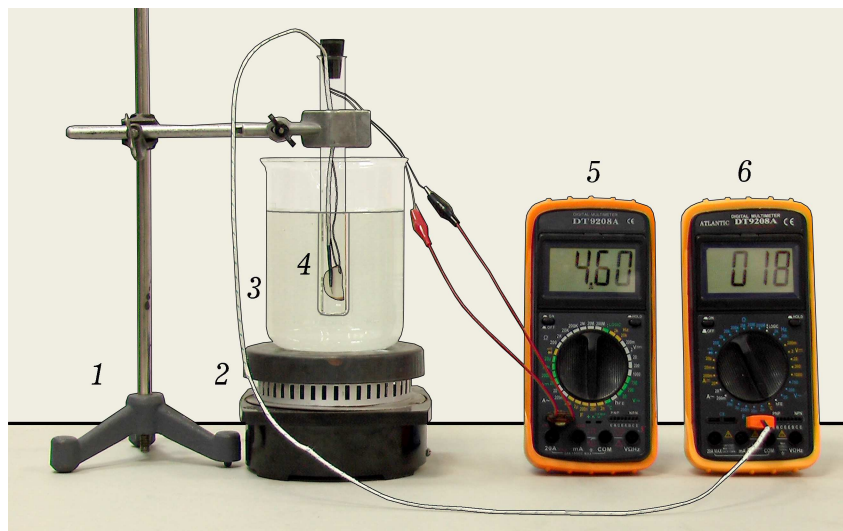


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования зависимости емкости сегнетоэлектрического конденсатора от температуры

Выполнение эксперимента. Выводы вариконда подключают к первому мультиметру для измерения емкости, а ко второму — термопару для определения температуры. Вариконд вместе с термопарой помещают в стеклянную пробирку и фиксируют их положение за выводы резиновой пробкой так, чтобы вариконд и термопара не касались дна пробирки. В химический стакан набирают воду комнатной температуры и ставят его на электрическую плитку. С помощью штатива и лапки закрепляют пробирку над дном стакана (рис. 1). Включают плитку и записывают показания мультиметров до тех пор, пока температура не достигнет $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Воду перемешивают, чтобы она равномерно нагревалась.

По графику зависимости емкости вариконда от температуры определяют температуру Кюри.

Для студентов вуза следует усложнить задание и предложить им построить график зависимости диэлектрической проницаемости ε от температуры t (рис. 2). Значение диэлектрической проницаемости можно найти, предварительно выразив величину ε из формулы

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d},$$

где C — емкость плоского конденсатора с пьезокерамическим диэлек-

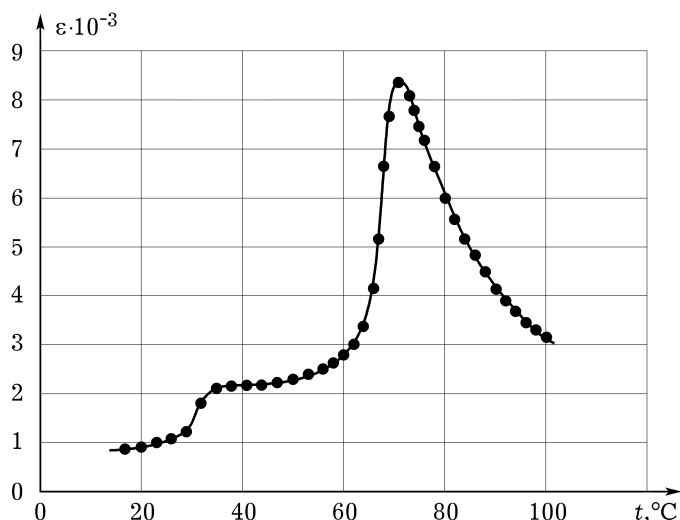


Рис. 2. Полученный в эксперименте график температурной зависимости диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика

триком; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ — электрическая постоянная; S — площадь обкладки и d — расстояние между обкладками конденсатора.

Научная новизна работы состоит в создании простой, доступной и безопасной установки, позволяющей в учебном эксперименте на плановых занятиях курсов элементарной физики в школе и общей физики в педагогическом вузе получить необходимые данные и по ним построить график зависимости диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика от температуры, по которому определить точку Кюри исследованного образца.

Исследование выполнено на базе Федеральной инновационной площадки «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 госадаания, № НИОКТР 1023040600021-1-5.3.1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шефер Н. И. Определение температуры Кюри и пьезомодуля сегнетокерамики // Физика в школе. — 1997. — № 1. — С. 40–42.
2. Вараксина Е. И., Майер В. В. Исследование плоского конденсатора в лабораторном практикуме бакалавриата // Учебная физика. — 2020. — № 3. — С. 33–43.

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

Поступила в редакцию 11.01.24.

Ф. И. ВЫБОРНОВ

**ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА
ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ
В ЛАБОРАТОРНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ**

Для измерения диаметра капилляра и высоты поднятия жидкости при определении коэффициента поверхностного натяжения жидкости используется катетометр КМ–8.

Ключевые слова: лабораторный эксперимент, коэффициент поверхностного натяжения жидкости, катетометр.

Для определения значения коэффициента поверхностного натяжения воды и спирта методом поднятия жидкости в капилляре [1] в лаборатории кафедры физики Волжского государственного университета водного транспорта (ВГУВТ) при проведении измерений используется катетометр КМ–8 [2]. Данный оптико–механический прибор предназначен для измерения расстояний между двумя точками, расположенными на одной вертикали на недоступных для непосредственного измерения объектах. В лабораторной работе с его помощью измеряются диаметр капилляра и высота поднятия жидкости.

Капилляр, закрепленный в лапке штатива, может перемещаться вертикально, поворачиваться на 90 градусов и фиксироваться в нужном положении. Это позволяет при необходимости быстро менять капилляр и жидкость в прозрачном тонкостенном химическом стакане. Катетометр располагается от штатива на расстоянии около 30–50 см.

Технические данные катетометра позволяют проводить измерения в пределах 500 мм по вертикали с точностью 0,02 мм (при расстоянии до объекта 420–810 мм) [2]. Легкость наводки на объект измерения, высокая точность и 3,6 кратное увеличение зрительной трубы делает катетометр КМ–8 удобным инструментом измерения (несмотря на его значительные габариты и массу).

Хорошо написанный раздел по методике проведения измерений в [2] позволяет студентам первого курса инженерных специальностей ВГУВТ за одно занятие изучить катетометр, провести все необходимые измерения и определить значения коэффициентов поверхностного натяжения жидкостей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коэффициент поверхностного натяжения жидкости. Методические указания. — Нижний Новгород: ВГУВТ, 2023. — 16 с.
2. Катетометр КМ–8. Инструкция к пользованию. Изюмский приборостроительный завод. — 16 с.

Волжский государственный
университет водного транспорта

Поступила в редакцию 31.12.23.

С. А. ГЕРАСИМОВ

ВЕС ДИЭЛЕКТРИКА В ВИХРЕВОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Под воздействием вихревого электрического поля вес диэлектрика возрастает. Несмотря на то, что изменение веса зависит от ориентации источника вихревого электрического поля и диэлектрика в пространстве, существует не зависящая от ориентации постоянная составляющая силы, действующей на диэлектрик.

Ключевые слова: вихревое электрическое поле, тороидальный магнит, диэлектрик, вес, сила тяги.

Вихревое электрическое поле всегда создавало проблемы для понимания. С одной стороны, не будь этого поля, не работал бы обыкновенный трансформатор. Это понятно. Не понятно другое. Если рассмотреть простейший трансформатор в виде длинного соленоида, по которому течет переменный электрический ток, заставляющий двигаться заряды во вторичной обмотке, то никак не удастся обнаружить обратное воздействие, с которым заряды проводника действуют на соленоид [1]. Даже если оно есть, зарегистрировать его экспериментально — чрезвычайно сложная задача.

Можно поступить по-другому, в качестве источника переменного магнитного поля взяв тороидальный магнит M , а вторичную металлическую обмотку заменив на диэлектрик D (рис. 1). В этом случае отрицательные заряды диэлектрика, пытаясь двигаться против поля \vec{E} , соберутся на ближайшей к тороидальному магниту поверхности; именно на них действует сила f , заставляющая диэлектрик терять вес. На дальней по отношению к тороидальному магниту поверхности диэлектрика соберутся положительные заряды; на них тоже действует сила, конечно же более слабая. При перемене направления тока в цепи магнита, а значит и направления вихревого электрического поля, происходит почти то же самое: положительные заряды соберутся на верхней поверхности диэлектрика, но сила, на них действующая, будет по-прежнему направлена вверх. Возникает что-то вроде подъемной силы, ничем кроме скрытой силы, действующей на поле [2], не скомпенсированной. Явление заслуживает того, чтобы с ним разобраться экспериментально, правда при этом возникает ряд трудностей и эффектов, на которых обязательно следует остановиться [3].

Во-первых, диэлектрик должен обладать большой диэлектрической проницаемостью. Эта проблема решаема, если в качестве диэлектрика взять сегнетову соль, диэлектрическая проницаемость которой достигает 300. Второе: индуктивность тороидального магнита должна быть существенной. Достаточно взять тороидальный магнит с индуктивностью 4 Гн. Третье: переменный электрический ток подавать в магнит T

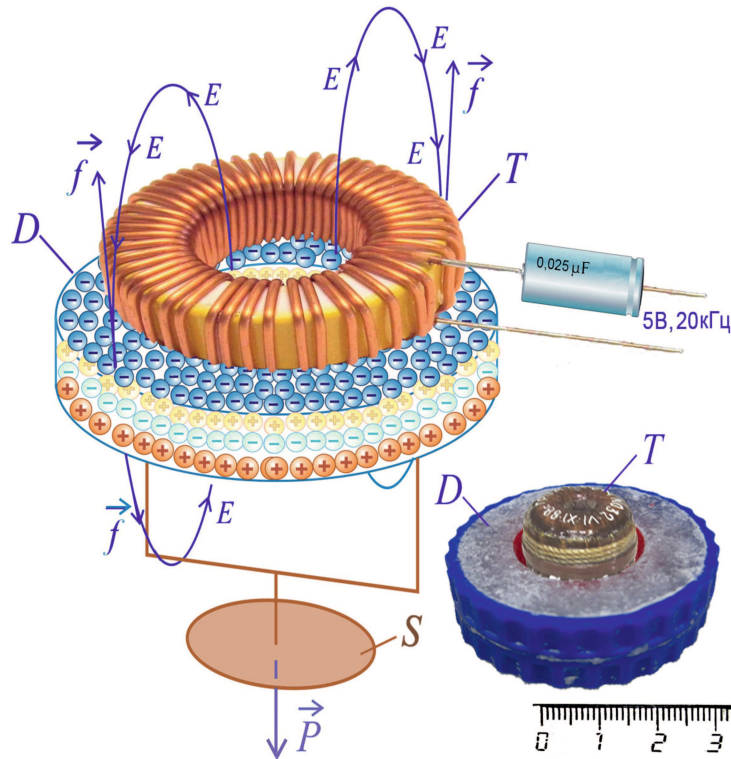


Рис. 1. Диэлектрик в вихревом электрическом поле

следует через конденсатор, то есть заставить систему работать в режиме, близком к резонансному. Иначе ток в тороидальном магните будет практически нулевым.

Изменение веса будет сравнительно небольшим. Поэтому нужны точные весы S , позволяющие измерять массу с точностью не хуже 10^{-5} г. Измерения целесообразно проводить в периодическом режиме, скажем, каждые 10 минут включать тороидальный магнит на 3 минуты.

На обработку зависимостей изменений веса от времени (рис. 2) следует обратить особое внимание. Как бы не была повернута система — магнит сверху, диэлектрик снизу — или наоборот, включение электрического тока сопровождается не уменьшением веса диэлектрика, что было бы характерно нагреву взвешиваемого тела, а увеличением. Разница в изменениях веса при повороте магнита с диэлектриком из положения магнит сверху в положение диэлектрик сверху может говорить о влиянии поляризованного вихревым электрическим полем диэлектрика на окружающую среду. При размещении диэлектрика под

тороидальным магнитом изменение веса в несколько раз меньше, чем в противоположном, что вполне объяснимо асимметрией вихревого электрического поля по отношению к горизонтали. Подозрения на ошибки измерений исключаются: представленные на рис. 2 экспериментальные зависимости — результат более чем 20 измерений.

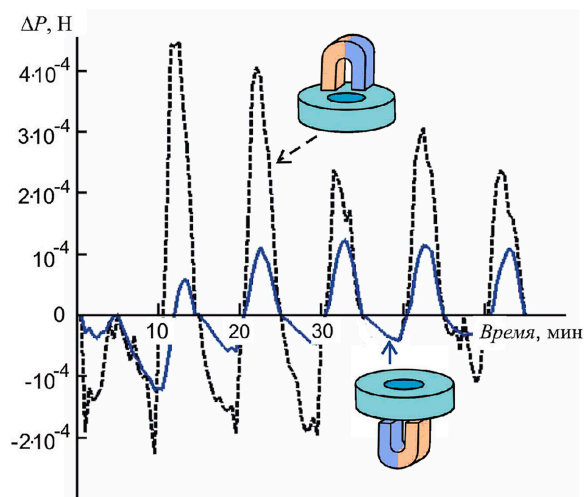


Рис. 2. Изменение веса диэлектрика при периодическом включении вихревого электрического поля

Утверждать, что удалось найти электромагнитную силу тяги — преждевременно. Без выяснения, как и почему диэлектрик всегда увеличивает вес под воздействием вихревого электрического поля, работу нельзя считать завершенной даже в первом приближении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. — Т. 6., Гл. 17. Законы индукции. — М.: Мир, 1976.
2. Герасимов С. Диск Фейнмана, конденсатор Тамма и импульс электромагнитного поля // Квант. — 2023. — № 5. — С. 37–40.
3. Gerasimov S. A. Vortex Electromagnetic Thrust Force // IOSR Journal of Applied Physics. — 2023. — V. 15. — № 5. — P. 10–15.

Южный федеральный
университет

Поступила в редакцию 28.12.23.

П. В. ГОРБУНОВ, А. В. ГОРОБЕЦ, Е. М. КОКОЛЕВ

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ВИДОВ РАВНОВЕСИЯ, И НЕ ТОЛЬКО

Рассматривается устройство, позволяющее демонстрировать виды равновесия при изучении раздела «Статика», и возможность его использования в качестве рычага и блока.

Ключевые слова: виды равновесия, демонстрационное оборудование, уроки физики, демонстрационный эксперимент, рычаг и блок.

Общеизвестным является тот факт, что раздел механики в курсе физики программ основного общего образования и среднего общего образования находится на особом месте. Это объясняется тем, что при изучении данного раздела учащиеся должны получить глубокие знания и освоить навыки их практического применения. От успешности освоения механики в большей степени зависит и результат освоения последующих разделов курса физики.

Важной задачей при изучении физики в школе является демонстрация взаимосвязи полученных знаний на уроках с наблюдаемыми явлениями в окружающем мире, а также возможное применение знаний и навыков в дальнейшей профессиональной деятельности. Для решения этой задачи важным является включение демонстраций и опытов в план урока. Чтобы качественно, как с методической, так и с практической точек зрения, провести демонстрационный опыт, необходимо соблюдение требований к его выполнению: 1) простота; 2) наглядность; 3) безопасность эксперимента; 4) надежность.

Основным фактором для проведения демонстрационного эксперимента является оснащённость кабинета. Все необходимые приборы должны быть исправны и настроены.

В курсе механики, в разделе «Статика» при изучении на углубленном уровне предполагается рассмотреть виды равновесия. Однако, большинство кабинетов физики не оснащены оборудованием для демонстрации этих явлений. Нами было разработано устройство (рис. 1), которое включает в себя демонстрацию устойчивого, неустойчивого и безразличного равновесия, а также может использоваться в качестве рычага и блока, для проведения опытов и демонстраций при изучении соответствующих тем.

Данное устройство состоит из косых цилиндров, которые, в зависимости от положения, могут принимать форму круга, стержня и полукруга. В центре каждого косого цилиндра сделаны отверстия для соединения элементов конструкции между собой. В комплект для проведения демонстраций включен также набор шаров, диаметры которых соответствуют ширине желобов, сделанных с внутренних и внешних сторон цилиндров. Если соединить цилиндры в полукольцо, то шарик будет двигаться по внутреннему или внешнему желобу, в зависимости

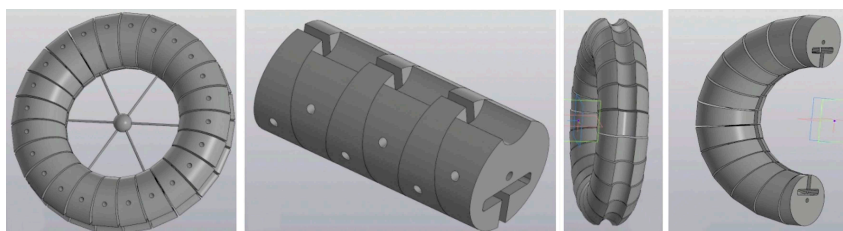


Рис. 1. Внешний вид устройства

от того, устойчивое или неустойчивое равновесие мы хотим продемонстрировать. Соединив косые цилиндры в стержень, мы сможем увидеть безразличное равновесие (рис. 2).

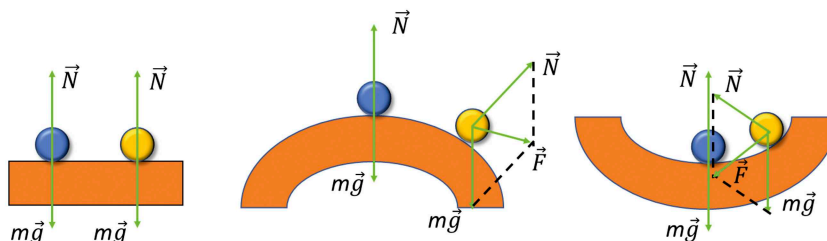


Рис. 2. Теоретическое объяснение явления

Таким образом, мы не только теоретически сможем описать явление, но и показать его на практике, а также имеем возможность составить методические рекомендации по выполнению лабораторных работ с использованием данного устройства.

Данное устройство при дальнейшем изучении раздела «Статика» может служить как рычагом, так и блоком, что поможет в изучении простых механизмов и правила моментов. Помимо этого, при реализации инженерного образования в школе представляемое решение может быть примером технологичной конструкции при изучении темы «Технологичность конструкции» в рамках проведения инженерных практикумов, по уже выше озвученным причинам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисова А. Р., Найниш Л. А. Методические особенности экспериментального изучения статики твердых тел в общеобразовательной школе. — Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2019. — С. 221.
2. Григорьев К. А., Григорьев А. А. Равновесие: определение, виды, примеры // Юный ученый. — 2019. — №9. — С. 24–28.

3. Митченкова Ю. В. Демонстрационный опыт как фактор развития предметных умений по химии // Вестник науки. — 2020. — Т. 3. — № 6 (27). — С. 19–23.
4. Фомина И. П. Методика преподавания раздела «Статика» в курсе теоретической механики для студентов технических вузов: Электронный ресурс. — 2014. — <http://mх.ogasa.org.ua/bitstream/123456789/6109/1/01>
5. Горобец А. В. Роль и место дополнительного образования детей в модели «инженерная школа» // Настоящее и будущее физико–математического образования: материалы докладов VI всероссийской научно–практической конференции. 01 ноября 2023 г. / отв. ред. Ю. А. Сауров. — Киров: Изд–во «Радуга–ПРЕСС», 2023. — С. 187–191.

ИТ–лицей Привилегия,
г. Челябинск

Поступила в редакцию 31.12.23.

П. В. КАЗАРИН, Ю. В. ПОЛУШТАЙЦЕВ, Н. Ф. УСЛУГИН

ЛЕКЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО НАБЛЮДЕНИЮ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЬЦМАНА

Предлагается лекционный эксперимент по наблюдению концентрации частиц, находящихся в вертикальной кювете и участвующих в хаотическом движении. Типовая установка ФД–201 «Моделирование распределения молекул в поле силы тяготения» дополнена веб–камерой. Программа обработки изображений в реальном времени определяет вертикальные координаты частиц, проводит усреднение по нескольким кадрам, строит график зависимости средней концентрации частиц от высоты.

Ключевые слова: демонстрационный эксперимент, распределение Больцмана, усреднение по нескольким кадрам.

Для демонстрации распределения Больцмана используется типовая установка ФД–201 «Моделирование распределения молекул в поле силы тяготения», дополненная веб–камерой. Разработана программа обработки изображений, которая в реальном времени определяет вертикальные координаты частиц, проводит усреднение по нескольким кадрам, строит график зависимости средней концентрации частиц от высоты.

В вертикальной кювете с прозрачными стенками находятся стальные шарики. Дно кюветы — поршень, приводимый в колебательное движение электродвигателем. Частоту колебаний поршня можно менять, моделируя тем самым изменение «температуры» хаотического движения шариков. Размер кюветы и количество шариков подобраны таким образом, чтобы с одной стороны столкновения между шариками были достаточно частыми, а с другой стороны, чтобы шарики в своем движении не заслоняли друг друга.

С помощью веб-камеры с частотой 30 Гц фиксируются мгновенные снимки движущихся в кювете шариков. Программа предварительной обработки изображений выделяет часть кадра, соответствующую размеру кюветы, формирует сигнал фоновой засветки, вычитает этот сигнал из получаемых камерой изображений. В результате такой обработки получается набор кадров, содержащих только изображения шариков на черном фоне. Далее все кадры суммируются, внутри кадров проводится дополнительное суммирование по строкам. Формирование графиков распределения частиц по высоте предусматривает подбор масштабов, нормировку, вывод на экран параллельно с изображениями движущихся в кювете шариков. Точность регистрируемых распределений позволяет проводить сравнение получаемых графиков с теоретическими формулами распределения Больцмана.

Таким образом, описываемая установка позволяет наблюдать не только качественную картину распределения частиц в поле силы тяжести, но и проводить количественное сравнение распределений, соответствующих, например, разным «температурам».

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие: для вузов в 5 томах. Т. II. Термодинамика и молекулярная физика. — М.: Физматлит, 2005. — 544 с.

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

Поступила в редакцию 12.01.24.

И. Г. КИРИН

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗУЧЕНИЕ САМОИСКРИВЛЕНИЯ ПУЧКОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДВУХФОТОННОГО РЕЗОНАНСА ВОЗБУЖДЕНИЯ АТОМАРНЫХ ПАРОВ КАЛИЯ»

Описывается разработанная лабораторная работа, предназначенная для исследования самоискривления в условиях двухфотонного резонанса и установки для ее исследования.

Ключевые слова: нелинейные оптические эффекты, самофокусировка, атомарные пары калия, двухфотонное возбуждение, вырожденная накачка лазерным излучением, лабораторная работа.

Самоискривление траекторий асимметричных пучков света в нелинейных средах — это эффект, при котором пучок искривляется весь

как целое в том направлении, где преломление максимально. Отличительная особенность самоискривления в условиях двухфотонного резонанса — квадратичная зависимость показателя преломления от интенсивности падающего излучения, которая определяет порог самоискривления и только часть лазерного пучка отклоняется от прямолинейного направления распространения [1].

Данная лабораторная работа направлена на исследования самоискривления в условиях двухфотонного резонансного возбуждения (ДФРВ) вырожденной накачкой атомарных паров К лазерным излучением. Выбор атомарных паров К обусловлен, прежде всего, удобным для проведения экспериментов расположением энергетических уровней. При ДФРВ паров К на переходе $4S_{1/2} - 6S_{1/2}$ ($\nu_{4S_{1/2}-6S_{1/2}} = 27450,65 \text{ см}^{-1}$) отстройка частоты накачки от промежуточного резонанса велика ($4S_{1/2} - 4P_{1/2,3/2}$): $\sim 700 \text{ см}^{-1}$ и нелинейная восприимчивость определяется, в основном двухфотонным переходом.

В лабораторной работе источником возбуждающего излучения служил перестраиваемый импульсный лазер на красителе, мощность лазера достигала $\sim 1 \text{ МВт}$, длительность импульса $\sim 35 \text{ нс}$, ширина линии генерации $\Delta\nu$ составляла $0,4 \text{ см}^{-1}$, область перестройки частоты $13980 \div 12660 \text{ см}^{-1}$. Для получения атомарных паров К использовалась стеклянная кювета, позволяющая менять их давление в пределах от 0 до 1,2 мм рт. ст. Кюветы для получения паров К и лазер на красителе, используемые в этой установке, полностью идентичны используемым в лабораторных работах по изучению самофокусировки [2].

Излучение лазера на красителе фокусировалось линзой с фокусным расстоянием 40 см в кювету с парами калия ($l = 30 \text{ см}$). Во избежание пробы фокус линзы находился на расстоянии 4 см внутри кюветы.

Для получения асимметричного распределения интенсивности лазерного излучения часть пучка излучения лазера на красителе закрывалась непрозрачной диафрагмой, расположенной в вертикальной плоскости перед линзой и затем линза смещалась так, чтобы ее оптическая ось совпала с центром неприкрытой части пучка. За счет этого в около фокусной области линзы поперечное распределение интенсивности лазерного излучения было асимметричным с градиентом интенсивности, направленным от неприкрытой части пучка к диафрагме, что подтверждалось фотографическим фотометрированием распределения поперечного сечения.

Двухфотонное возбуждение паров калия сопровождалось люминесценцией в видимой области, что позволяет исследовать пространственные характеристики луча при фотографировании сбоку кюветы в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Начиная с давления паров калия $p = 0,3 \text{ Тор}$ для частоты накачки резонансной двухфотонному переходу $4S_{1/2} - 6S_{1/2}$, наряду с основным пучком наблюдался отклоненный луч, причем его отклонение происходило в сторону основания диафрагмы, то есть в сторону создаваемых больших интенсивностей. Необходимо отметить, что отклоненный луч лежал в вертикальной плоскости, то есть в той плоскости, где наблюдался градиент интен-

сивности. В горизонтальной плоскости градиент интенсивности был значительно слабее, и отклоненного пучка обнаружено не было. Средний радиус отклоненного луча составлял ~ 30 см.

Далее в работе, путем уменьшения интенсивности лазерного излучения, определяется: пороговое значение интенсивности лазерного излучения, при котором возникает самоискривление; путем изменения давления паров определяется область давлений атомов К, при которых оно наблюдается, а путем изменения частоты лазера на красителе определяется область отстроек частоты от двухфотонного резонанса, при которых самоискривление возможно.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирин И. Г. Эффекты самовоздействия в условиях резонанса: монография. — Оренбург: Оренбургский гос. ун-т., 2021. — Текст: электронный.
2. 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.

Оренбургский государственный университет

Поступила в редакцию 15.12.23.

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

ДЕМОНСТРАЦИЯ АМПЛИТУДНО–МОДУЛИРОВАННЫХ КОЛЕБАНИЙ

В статье рассмотрен метод получения амплитудно–модулированных колебаний для наблюдения на экране осциллографа.

Ключевые слова: амплитудная модуляция, колебательный контур, спектр сигнала, полоса пропускания, резонансная частота, полупроводниковый диод.

В настоящее время изучение амплитудной модуляции в курсе средней школы не теряет своей актуальности.

Формирование модулированного сигнала при однотоновой амплитудной модуляции включает процессы обогащения спектра сигнала, получаемого в результате сложения двух входных колебаний, и фильтрации колебаний определенных частот.

Для обогащения спектра сигнала используются нелинейные элементы, самым простым из которых является полупроводниковый диод. В качестве фильтров удобно использовать колебательный контур.

Очевидно, что прежде чем приступить к получению амплитудно-модулированных колебаний, обучающимся необходимо рассмотреть большое количество теоретического материала, как из области физики, так и из области математики. Они должны усвоить принцип работы полупроводниковых диодов и колебательных контуров, понимать, как происходит обогащение спектра сигнала нелинейными элементами, а также процессы фильтрации электрических сигналов, уметь использовать тригонометрические формулы для описания данных процессов.

Использование тригонометрических формул для расчета спектра амплитудно-модулированного сигнала и спектра сигнала, обогащенного диодом, является необходимым условием, способствующим пониманию процессов, происходящих при модуляции.

Рассмотрим эффектный и быстрый способ демонстрации амплитудной модуляции.

В спектре однотонового амплитудно-модулированного колебания содержатся частоты ω , $\omega - \Omega$, $\omega + \Omega$, где ω — несущая частота, а Ω — частота сигнала сообщения.

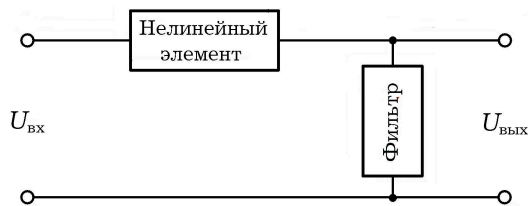


Рис. 1. Структурная схема модулятора

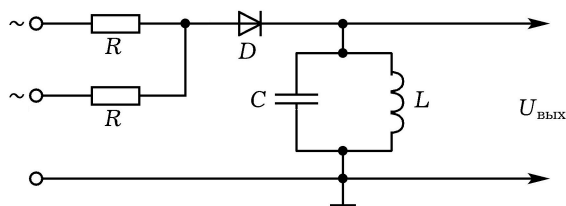


Рис. 2. Схема электрической цепи для получения амплитудно-модулированных колебаний

Структурная схема модулятора представлена на рис. 1. Схема принципиальной электрической цепи для такого модулятора должна удовлетворять следующим требованиям:

1) она должна иметь два входа, на которые с внешних устройств будут подключаться два сигнала: сигнал несущего колебания высокой частоты ω и сигнал сообщения низкой частоты Ω ;

2) в результате сложения двух данных сигналов должен получиться такой сигнал, в спектре которого будут присутствовать частоты ω , $\omega - \Omega$ и $\omega + \Omega$. Это значит, что в процессе сложения колебаний необходимо использовать устройство, «обогащающее» спектр такими частотами. «Обогащение» спектра можно произвести, используя нелинейный элемент, например, диод;

3) при обогащении спектра в составе сложного колебания кроме частот ω , $\omega - \Omega$ и $\omega + \Omega$ возможно наличие колебаний других частот, которые необходимо отфильтровать. Следовательно, в модуляторе необходимо использовать фильтр, например, параллельный колебательный контур, настроенный на резонансную частоту ω с полосой пропускания $[\omega - \Omega, \omega + \Omega]$.

На рис. 2 представлена схема электрической цепи для получения амплитудно-модулированного колебания. Два входа цепи подключаются к источникам гармонических сигналов. В схеме мы использовали элементы следующих параметров: два резистора сопротивлением по 33 кОм каждый, полупроводниковый диод Д18, конденсатор емкостью 3,3 нФ и катушка на 220 В от универсального трансформатора.

Амплитудно-модулированный сигнал наблюдают на экране осциллографа. Вначале необходимо определить значения частот сигналов, подключаемых на вход модулятора. Для этого получают амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) параллельного колебательного контура модулятора, напрямую соединив один из резисторов с контуром.

Способы получения амплитудно-частотной характеристики колебательного контура различны. Ее можно построить по точкам, получить на экране осциллографа с помощью генератора качающейся частоты или наблюдая с помощью осциллографа за изменением амплитуды колебания в контуре при изменении частоты входного сигнала (метод нахождения резонансной частоты).

Далее по полученной амплитудно-частотной характеристике определяют значение несущей частоты ω — оно равно резонансной частоте колебательного контура. Определив по АЧХ полосу пропускания колебательного контура, находят частоту сигнала сообщения Ω : $\Omega \leq \omega - \omega_{гр}$, где $\omega_{гр}$ — граничная частота полосы пропускания.

Подав на входы модулятора гармонические сигналы частотами ω и Ω , наблюдают амплитудную модуляцию.

В результате изучения амплитудной модуляции в курсе средней школы обучающиеся усваивают большой объем новых теоретических знаний. Они знакомятся с практическим использованием диодов и колебательных контуров в технически значимых устройствах, совершенствуют свои экспериментальные умения, убеждаются в тесной межпредметной связи физики и математики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гершензон Е. М. Радиотехника: Учеб. пособие для ст-в физ.-мат. фак. пед. ин-тов / Е. М. Гершензон, Г. Д. Полянина, Н. В. Соина. — М.: Просвещение, 1986. — 319 с.

2. Ляшко М. Н. Радиотехника: Лаб. практикум. — Мн.: Выш. школа, 1981. — 269 с.
3. Мязишев Г. Я., Буховцев Б. Б., Чаругин В. М. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый и углубл. уровни / под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2019. — 432 с.

Брянский государственный
университет имени академика
И. Г. Петровского

Поступила в редакцию 25.12.23.

А. А. КОЛЧИН, А. И. ЩЕТНИКОВ

ДЕМОНСТРАЦИЯ ЭФФЕКТА ДЖАНИБЕКОВА В ЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ

В статье обсуждаются опыты, позволяющие продемонстрировать эффект Джанибекова в земных условиях. Ряд опытов связан с качественным объяснением этого эффекта, предложенным Терри Тао.

Ключевые слова: динамика вращающегося тела, теорема Пуансо о средней оси, эффект Джанибекова.

Эффект Джанибекова — это яркая демонстрация теоремы Пуансо о неустойчивости вращения тела вокруг оси со средним главным моментом инерции [1]. Первым на него обратил внимание космонавт В. А. Джанибеков в 1985 году, работая на станции «Салют-7». Гайка-барашек, закрученная вокруг своей оси в условиях невесомости, делает несколько оборотов, а потом резко переворачивается лепестками в противоположную сторону, не меняя направления вращения, и такие перевороты лепестков повторяется периодически [2].

Демонстрация этого эффекта в земных условиях обычно делается следующим образом. Берется прямоугольная коробка с разными размерами по всем трем измерениям и подбрасывается с вращением вокруг каждой из осей. Вращение вокруг осей с наименьшим и наибольшим моментами инерции оказывается устойчивым, а устойчиво завращать коробку вокруг оси со средним моментом инерции не получается: ее полет выглядит беспорядочным. К сожалению, полет коробки происходит слишком быстро, однако его можно рассмотреть, засняв на скоростную камеру.

При изучении теоремы Пуансо по нашему мнению недостаточно ограничиться математическим выводом и бросанием коробки, требуется еще качественно объяснить явление. Такое объяснение предложил известный американский математик Терри Тао [3]. Рассматривается крестовина с двумя парами грузов на концах, легкими и тяжелыми, на которую не действуют внешние силы и моменты сил. Поэтому ее момент импульса будет сохраняться. Осью со средним моментом инерции является ось, проходящая вдоль переключины с легкими грузами,

и пусть крестовина вращается вокруг этой оси, так что тяжелые грузы движутся по окружности. Основной вклад в величину момента импульса обеспечивают тяжелые грузы, поэтому они и дальше почти не будут менять своего вращения, и в нулевом приближении мы можем считать их угловую скорость постоянной. Перейдем в неинерциальную систему отсчета, вращающуюся с этой угловой скоростью. Допустим, что перекладина с легкими грузами отклонилась от оси вращения на малый угол α . Тогда на грузы будет действовать центробежная сила, момент которой будет разворачивать перекладину и дальше, при этом центробежная сила будет расти. Когда перекладина развернется на 90° , центробежная сила достигнет максимума, но ее плечо уменьшится до нуля. Легкие грузы по инерции проскочат это положение, теперь момент центробежной силы будет их тормозить, и в итоге перекладина с ними развернется почти на 180° , остановившись под углом α к оси, после чего движение перекладины повторится в обратную сторону.

Для закрепления этого объяснения желательнее сделать соответствующую ему модель. Можно взять небольшую пластиковую банку и вставить в нее две трубки, массивную и легкую. Концы легкой трубки помечаются изолентой разных цветов. Когда такое тело подбрасывается вверх с закручиванием вокруг легкой трубки, направление этой трубки успевает смениться два или три раза, что хорошо видно на скоростной видеосъемке.

Переворачивание перекладины можно также наблюдать на установке, имитирующей эффект Джанибекова. Основу этой установки составляет рама с массивными грузами, вращающаяся вокруг фиксированной горизонтальной оси. На этой раме на перпендикулярной оси закреплено коромысло с парой легких грузов. В начале опыта коромысло разворачивается вдоль рамы, а затем рама резким движением приводится во вращение. При этом коромысло разворачивается перпендикулярно раме, по инерции поворачивается дальше, останавливается и движется в обратном направлении, совершая своеобразные колебания, что и демонстрирует эффект Джанибекова. Если бы потерь не было, эти колебания в согласии с теорией были бы незатухающими. Однако в сравнении с опытами, которые делались в невесомости, эти колебания довольно быстро затухают даже при использовании качественных подшипников. Но каков тогда источник потерь? Обсуждение этого вопроса с учащимися естественно завершит серию экспериментов по этой теме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика. — М.: Наука, 1988, §37.
2. Dzhaniybekov effect demonstration in microgravity, NASA. (Tennis racket theorem). — URL: <https://www.youtube.com/watch?v=1x5UiwEEvpQ> (дата обращения: 29.12.2023).
3. The «Dzhaniybekov effect» — an exercise in mechanics or fiction? Explain mathematically a video from a space station. — URL: <https://mathoverflow.net/questions/81960/the-dzhaniybekov-effect-an-exercise-in-mechanics-or-fiction-explain-mathematically> (дата обращения: 29.12.2023).

ООО «Новая школа», г. Новосибирск

Поступила в редакцию 29.12.23.

К. А. КОХАНОВ

О ФОРМИРОВАНИИ ПОНЯТИЯ КОГЕРЕНТНОСТИ СВЕТОВЫХ ВОЛН

Обсуждается необходимость детального рассмотрения когерентности световых волн в школьном курсе физики.

Ключевые слова: волновая оптика, интерференция, когерентность.

Традиционно знакомство учащихся с явлением интерференции света связано с одним или несколькими наблюдениями (с использованием двойной щели, бипризмы Френеля, тонких пленок, тонких воздушных слоев и др.). Соответствующие опыты позволяют формировать у учащихся достаточно внятные представления о явлении, демонстрировать справедливость теоретических положений. Однако с точки зрения формирования полной картины о явлении названные опыты недостаточны.

Отдельного внимания требует освоение понятия когерентности световых волн. В противном случае, часто встречающееся утверждение, о том, что «при наложении света от двух нелазерных источников интерференция не наблюдается» [1, с.310], может быть истолковано неверно, то есть буквально так, что от двух одинаковых лазерных источников интерференция будет непременно наблюдаться. Между тем, простой опыт показывает, что интерференционная картина, полученная в результате прохождения лазерного пучка через собирающую линзу (см. рис. 1), при наложении на другую такую же картинку НЕ дает новых интерференционных эффектов, даже если длины волн лазеров будут совпадать.

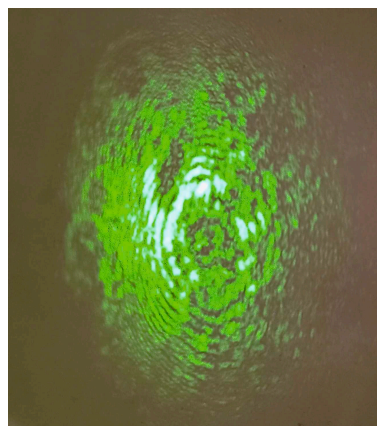


Рис. 1. Интерференционная картина от одного лазерного пучка, расширенного с помощью собирающей линзы

Обсуждение опыта, во-первых, позволяет глубже раскрыть содержание понятия когерентности: при наложении двух лазерных пучков «новая» интерференционная картина в действительности формируется, но в течение очень малого времени — времени когерентности, составляющем миллионные доли секунды; во-вторых, позволяет поставить вопросы, которые могут послужить мощным мотивом к более глубокому анализу световых явлений, но уже с точки зрения квантовых идей:

будет ли наблюдаться интерференция, если в опыте будет участвовать по одному фотону от каждого лазера? (ДА, [2, с. 55, 69], хотя такая постановка вопроса и не вполне корректна.) Интерферируют ли при этом фотоны друг с другом? (НЕТ, по утверждению Дирака, каждый фотон интерферирует только с самим собой, интерференция между различными фотонами невозможна [2, с. 64]) и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. — М.: Наука, 1995. — 512 с.
2. Гринштейн Дж., Зайонц А. Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики. — Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2008. — 400 с.

Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одаренных школьников»

Поступила в редакцию 03.01.24.

В. В. МАЙЕР, Е. И. БАРАКСИНА, Е. А. ШИРОБОКОВА

ПРОСТЫЕ ОПЫТЫ ПО ДИФРАКЦИИ СВЕТА ДЛЯ ВНЕУРОЧНОГО ЗАНЯТИЯ В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ

Разработана серия демонстрационных опытов для внеурочного занятия в основной школе, посвященная явлениям дифракции, которые каждый школьник может наблюдать в повседневной жизни.

Ключевые слова: внеурочное занятие, дифракция света, демонстрационные опыты.

Проблема: каким должно быть содержание учебного эксперимента на внеурочном занятии по физике в основной школе, чтобы школьники смогли понять, что собой представляет дифракция света, осознать научную и практическую значимость дифракционных явлений и восхититься их красотой?

Опыт 1. Дифракция света на щели. Пучок света от полупроводникового лазера направляют на расположенный на расстоянии около метра от него белый экран. Перекрывают пучок раздвижной щелью на диске шириной несколько миллиметров. Вращением винта постепенно уменьшают ширину щели. При этом школьники наблюдают, что ширина пятна на экране также уменьшается. Продолжают сужать щель и видят, что уменьшается не только ширина пятна на экране, но и его

яркость. Ничего удивительного в этом нет, так как через более узкую щель проходит меньше света.

Но, начиная с некоторой ширины щели, школьники видят, что дальнейшее ее уменьшение приводит не к сужению пятна на экране, а напротив, к его расширению. Кроме того, наблюдения показывают, что из пятна вырастают световые усы, перпендикулярные щели, и на них через равные промежутки возникают разрывы, в которые свет не попадает (дифракция Фраунгофера). Равные расстояния между разрывами на усах растут при сужении щели. При этом яркость картины на экране непрерывно снижается [1].

Опыт 2. Дифракция света на проволоке. На диске перпендикулярно щели закрепляют медную проволоку, диаметр которой равен ширине щели. При этом на экране перпендикулярно первой появляется вторая гораздо более слабая дифракционная картина, которая полностью подобна первой. Из опыта следует, что свет дифрагирует не только на щели, но и на непрозрачной проволоке, причем размеры получающихся на экране картин совершенно одинаковы, если одинаковы ширина щели и поперечник проволоки (теорема Бабине) [2].

Опыт 3. Эриометр Томаса Юнга. Английский физик Т. Юнг более 200 лет назад первым нашел практическое применение дифракции света. Он догадался, что беспорядочно расположенные в плоскости отрезки проволоки дадут дифракционную картину в виде концентрических колец. Измеряя радиусы темных колец этой картины, можно определить диаметр проволоки. Проведя научное исследование проблемы, он изобрел *эриометр* — прибор для определения однородности и толщины волос овечьей шерсти. Моделируют эриометр Юнга, введя в пучок лазерного излучения плоский клубок тонкой (диаметром около 0,03 мм) проволоки. На экране наблюдают дифракционную картину из нескольких концентрических светлых и темных колец, причем расстояния между соседними темными кольцами одинаковы [2].

Опыт 4. Дифракция света на ликоподии. Прделанные опыты наводят на мысль, что множество одинаковых беспорядочно расположенных в плоскости препятствий дает на экране такую же по размерам дифракционную картину, как одно из этих препятствий, но во много раз более яркую. Чтобы проверить эту догадку, на прозрачную пленку наносят в один слой *ликоподий* — это легкий сыпучий порошок, состоящий из мелких примерно одинаковых непрозрачных шариков желтого цвета. Глядя через пластинку на лампу накаливания, наблюдают яркую дифракционную картину, которая представляет собой центральное белое пятно, вокруг которого чередуются разноцветные дифракционные кольца [2].

Опыт 5. Рассеяние света густым туманом. Стекланный сосуд объемом 0,5 л с чистыми стенками ополаскивают водой, вводят внутрь него разрядник пьезоэлектрической зажигалки и производят несколько разрядов. Затем отверстие сосуда закрывают резиновой пробкой с металлическим патрубком, который силиконовым шлангом соединен с

насосом. Пучок света от светодиодного фонаря сбоку направляют на стеклянный сосуд и обращают внимание школьников, что этот пучок не виден. Накачивают в сосуд воздух до тех пор, пока из него не вылетит пробка. Наблюдают, что внутри сосуда появляется густой туман и становится видимым проходящий через сосуд пучок белого света. Обнаруженное явление называется *рассеянием света* [3].

Опыт 6. Дифракция света на однородном тумане. Чтобы получить однородный туман, состоящий из капель жидкости примерно одинакового размера, насос нужно заменить резиновой грушей. Источником света в этом опыте является мощный светодиод, дающий белое излучение. Оно фокусируется линзой на отверстие в белом экране. Для получения тумана в колбе ионизируют воздух, закрывают колбу пробкой, резиновой грушей повышают давление воздуха, а затем резко снижают его. При этом наблюдают, что вокруг отверстия в экране возникает белый ореол. Это уже известное школьникам явление рассеяния света, которое происходит в направлении распространения светового пучка, а не поперек него, как это было в предыдущем опыте. Циклы сжатия воздуха в колбе и снятия давления повторяют несколько раз и показывают обучающимся, как постепенно появляется красочная картина разноцветных дифракционных колец [4, 5].

Научная новизна работы состоит в выделении такой серии простых и доказательных демонстрационных опытов по дифракции света, которая представляет собой систему, необходимую и достаточную для того, чтобы во внеурочном занятии в основной школе познакомить учащихся с фундаментальными дифракционными явлениями, раскрыть их научную и практическую значимость, показать красоту этих явлений.

Исследование выполнено на базе Федеральной инновационной площадки «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. Майер В. В., Вараксина Е. И. Экспериментальное исследование луча света // Потенциал. — 2011. — № 11. — С. 72–80.
2. Майер В. В., Вараксина Е. И. Эриометр Юнга как объект учебного исследования в ученическом проекте // Учебная физика. — 2013. — № 2. — С. 10–25.
3. Майер В. В. Зеленый туман // Квант. — 1990. — № 4. — С. 47–51.
4. Майер В. В., Мамаева Е. С. Демонстрация дифракции света на тумане // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 17. — М.: ИОСО РАО, 2003. — С. 39–41.
5. Майер В. В., Вараксина Е. И. Совершенствование демонстрации дифракции света на тумане // Учебная физика. — 2023. — № 4. — С. 18–25.

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

Поступила в редакцию 11.01.24.

Л. М. МОНАСТЫРСКИЙ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШКОЛЬНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Предлагается экспериментальная работа в физическом практикуме для учащихся 10–11 классов. В ней определяется плотность твердых тел и жидкостей методом гидростатического взвешивания на электронных весах.

Ключевые слова: плотность тела, метод гидростатического взвешивания.

Если измерить плотность твердого тела более или менее просто, то измерение плотности жидкости представляет собой достаточно непростую задачу. Известно, что при погружении тела в жидкость, его вес

$$P = \rho_{\text{т}} V_{\text{т}} g$$

уменьшается на величину выталкивающей силы (силы Архимеда)

$$F_{\text{А}} = \rho_{\text{ж}} V_{\text{т}} g,$$

равной весу вытесненной этим телом жидкости. Увеличение силы, с которой жидкость с погруженным в нее телом давит на опору, то есть на весы, равно по модулю силе Архимеда $\Delta P = F_{\text{А}}$. Зная величину силы Архимеда, можно по величине плотности тела (или жидкости) вычислить плотность жидкости (или опущенного в нее тела):

$$P_{\text{т}} = \rho_{\text{т}} V_{\text{т}} g; \quad \Delta P_{\text{ж+т}} = \rho_{\text{ж}} V_{\text{т}} g \quad \rightarrow \quad \frac{P_{\text{т}}}{\Delta P_{\text{ж+т}}} = \frac{\rho_{\text{т}}}{\rho_{\text{ж}}}.$$

При определении плотности твердых тел удобно брать в качестве жидкости дистиллированную воду, плотность которой составляет $\rho_{\text{в}} = 0,998 \text{ г/см}^3$ при 20°С . Следовательно,

$$\rho_{\text{т}} = \rho_{\text{в}} \frac{P_{\text{т}}}{\Delta P_{\text{в+т}}}.$$

В ходе выполнения лабораторной работы заполняется табл. 1.

Далее определяли плотность и материалы, из которых изготовлены контрольные образцы. Используя тело, плотность которого определили, нашли гидростатическим взвешиванием плотность неизвестной жидкости и сравнили с табличным значением.

Таблица 1

№ тела	Показания весов при взвешивании		Вычисленная плотность тела ρ_T , г/см ³	Интервал значений плотности с учетом границ погрешности $[\rho_{\min}; \rho_{\max}]$, г/см ³	Металл, из которого сделано тело, и его плотность, г/см ³
	тела m_T , г	стакана с водой и погруженным в него телом $\Delta m_{в+т}$, г			

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутиков Е. И., Кондратьев А. С. Физика: учеб. пособие; в 3 кн. — М.: Физматлит, 2001.
2. Гольдфарб Н. И. Физика. Задачник. 9–11 кл.: пособие для общеобразоват. учеб. заведений. — М.: Дрофа, 2000. — 368 с.

Южный федеральный университет

Поступила в редакцию 29.12.23.

Н. С. ПЩЕЛКО, О. С. ПЩЕЛКО, А. Б. ЦЫГАНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ФАРАДЕЯ

Дано краткое изложение сути эффекта Фарадея. Предложено для учебных экспериментов использовать стержни из тербий–галлиевого граната. Рассмотрены некоторые процедуры измерений.

Ключевые слова: магнитное поле, эффект Фарадея, плоскость поляризации, постоянная Верде, тербий–галлиевый гранат, измерения.

Эффект Фарадея представляет интерес не только с точки зрения его возможных практических применений, но и демонстрирует тесную взаимосвязь различных разделов физики. При изучении курса физики эта взаимосвязь обычно демонстрируется на примере электрических и магнитных полей [1]. Открытие в 1845 году эффекта Фарадея стало первым доказательством прямой связи оптических и электромагнитных явлений.

Плоскость поляризации света, прошедшего путь l в чувствительной к магнитному полю среде, поворачивается на некоторый угол $\theta = VB l$, где V — постоянная Верде, зависящая от длины световой волны и характеристик вещества, B — индукция поля.

Эффект Фарадея становится заметным только в сильных магнитных полях (около 1 Тл) и далеко не во всех веществах. Наши эксперименты показали, что для учебных целей, при отсутствии практической возможности создавать сверхсильные магнитные поля, наиболее

подходящими магниточувствительными образцами являются стержни из тербий–галлиевого граната ($Tb_3Ga_5O_{12}$). В первой части предлагаемых исследований стержень помещается внутри соленоида с индукцией 0,1–0,2 Тл и по результатам измерения угла поворота с помощью поляризатора и анализатора (поляризационные пластинки, обычно имеющиеся в лабораторных комплектах по оптике), вычисляется константа Верде. Затем стержень помещается внутрь кольцевого неодимового магнита и по результатам измерений угла поворота плоскости поляризации рассчитывается индукция внутри магнита. В качестве источника света нами использовался маломощный учебный лазер с длиной волны 650 нм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пщелко Н. С. Физика. Специальные разделы: техническое использование электростатики. Учебное пособие. Сер. 76. Высшее образование. (2-е изд., испр. и доп). — Москва, 2020.

ФГКВООУ ВО «Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации

Поступила в редакцию 31.12.23.

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

ИЗМЕРЕНИЕ ОБРАТНЫХ ТОКОВ ДИОДОВ И ТРАНЗИСТОРОВ

Рассмотрены возможности измерения малых обратных токов кремниевых $p-n$ -переходов. Показано, что существует возможность измерения токов менее 0,1 нА. Разработаны процедуры расчета характеристик исследуемых материалов и приборов.

Ключевые слова: кремниевые $p-n$ -переходы, измерения, расчеты, малые токи, мультиметр, ширина запрещенной зоны.

В основе работы большинства полупроводниковых приборов лежит использование тех или иных свойств $p-n$ -перехода. Традиционным заданием на лабораторных работах по изучению $p-n$ -перехода является измерение его вольт–амперной характеристики (ВАХ). При этом измерение ВАХ в прямом направлении не представляет трудностей, так как прямое напряжение — порядка 1 В, а прямой ток — обычно десятки мА. При измерении же обратных токов могут возникнуть проблемы, так как в кремниевых $p-n$ -переходах разумной площади обратный ток

может составлять менее 1 нА. По этой причине в лабораторных работах для измерения ВАХ обычно предлагается германиевый $p-n$ -переход. В нем обратный ток хоть и мал, но значительно больше обратного тока кремниевых $p-n$ -переходов, который обычным мультиметром, используемым в качестве миллиамперметра, измерить обычно не удастся.

В то же время современная электроника использует в основном именно кремниевые $p-n$ -переходы. Поэтому в разработанной лабораторной работе предлагается измерять малые токи, используя мультиметр нестандартно: его следует включить в режим вольтметра на пределе 200 мВ. При этом возможно измерение напряжения до 0,1 мВ. Учитывая, что сопротивление мультиметра в этом режиме постоянно и равно 10 МОм, оказывается, что возможно измерение токов вплоть до $0,1 \text{ мВ} / 10 \text{ МОм} = 0,01 \text{ нА}$. Используя такой способ измерения, в предлагаемой лабораторной работе измеряется зависимость обратного тока от температуры, а также обратный ток коллектора биполярного транзистора. По результатам измерений рассчитывается ширина запрещенной зоны кремния и коэффициент передачи тока базы в схеме с общим эмиттером.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пщелко Н. С. Метрологические возможности цифровых мультиметров // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 35. — М.: ИСРО РАО, 2022. — С. 64.

ФГКВОО ВО «Военная орденов Жукова
и Ленина Краснознаменная академия
связи имени Маршала Советского
Союза С. М. Буденного» Министерства
обороны Российской Федерации;
Научно-исследовательский институт «Рубин»

Поступила в редакцию 31.12.23.

А. А. СИБАГАТУЛЛИН

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ РОБОТОТЕХНИКИ В ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ ПО ФИЗИКЕ

Рассматривается возможность применения робототехнических наборов при проведении лабораторных работ на уроках физики в школе, также описан пример одного из возможных экспериментов.

Ключевые слова: робототехника, лабораторная работа, движение тела, сила тяжести, ускорение свободного падения.

Традиционно лабораторные работы по физике, проводимые в рамках школьного курса, выполняются при помощи простого не цифрового и не программируемого оборудования. Но человечество не стоит на месте, развитие науки и техники приводит к созданию новых устройств,

которые проникают в жизнь современного человека. И это сказывается на обучении детей в школе.

Все больше образовательных учреждений закупают современное оборудование, такое как интерактивные доски и наборы по робототехнике. И оно не должно просто так стоять и пылиться где-нибудь на складе или в шкафах. Его нужно изучать и использовать для различных целей. Например, наборы по робототехнике, которые используют для сборки роботов и проверки написанных алгоритмов, можно использовать и при проведении лабораторных работ на уроках физики. Рассмотрим одну из лабораторных работ, проводимую в 9 классе: «Измерение ускорения свободного падения».

Классически данная лабораторная работа проводится с использованием прибора для изучения движения тел и штатива с муфтой и лапкой. Направляющую, длиной 70 см, закрепляют в лапке штатива, затем устанавливается брусок с двумя магнитами. Магнитные датчики прикрепляют к направляющей на определенном расстоянии друг от друга и посредством падения бруска находят временной интервал падения. У данной установки есть ряд недостатков, например, со временем магнитные датчики или магниты на бруске могут прийти в негодность, что приведет к большим трудностям при проведении измерений. Рассмотрим установку для измерения ускорения свободного падения, собранную на основе набора *LEGO Mindstorms NXT*.

Для создания установки потребовался один набор *LEGO Mindstorms NXT*, металлический и резиновый шары диаметром 2 см. Основная часть установки — микрокомпьютер с подключенными к нему сервомотором и двумя датчиками касания (рис. 1).

На сервомоторе *A* закреплена лапка, также собранная из деталей набора. Принцип действия этой системы довольно прост. При запуске программы на микрокомпьютере система переходит в режим ожидания. При нажатии на датчик касания *1* происходит запуск таймера на микрокомпьютере и поворот лапки на 45 градусов, что приводит к падению шарика. Предмет падает в желоб, на дне которого закреплен датчик касания *2*. После нажатия на датчик *2* происходит остановка таймера, что свидетельствует о завершении падения (рис. 2).

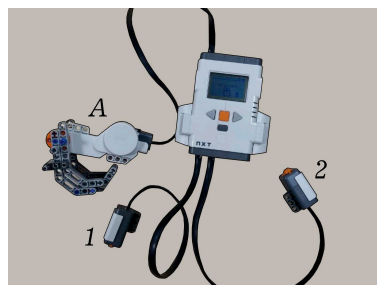


Рис. 1. Микрокомпьютер, сервомотор и датчики касаний

Расстояние, которое пролетает шарик, составляет 70 см. Микрокомпьютер измеряет время в миллисекундах. Посредством дальнейших расчетов можно определить ускорение свободного падения. Рассмотрим достоинства и недостатки данной установки.

Из достоинств стоит отметить большой интерес у учащихся к работам с конструктором и написанию программ. В данной лабораторной работе ученики сами собирают установку, пишут программу для нее, измеряют необходимые величины, исправляют конструкцию установки (при необходимости). Работы данного типа способствуют большей заинтересованности учеников в изучении физики, позволяют творчески подойти к созданию конструкции и знакомят с основами программирования.

Из недостатков можно выделить конструкцию данной установки. В процессе проведения измерений были получены следующие значения времени падения: 400, 410, 412 мс. При расчете ускорения среднее значение составило порядка 8 м/с^2 , табличное значение составляет $9,81 \text{ м/с}^2$. Дальнейший совместный анализ конструкции показал, что при нажатии на датчик 1 таймер запускается мгновенно, в то время как лапка поворачивается с небольшим опозданием. Это опоздание составляет менее 0,1 секунды. При падении шарика на датчик 2 также происходит небольшая задержка, равная времени нажатия, примерно 0,05 секунды. Принимая в расчет эти факторы, было предложено два способа изменения конструкции.

Первый заключается в том, чтобы задать запуск таймера не нажатием на кнопку датчика 1, а непосредственно самим поворотом лапки. Программное обеспечение, благодаря которому была создана данная система предоставляет такую возможность запуска таймера.

Второй заключается в том, чтобы задействовать дополнительный датчик. Набор помимо двух датчиков касания содержит датчик расстояния. Было предложено закрепить датчик сразу под лапкой, и задать запуск таймера непосредственно при наблюдении датчиком объекта. Тогда, рассчитав расстояние от датчика до желоба, можно было бы гораздо точнее измерить ускорение свободного падения.

Применение наборов по робототехнике не ограничивается только информатикой или только физикой, способы их применения зависят от учителя и его целей. Сама установка тоже может иметь различные ва-

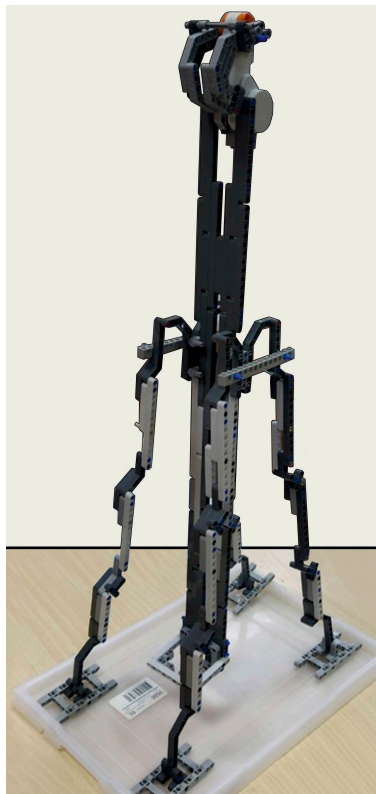


Рис. 2. Одна из возможных моделей установки

рации. Но главное, что эту установку соберут сами ученики, сами ее запрограммируют и сами проведут все измерения, что даст незабываемый опыт и подтолкнет учащихся к изучению наук на более глубоком уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования / Министерство образования и науки Российской Федерации. — 5-е изд., перераб. — М.: Просвещение, 2016. — 62 с.
2. Никитина Т. В. Образовательная робототехника как направление инженерно-технического творчества школьников: учебное пособие. — Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2014. — 169 с.
3. Калегин А. А. Современный урок робототехники в общеобразовательной школе / А. А. Калегин, Д. В. Кузнецов // Молодые исследователи — современной науке. — Петрозаводск, 2022. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49302671> (дата обращения: 24.12.2023).

Южно-Уральский государственный
гуманитарно-педагогический
университет

Поступила в редакцию 31.12.23.

М. Д. СОЛДАТЕНКОВА, К. О. ТЕПЛЯКОВА, М. А. ЛАЗАРЕВ,
К. О. СЕДЫХ, Е. Б. ПЕТРОВА, Г. М. ЧУЛКОВА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗАДАЧА ПО ФИЗИКЕ «СТРОБОСКОПИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМАРТФОНА»

Предлагается экспериментальная задача по физике в рамках образовательной системы, основанной на погружении учащихся в экспериментальную деятельность, а также научные и технические исследования.

Ключевые слова: экспериментальная задача по физике, новые технологии.

В Московском педагогическом государственном университете (МПГУ) уже много лет ведется просветительская деятельность. Коллектив в составе преподавателей, талантливых ученых и мотивированных студентов работает над созданием инновационной образовательной системы, основанной на активном погружении учащихся в экспериментальную деятельность, научные и технические исследования, обеспечивающие новый уровень качества физического образования школьников и студентов педагогов — физиков. Мы хотим представить вниманию

коллег одну из экспериментальных задач по физике, подготовленную коллективом авторов.

Итак, для эксперимента учащимся требуется смартфон с возможностью съемки в режиме стробоскопа (освоение функции смартфона fps), тауматроп «птичка в клетке», волчки, светодиоды разного цвета, зажимы типа «крокодил», легкий источник питания (батарея), провода.

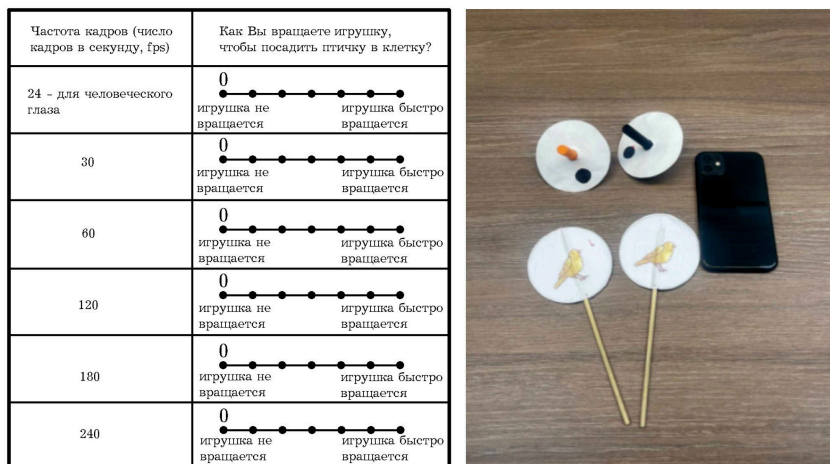


Рис. 1

Камера смартфона может работать в режиме стробоскопа и есть функция изменения количества кадров в единицу времени, выводящихся на экран устройства при фотографии и записи видео. Характерные значения этой величины: $30\ fps$ — такая частота кадров часто ассоциируется с телевизионной съемкой. Ее используют в прямых трансляциях на телевидении и съемке спортивных событий, видео получается более плавным. Для ускоренной съемки применяют частоту $50/60\ fps$. Она позволяет реализовать эффект замедленного движения. Для отображения быстротекущих зрелищных моментов, например, взрывов в боевиках, используют $120\ fps$. Эта частота позволяет создать эффект плавного замедленного движения. Камера захватывает определенное количество изображений за секунду, собирает их воедино, и наш мозг распознает эту последовательность как движение.

Задание 1. Вращая игрушку, посадите птичку в клетку. Выполните то же задание, используя камеру телефона с разными характеристиками: $30, 60, 120, 240\ fps$.

Решая задание 1, учащиеся пробуют установить экспериментальную зависимость для частоты кадров (числа кадров в секунду) и скорости вращения игрушки (рис. 1). Предлагается рассмотреть частоты $24, 30, 60, 120, 180$ и 240 . Начальная точка отрезка «0» означает, что игрушка стоит, конечная точка отрезка соответствует наибольшей

скорости вращения игрушки. Экспериментируя в командах, ребята приходят к выводу, что с увеличением частоты кадров необходимо увеличивать скорость вращения тауматропа для того, чтобы увидеть птичку в клетке. Результаты своего эксперимента школьники отображают на карточках (вариант карточки представлен на рисунке).

Задание 2. Еще один вариант — наблюдение вращения колеса. Для опыта используют светодиоды разного цвета. Один светодиод закрепляют в центре колеса, другой — на ободе. Затем подбирают режим вывода количества кадров на экран смартфона. Далее приводят колесо в движение. С первой попытки скорее всего сделать хороший ролик не удастся, поэтому следует проводить съемку при разных значениях f_{ps} .

В полученном видео будут видны траектории движения выбранных точек. Они будут разного цвета, что удобно для дальнейшей обработки. Можно переходить к исследованию движения более сложных объектов. Например, рассмотреть особенности движения человека в процессе ходьбы, бега и прыжков. Для этого нужно закрепить с помощью крокодилов на одежде светодиоды: в районе колена, голеностопного и тазобедренного суставов. Затем, снять видео и провести его анализ. Что может дать такой анализ? По результатам расчетов можно узнать какую работу совершает человек при том или ином виде движения. Например, известно, что некоторые люди имеют «подпрыгивающую» походку. Это означает, что человек при ходьбе совершает большую работу и сильнее устает.

Предложенное практическое занятие, а также данный подход, помогут школьнику научиться формировать свой собственный путь исследования, погружаться в экспериментальную деятельность по физике, моделировать ситуации реального мира, а также достигать высоких предметных результатов.

Московский педагогический
государственный университет

Поступила в редакцию 29.12.23.

М. А. СТАРШОВ

ЕЩЕ ШАГ ЗА МАРИОТТОМ

Повторение простого эксперимента Эдма Мариотта, описанного в середине замечательного семнадцатого столетия, может быть интересно для современных школьников и студентов доступностью и наглядностью.

Ключевые слова: оптика, глаз, слепое пятно, наблюдение, изменение.

В широкой области разнообразных научных интересов одного из великой плеяды ученых XVII века Э. Мариотта естественно, была и

оптика. Исследуя зрение и строение глаза, он обнаружил слепое пятно, участок глазного дна, не чувствительный к свету. Мариотт придумал удивительно простой способ наблюдения этого свойства глаза.

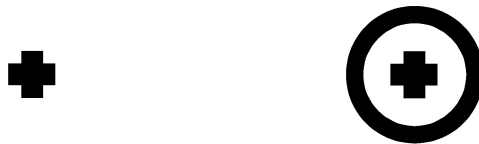


Рис. 1

Глядя левым глазом на крест в кольце (рис. 1) и меняя расстояние до картинке, можно «потерять» из вида левый крестик. Повернув рисунок на 180 градусов, так же находим слепое пятно правого глаза.



Рис. 2

Рисунок позволяет изменить опыт Мариотта (рис. 2): просто переводя левый глаз с одного черного кружочка справа на соседний, то видим самый левый кружок, то теряем его из вида на одном и том же удалении прибора от глаза.

Сам же Мариотт публично демонстрировал фокус еще более эффектно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Льюцци М. История физики. — М.: Мир, 1970.

Саратовский национальный
исследовательский государственный
университет им. Н. Г. Чернышевского

Поступила в редакцию 09.12.23.

КОМПЬЮТЕР В УЧЕБНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Н. В. АЛЕКСАНДРОВА, Н. Н. ВЗОРОВ, В. А. КУЗЬМИЧЁВА,
А. В. ШУТОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В ЛАБОРАТОРНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ

Обсуждаются функциональные особенности и свойства виртуальных приборов, возможность их использования в лабораторном физическом практикуме. Представлен опыт применения таких приборов.

Ключевые слова: виртуальные приборы, лабораторный практикум, виртуальный осциллограф, дистанционное обучение.

С развитием компьютерных технологий совершенствуются, в том числе и методики цифровых экспериментов и измерений. Сформировался новый класс приборов — виртуальные. Виртуальные измерительные приборы представляют собой комбинацию персонального компьютера, универсальных аппаратных средств ввода–вывода сигналов и специализированного программного обеспечения.

Использование виртуальных приборов в физическом лабораторном практикуме определяется их функциональными особенностями и свойствами. К ним можно отнести: моделирование большого количества разнообразных процессов, сложно воспроизводимых в стандартных лабораторных условиях; безопасность для студентов; возможность проведения большого количества измерений и их статистической обработки; доступная визуализация процессов; использование при дистанционном обучении; отсутствие поломок и износа приборов; масштабирование лабораторных работ; высокая точность измерений; интуитивно понятный интерфейс; удешевление стоимости оборудования.

В первую очередь для применения в лабораторном практикуме по физике стоит рассмотреть многофункциональные приборы: виртуальные осциллограф и генератор, а также измерительные электрические приборы: амперметр, вольтметр, омметр и т. д. На рынке представлены в том числе и целые виртуальные лаборатории.

Среди множества виртуальных приборов особо выделяется *Sound-card Oscilloscope* (рис. 1) [1]. Это бесплатное для личного пользования приложение, фактически превращающее компьютер в двухканальный осциллограф, двухканальный генератор звуковых частот, анализатор спектра. Выходной сигнал генератора может быть различной формы: синусоидальный, прямоугольный, пилообразный, треугольный. Так как оцифровка и генерация сигнала компьютера происходит с помощью звуковой карты, частотные характеристики и выходная мощность ограничены. Но обычно частота не менее чем от 20 до 20000 Гц. Чувствительность осциллографа определяется входным уровнем микрофонного

входа. Также особенностью применения звуковой карты является единый «общий» провод генератора и осциллографа.

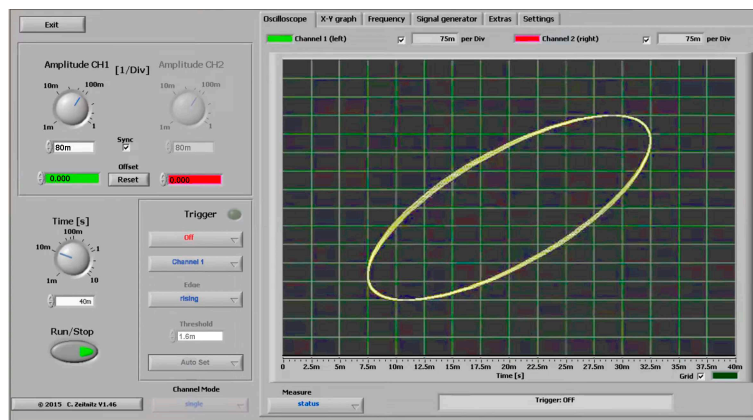


Рис. 1. Общий вид экрана *Soundcard Oscilloscope*

Данная программа может использоваться в лабораторных работах по изучению колебаний, переменного тока и других.

Необходимо отметить и некоторые недостатки виртуальных приборов. Основным является отсутствие практического навыка пользования реальными приборами в результате выполнения лабораторных работ. Как бы интерфейс программы не был приближен к панели стандартных приборов, имеются значительные отличия при подключении устройств и проведении измерений.

Применение виртуальных приборов было апробировано при длительном дистанционном обучении в пандемию [2]. Стоит отметить успешность подобного опыта. Планируется использование данного класса приборов и в очном обучении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Soundcard Oscilloscope // Christian Zeitnitz: [сайт]. — URL: https://www.zeitnitz.eu/Scope_en (дата обращения: 25.12.23).
2. Александрова Н. В., Взоров Н. Н., Кузьмичёва В. А., Шутов А. В. Самостоятельное исследование студентов «Измерение начальной магнитной проницаемости ферромагнитных сердечников» в условиях дистанционного обучения // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 37. — М.: ИСРО РАО, 2023. — С. 90–92.

Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»;
Российский университет
транспорта (МИИТ)

Поступила в редакцию 09.01.24.

О. С. ГИБЕЛЬГАУЗ, Т. А. ДОМНЕНКО, А. С. КАНАКИНА,
А. А. ШАПОВАЛОВ

ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ КИНЕМАТИКИ

Предлагается вводить основные кинематические понятия одновременно на базе опытов с компьютеризированным датчиком расстояния.

Ключевые слова: понятия кинематики, компьютеризированный датчик расстояния, демонстрационный эксперимент.

Учащимся, приступающим к изучению физики, и на бытовом уровне, и из курса математики уже известны понятия равномерного и неравномерного движения и их количественных характеристик — скорости равномерного движения, средней скорости. Между тем, на их формирование в курсе физики отводится значительное время. Более того, в знаменитых фейнмановских лекциях этим понятиям отводится еще большее внимание и время [1].

Экспериментальный подход к изучению физики предполагает, что в школе введение данных понятий, а в дальнейшем понятий равнопеременного движения и ускорения, должно сопровождаться опытами. Опыты обычно проводятся с помощью легкоподвижной тележки с установленным на ней отметчиком времени, например, капельницей [2].

Цель больших временных затрат должна состоять не только в систематизации основных понятий кинематики, но и в знакомстве учащихся с методом введения большой группы аналогичных с формальной точки зрения величин.

Современные способы сбора, обработки и отображения информации с помощью компьютеризированных датчиков позволяют изменить методику введения рассматриваемых понятий, по крайней мере, в классах с углубленным изучением физики.

Для этого достаточно провести опыт с тележкой или мячиком, скатывающимися с наклонной плоскости, а затем движущимися по горизонтальной поверхности до остановки так, чтобы рассматриваемое тело все время находилось в зоне действия датчика движения. Опыт проводится очень быстро и тем самым высвобождается значительное время на анализ полученных данных. На глазах учащихся в автоматическом режиме формируется таблица, в столбцах которой отображаются координаты исследуемого тела через наперед заданные малые промежутки времени и строится соответствующий график. На рис. 1 приведены фрагмент таблицы и график зависимости координаты (положения) мячика, движущегося в направлении датчика движения. Обработка данных проведена в программе *LoggerPro*.

На графике можно выделять участки, соответствующие разным видам движения. Взяв для анализа линейный фрагмент графика и используя соответствующие табличные данные, несложно ввести понятие скорости равномерного движения. Рассмотрение сначала больших, а затем все меньших и меньших интервалов времени позволяет подойти к понятию мгновенной скорости. Анализ участков, представляющих на графике ветви парабол и добавленного столбца в таблице со значениями только что введенной мгновенной скорости, позволяет аналогичным образом ввести понятие ускорения. После обозначенных действий для выделенных участков можно провести аппроксимацию и сразу получить уравнения для решения основной задачи механики.

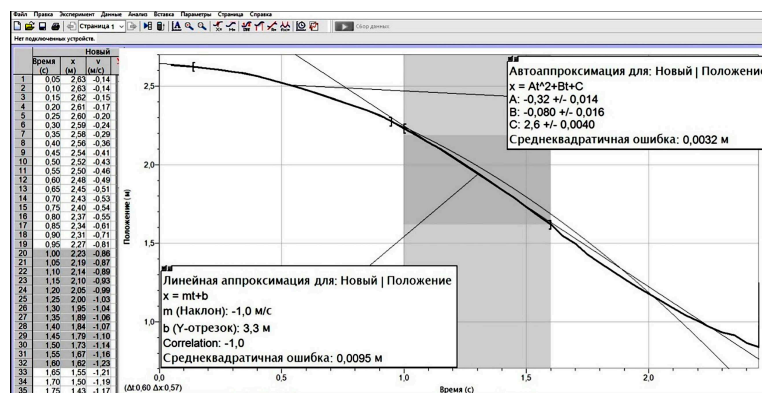


Рис. 1. Таблица и график, отображающие движение мячика в направлении датчика расстояния

Мы полагаем, что понятия скорости равномерного движения, средней скорости, ускорения с опорой на данные подобного эксперимента на уровне основного общего образования можно вводить последовательно на разных уроках, как это принято в настоящее время. Однако, на уровне среднего общего образования все эти понятия лучше повторно вводить на одном уроке. Это будет способствовать лучшему пониманию как сути экспериментального метода исследований, так и роли математики в описании физических процессов. Немаловажную роль будет играть и знакомство с современными устройствами для сбора, обработки и отображения экспериментальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 1. — М.: Мир, 1965. — С. 146–153.
2. Хорошавин С. А. Физический эксперимент в средней школе: 6–7 кл. — М.: Просвещение. 1988. — С. 30–33.

Алтайский государственный педагогический университет

Поступила в редакцию 26.12.23.

Л. В. ГОРЧАКОВ

ОПЫТ КУНДТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WIFI МОДУЛЯ

Предлагается вариант организации дистанционного доступа к лабораторному эксперименту по опыту Кундта на основе отечественного облачного сервиса и сотового телефона.

Ключевые слова: опыт Кундта, микроконтроллер, облачный сервер, сотовый телефон.

Данная работа является завершающей в серии работ [1–3], посвященных опытам Кундта со стоячими звуковыми волнами. На протяжении всех работ сохранялась общая идея метода Кундта, а основной идеей наших работ было использование компьютера и микроконтроллеров для организации и функционирования эксперимента. В процессе исследования менялась как аппаратная, так и программная части работы. В предыдущей работе [3] аспирантом Д. А. Колесниковым был создан портал лабораторных работ на основе сервера *Google*, который позволял выполнять их через браузер. Проблемы с блокировкой сервера пришлось решать путем перехода на другую технологию, которая основана на российской платформе *remotexy*. Она ориентирована на то, что клиент запускает на сотовом телефоне одноименное приложение, которое обращается либо прямо через *WiFi*, либо через сервер к приложению, которое работает на микроконтроллере. Весь интерфейс строится на сотовом телефоне путем передачи с сервера массива данных с описанием интерфейса — описание объектов и их координат на форме, а динамическое обновление его происходит путем периодической передачи массива данных. Построение интерфейса происходит на сайте сервера с последующим сохранением

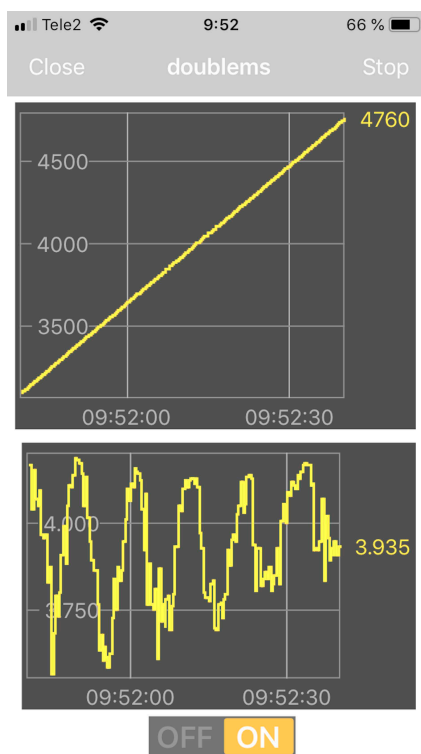


Рис. 1

программы на сервере, а запись в память микроконтроллера программы происходит один раз. На сервере также записывается программа, содержащая графический интерфейс.

На телефоне результат проведения эксперимента выглядит так (рис. 1). Результат приходится выводить в двух графиках, так как объект график имеет единственный формат вывода, когда по оси ординат выводится измеряемая величина, а по оси абсцисс всегда выводится время. Нам же в работе необходим график зависимости амплитуды звука от частоты. Нет возможности вывести такой график и поэтому приходится выводить два графика амплитуда–время и частота–время. А уже из них можно построить график зависимости амплитуда–частота. Во время отладки программы вначале график не строился совсем — выводилась только первая и последняя точки. Это было связано с тем, что для изменения в графике в реальном времени необходимо было переслать с сервера на телефон эти изменения с помощью *RemoteXY_Handler ()*; и использовать задержки, которые не останавливают работу процессора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горчаков Л. В., Колесников Д. А., Печерицын А. А. Акустический интерферометр Квинке и его использование для определения скорости звука // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 31. — М.: ИСРО РАО, 2020. — С. 54–56.
2. Горчаков Л. В., Колесников Д. А. Реальная лабораторная установка с удаленным доступом // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 34. — М.: ИСРО РАО, 2021. — С. 89–91.
3. Горчаков Л. В., Колесников Д. А. Интерактивный дистанционный лабораторный эксперимент // Информация и образование: границы коммуникаций. — 2023. — № 15(23). — С. 428–423.

Томский государственный
университет

Поступила в редакцию 12.10.23.

А. А. ИГНАТОВ, Ю. А. ИГНАТОВА, Д. А. ТИВИРИКИНА

ПРОВЕРКА ЗАВИСИМОСТИ ПЕРИОДА КОЛЕБАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА ОТ ДЛИНЫ НИТИ

В данной работе рассматривается нестандартный способ организации лабораторного занятия «Проверка зависимости периода колебаний математического маятника от длины нити» при обучении физике в рамках получения среднего общего образования. В его основе лежит методика использования персонального компьютера для решения практических задач.

Ключевые слова: лабораторная работа, математический маятник, методика использования персонального компьютера для решения практических задач, программа *Microsoft Excel*.

Физика — наука экспериментальная, поэтому одной из форм проведения занятий является лабораторная работа. Лабораторные работы необходимы для экспериментального подтверждения теоретических законов и зависимостей между физическими величинами. Лабораторные работы как метод обучения во многом носят исследовательский характер, и в этом смысле высоко оцениваются в дидактике. Они пробуждают глубокий интерес к познанию окружающего мира, стремление изучить природные явления, осмыслить описывающие их законы, применить полученные знания к решению практических и теоретических задач. Лабораторные работы способствуют углублению знаний, формированию навыков обращения с физическими приборами и инструментами, создавая предпосылки для технического обучения. Лабораторные работы имеют также важное воспитательное значение, поскольку они дисциплинируют обучающихся, приучают их к самостоятельной работе.

В настоящее время ускорение мира, связанное с появлением новых технологий, знаний, обширным объемом информации требуют от человека быть в курсе всего, что происходит вокруг. Ускоренному (быстро развивающемуся) миру постоянно нужно что-то «новое». Сегодня необходимо делать все быстро: учиться, читать, мыслить и т. д. В сложившихся условиях обучающимся нужно предлагать такой способ организации лабораторных работ, который будет не только соответствовать целям деятельности обучающихся, но и позволит повысить их заинтересованность.

В данной работе рассматривается нестандартный способ организации лабораторного занятия «Проверка зависимости периода колебаний математического маятника от длины нити» при обучении физике в рамках получения среднего общего образования. В его основе лежит методика использования персонального компьютера для решения практических задач. Так как современным обучающимся трудно выполнять монотонную, однообразную работу, обработку результатов измерений

в лабораторных работах предлагается проводить с помощью программы *Microsoft Excel* [3]. Эта программа является удобным средством решения разнообразных расчетных задач и позволяет использовать графические инструменты.

В качестве основы предлагаемой лабораторной работы используются два классических алгоритма выполнения. Один из них, соответствующий базовому уровню изучения физики, представлен на портале Российской электронной школы [1] и положен в основу первой части рассматриваемой лабораторной работы. На портале в рамках приведенной лабораторной работы «Исследование зависимости периода и частоты свободных колебаний нитяного маятника от его длины» проводятся прямые измерения периода колебаний математического маятника для разных длин нити и сравниваются со значениями периода, рассчитанными теоретически.

Авторы предлагают в данном эксперименте использовать графические возможности программы *Microsoft Excel* для визуализации зависимости периода колебаний математического маятника от длины нити, так как графики имеют большое иллюстративное значение. В отличие от табличного материала, который используется для сравнения в варианте работы на портале Российской электронной школы, график дает обобщающий рисунок положения или развития изучаемого явления, позволяет зрительно заметить те закономерности, которые содержит числовая информация. На графике более четко проявляются тенденции и связи изучаемых показателей. Поэтому экспериментальные и теоретические значения периода колебаний удобно сравнивать графически (рис. 1), а не таблично, как это предполагается в классическом варианте лабораторной работы.



Рис. 1

В основу второй части работы положен алгоритм, соответствующий углубленному уровню, который изложен в классическом учебнике физики [2].

Наряду с прямыми могут быть использованы и косвенные измерения. В приводимой лабораторной работе «Определение ускорения свободного падения при помощи маятника» проводятся косвенные изме-

рения ускорения свободного падения на основе зависимости периода колебаний математического маятника от длины нити и оценивается погрешность измерений. В настоящей работе предлагается проводить достаточно громоздкие расчеты ускорения свободного падения, а также оценку погрешности с использованием программы *Microsoft Excel*. Использование компьютерных технологий позволяет сократить время, затрачиваемое на расчеты, и за счет этого провести многократные измерения, уменьшая случайную погрешность измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физика. 11 класс. Урок 1. Механические колебания // Российская электронная школа [сайт]. — URL: <https://resh.edu.ru/subject/lesson/4907/main/78501/> (дата обращения: 31.12.2023).
2. Физика: 11 класс: базовый и углубленный уровни: учебник / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2024. — 432 с.
3. Microsoft Excel // Википедия: Свободная энциклопедия [сайт] — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel (дата обращения: 31.12.2023).

Школа № 115 им. Ю. А. Жданова,
Ростов-на-Дону;
Ростовский государственный
университет путей сообщения

Поступила в редакцию 31.12.23.

А. С. ИСМУХАМБЕТОВА, И. А. КРУТОВА

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА ПО ГИДРАВЛИКЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УМЕНИЙ У БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ

В статье обоснована актуальность формирования у студентов исследовательских умений при выполнении виртуальных лабораторных работ по гидродинамике. Описан пример виртуального лабораторного стенда для изучения перехода удельной энергии в потоке из потенциальной в кинетическую энергию и обратно на напорном трубопроводе переменного сечения по пьезометрам.

Ключевые слова: обучение студентов, гидравлика, виртуальная лабораторная работа, уравнение Бернулли.

Для успешного осуществления профессиональной деятельности будущей инженер должен обладать не только системой физических знаний, но и умениями применять их для решения практически значимых задач, создания новых продуктов и технологий [3]. В основе расчетов

гидравлических машин, гидроприводов сельскохозяйственной техники, систем водоснабжения и водоотведения, мелиорации и гидротранспорта лежат законы гидравлики [1]. Для успешного формирования у студентов необходимых знаний и исследовательских умений необходим лабораторный практикум, который должен предусматривать возможность проведения лабораторных исследований в комплексе с решением практических задач [2].

Необходимость использования компьютерных средств проведения лабораторных работ при изучении такой важной для инженерных направлений подготовки дисциплины как «Гидравлика» обусловлена отсутствием необходимого оборудования, что вызывает значительные трудности у обучаемых при освоении знаний и исследовательских умений. Поэтому внедрение в учебный процесс виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Гидравлика» позволяет не только достичь необходимого образовательного результата, но и сэкономить значительные финансовые средства, требуемые на закупку «реального» учебного оборудования и последующее его техническое обслуживание.

В процессе изучения дисциплины «Гидравлика» целесообразно использовать виртуальный лабораторный комплекс «PROGRAM LAB», который состоит из 8 лабораторных работ и стендов. Рассмотрим одну из виртуальных лабораторных работ «Диаграмма уравнения Бернулли». Цель работы состоит в проверке справедливости уравнения Д. Бернулли на напорном трубопроводе переменного сечения (рис. 1).

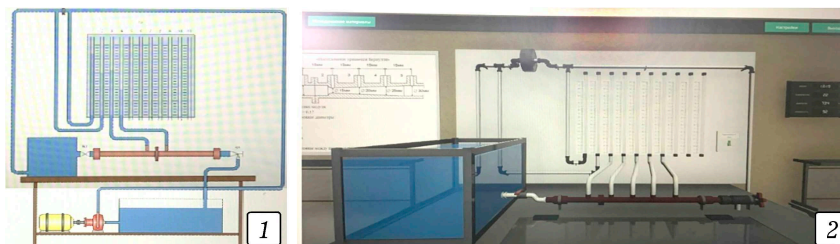


Рис. 1. Лабораторный комплекс по гидравлике: 1 — схема лабораторного стенда; 2 — испытательный стенд

Стенд состоит из двух секций. В нижней секции закреплен исследуемый участок напорного трубопровода. Внутри стенда находится напорный и питательный баки, насосный агрегат, всасывающая и часть напорной магистрали, краны для регулирования воды, органы управления электрической частью стенда. Для поставленной задачи исследования уже определен необходимый модуль, и его замена в рамках одного эксперимента исключается. В состав верхней секции входят: панель с вертикальными пьезометрами PI для измерения давления в поперечных сечениях изучаемых модулей; расходомерная диафрагма DI для измерения расхода жидкости, протекающей через модуль; вентиль VI для регулирования расхода жидкости, протекающей через модуль.

Экспериментальная установка представляет собой участок напорного трубопровода переменного сечения, через который протекает вода с постоянным расходом. Расход контролируется с помощью крана. Для измерения давления в характерных сечениях трубы установлены пьезометры.

Таким образом, лабораторный практикум играет важную роль в процессе обучения будущих инженеров, так как приобретенные при выполнении работ исследовательские умения формируют у них техническое мышление, необходимое в будущей профессиональной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарянина Е. П., Исмухамбетова А. С. Разработка лабораторного практикума для бакалавров инженерных направлений подготовки по учебному курсу «Гидравлика» // Конвергенция современных образовательных политик для решения актуальных проблем общества. Сборник трудов II Международной научно-практической конференции. — Астрахань: Астраханский государственный университет, 2023. — С. 57–60.
2. Суханова М. Д., Крутова И. А., Стефанова Г. П. Компьютерное моделирование как средство подготовки студентов к решению профессионально-ориентированных задач // Физическое образование в ВУЗах. — 2023. — Т. 29, № 2. — С. 159–171.
3. Training university students for the development of innovative products and technologies / I. A. Krutova, G. P. Stefanova, O. Yu. Dergunova, A. S. Ismukhambetova // Proceedings II International Scientific Conference on Advances in Science, Engineering and Digital Education (ASEDU-II-2021). Conference Proceedings, Krasnoyarsk, 28 октября 2021 года. Vol. 2647 A. — Krasnoyarsk: AIP PUBLISHING, 2022. — P. 20021. — DOI 10.1063/5.0104625.

Астраханский государственный
университет имени В. Н. Татищева

Поступила в редакцию 21.12.23.

С. В. МАРКОВ

УЧЕБНАЯ ЦИФРОВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ ПЛАТЫ *ARDUINO MEGA 2560*

Рассматривается возможность создания в условиях школы компьютерной лаборатории на базе платформы *Arduino MEGA 2560* для демонстрационного и лабораторного эксперимента.

Ключевые слова: микроконтроллерная плата *Arduino MEGA 2560*, цифровая физическая лаборатория, цифровые датчики, натурный компьютерный эксперимент, эксперимент по физике.

В современной технике и электронике широкое применение находят микроконтроллеры — небольшие устройства, которые позволяют нам управлять всеми типами систем и устройств. Микроконтроллеры используются во всей современной бытовой технике, робототехнике, медицинских приборах, автомобилях и т. д. Поэтому знакомство

и изучение принципов работы, возможностей и способов применения микроконтроллеров является важным элементом обучения школьников. Повысить заинтересованность учащихся сельских школ в изучении микроконтроллеров можно, например, при разработке учебных лабораторий с применением доступных микроконтроллеров [1] в рамках дополнительного образования технического направления. В статье рассматривается возможность создания в условиях школы компьютерной лаборатории на базе платформы *Arduino MEGA 2560*, которая является более усовершенствованной по сравнению с уже рассмотренной [2].



Рис. 1. Общий вид прибора

Для соединения модулей с *Arduino MEGA 2560* разработана программа, которая позволяет подключать дополнительные модули и датчики. Примеры программ для *Arduino*, размещенные в открытых источниках, общедоступность данной среды, дают широкие перспективы для технического творчества учащихся и учителей. Сети Интернет предлагают информацию по различным датчикам физических величин и программного кода к ним с подробным изложением на понятном для учащихся языке, что позволяет самостоятельно разобраться, каким образом происходит взаимодействие программы, микроконтроллера и подключаемых устройств. Учащимся будет понятен алгоритм, как соединить подписанные на плате разъемы с соответствующим модулем, модернизировать его программный код и внести в общую программу.

В сочетании с другими компонентами и датчиками, прибор позволяет проводить множество экспериментов в области конструирования электронных устройств, прикладного программирования, робототехники. На рис. 1 представлен общий вид изготовленного прибора.

В конструкцию прибора включены пять модулей — генератор импульсов стабильной частоты, вольтметр на базе АЦП К1113ПВ1, блок фотодатчиков, счетчик-частотомер, радио модуль *NRF24L01+*. Управление всеми модулями производится микроконтроллерной платой *Arduino MEGA 2560*.

На рис. 2 изображена общая схема шлейфов и подключенных модулей к микроконтроллерной плате *Arduino MEGA 2560*.

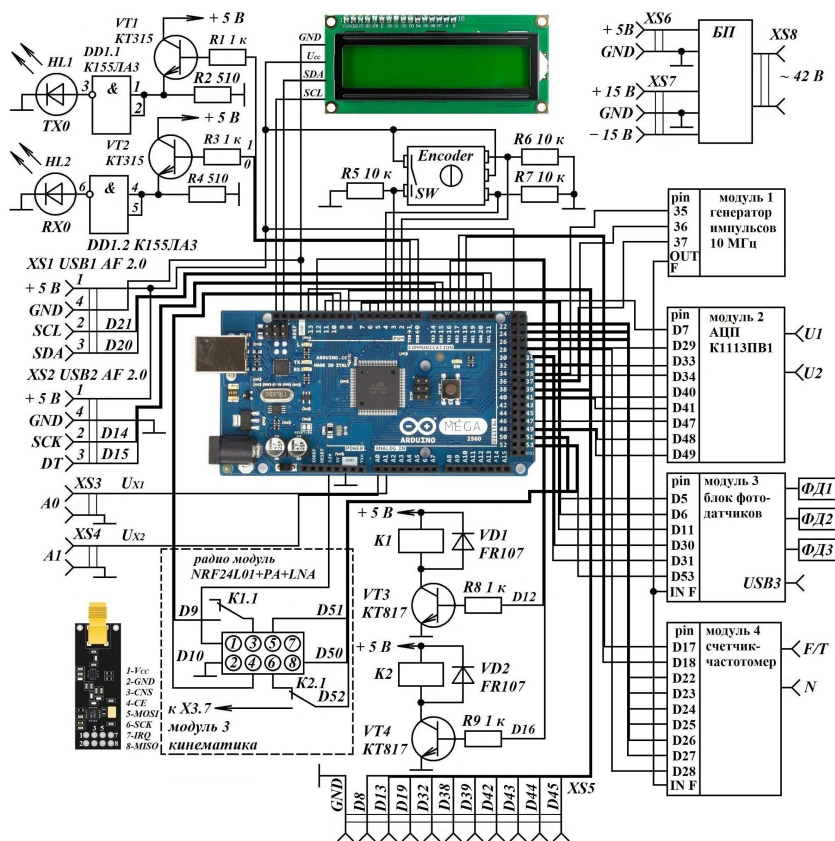


Рис. 2. Общая схема шлейфов и подключенных модулей к микроконтроллерной плате *Arduino MEGA 2560*

Разработанный и изготовленный прибор применяется в демонстрационном и лабораторном эксперименте при обучении физике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марков С. В., Марьин А. Н. Применение микроконтроллерной платы *Arduino UNO* в лабораторном практикуме по физике общеобразовательной школы // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 30. — М.: ИСРО РАО, 2019. — С. 86–88.
2. Марков С. В. Проектирование цифровой физической лаборатории на базе микроконтроллерной платы *Arduino UNO* // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 38. — М.: ИСРО РАО, 2023. — С. 105–107.

Гынская СОШ,
Удмуртская Республика

Поступила в редакцию 27.12.23.

И. В. ТИХОНОВ

**ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС:
ИНДУКЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДВУХ
ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ТОНКИХ КАТУШЕК**

В учебном эксперименте датчиком Холла снимается зависимость модуля магнитной индукции от координаты точки на оси системы из двух одинаковых тонких катушек. Посредством специально разработанной в среде *Lazarus* компьютерной программы результаты эксперимента сравниваются с теоретическим графиком. Программа позволяет выполнить исследование при разных расстояниях между катушками.

Ключевые слова: цифровой образовательный ресурс, магнитная индукция, датчик Холла, тонкие катушки.

В статье [1] подробно описана экспериментальная установка для исследования индукции магнитного поля на оси кругового тока. В качестве объекта исследования была выбрана производившаяся раньше Главтехпромом «Катушка для демонстрации магнитного поля тока» [3].

В эксперименте снималась зависимость магнитной индукции от координаты датчика Холла [4] на оси x , проходящей через центр катушки перпендикулярно ее плоскости. Экспериментальные результаты обрабатывались специальной программой, написанной в среде *Lazarus*, и выводились с соблюдением масштаба на экран монитора в форме изображения разреза катушки и графика искомой зависимости.

В статье [2] та же установка использовалась для исследования магнитного поля катушек Гельмгольца — двух одинаковых тонких катушек, установленных параллельно на расстоянии, равном их радиусу. В качестве катушек Гельмгольца взяты указанные выше демонстрационные катушки.

Используя разработанную нами в среде *Lazarus* программу, обучающиеся обрабатывают данные натурального эксперимента и полученные результаты выводят на экран монитора (рис. 1).

По построенным графикам они делают вывод, что в области между катушками Гельмгольца получается однородное магнитное поле, значения индукции которого совпадает с теоретическим расчетом [5, с. 138–139].

В работе [2] был рассмотрен частный случай, когда расстояние между катушками [3] равно половине диаметра катушки, то есть 7 см.

В настоящей работе программным образом можно менять расстояние между катушками. Результирующую магнитную индукцию получаем методом суперпозиции магнитного поля.

Используя разработанную нами программу в среде *Lazarus*, можно сделать вывод, что при расстоянии между катушками, неравном половине ее диаметра, в пространстве между катушками возникает неоднородное магнитное поле. Полученные результаты выводятся на экран монитора.

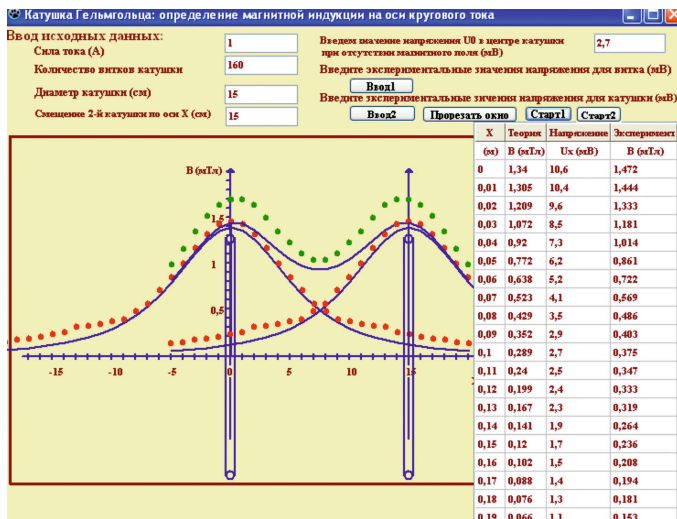


Рис. 1

По построенным графикам обучающиеся делают вывод, что в области между двумя одинаковыми параллельными тонкими катушками в общем случае получается неоднородное магнитное поле, значения индукции которого совпадают с теоретическим расчетом [5, с. 138–139].

ЛИТЕРАТУРА

1. Вараксина Е. И., Тихонов И. В. Цифровой образовательный ресурс: индукция магнитного поля на оси кругового тока // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 35. — М.: ИСРО РАО, 2022. — С. 73–75.
2. Вараксина Е. И., Тихонов И. В. Цифровой образовательный ресурс: индукция магнитного поля катушек Гельмгольца // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 37. — М.: ИСРО РАО, 2002. — С. 95–96.
3. Катушка для демонстрации магнитного поля тока. — М.: Просвещение, 1978. — 9 с.
4. Майер В. В., Вараксина Е. И., Васильев И. А. Учебное исследование датчика Холла, извлеченного из устаревшего компьютера // Учебная физика. — 2018. — № 3. — С. 18–32.
5. Савельев И. В. Курс общей физики. Учеб. Пособие. В 3-х т. Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. — М.: Наука, 1988. — 496 с.

МБОУ «СОШ № 2», Глазов

Поступила в редакцию 26.12.23.

А. В. ЧЕРНЯЕВ, Н. С. ПЩЕЛКО

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ СПЕКТРА СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ СТРУНЫ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Предложена серия простых экспериментов по изучению свободных колебаний струны. Для возбуждения колебаний удобно использовать щипковые музыкальные инструменты (например, гитару, укулеле) или фортепиано. Анализ спектра колебаний проводится на основе специализированной программы.

Ключевые слова: свободные колебания струны, музыкальные инструменты, компьютерный анализ спектра колебаний.

При изучении звуковых колебаний важную роль играет понятие спектра колебаний [1], дающего много информации о параметрах колебаний. Для возбуждения колебаний, близких по форме к гармоническим, подходят различные музыкальные инструменты. При этом вовсе не предполагается, что учащийся знаком с основными понятиями музыкальной теории. Представляет интерес на слух определять «благозвучность» звучания интервалов, и затем различными методами определять отношение частот гармоник к основному тону (целое число) и отношение их частот. Если звучание «благозвучное», то частоты будут относиться друг к другу как небольшие целые числа, например, 3:2 (квинта), 4:3 (кварта), 2:1 (октава) [2].

Изучать параметры полученных свободных колебаний удобно с применением различных компьютерных программ. В настоящей работе использована программа *Sonic Visualiser*, версия 4.5.2, которая распространяется свободно. Эта программа позволяет прослушивать аудиозапись колебаний, а также показывает временные зависимости интенсивности звучания и спектрограммы.

На рис. 1 для примера представлены спектры (укулеле): нота «ля» первой октавы (слева), частота составляет приблизительно 440 Гц; нота «ми» малой октавы (по центру), приблизительно 310 Гц; совместное колебание обеих струн (справа). Видно, что в спектре каждого из колебаний присутствует большое количество гармоник (более десятка). Совместное колебание представляет собой сумму колебаний, а отношение частот колебаний близко к 2:3.

Эксперимент 1. Наблюдение колебаний отдельных нот. Возбуждаем звуковые колебания при помощи камертона и различных музыкальных инструментов (гитара, укулеле, фортепиано, блок-флейта и т. д.). Производим аудиозапись. Определяем по спектру, который дает компьютерная программа, основную частоту колебаний и частоты гармоник.

Эксперимент 2. Наблюдение колебаний благозвучных интервалов. Предлагается настроить две струны на гитаре (укулеле) в унисон. Затем постепенно натягивать одну из струн (более толстую) до получе-

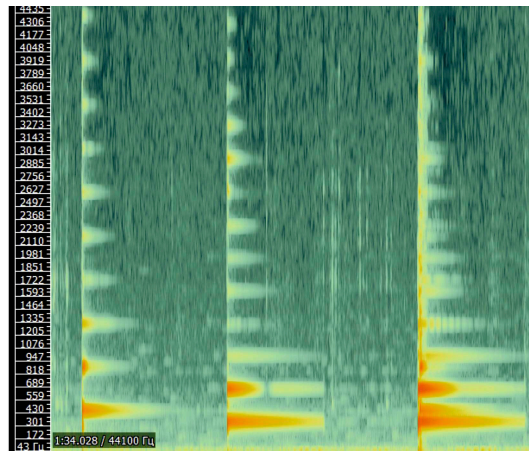


Рис. 1. Спектр колебаний струны (укулеле): нота «ля» первой октавы (слева), нота «ми» малой октавы (по центру), совместное колебание обеих струн (справа)

ния первого благозвучного интервала. Сделать аудиозапись. Проанализировать спектр, в частности, определить отношение основных частот колебаний струн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Элементарный учебник физики: Учеб. пособие. В 3 т. Т.3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика / Под ред. Г. С. Ландсберга. — М.: Физматлит, 2009. — 656 с. (С. 52).
2. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 4: Кинетика. Теплота. Звук. Перевод с английского. — М.: Мир, 1976 (С. 434).

ФГКВОУ ВО «Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации

Поступила в редакцию 09.01.24.

АВТОРЫ СБОРНИКА

1. АВДЕЕВ НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры физики твердого тела Петрозаводского государственного университета.
2. АЛЕКСАНДРОВА НАТАЛЬЯ ВЛАДИМИРОВНА кандидат технических наук, доцент кафедры общей физики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» и кафедры физики Российской академии транспорта (Москва).
3. АРТАМОНОВ ОЛЕГ НИКОЛАЕВИЧ ведущий инженер кафедры физики твердого тела Петрозаводского государственного университета.
4. БЕЛОВА ОЛЬГА ВАСИЛЬЕВНА преподаватель кафедры кристаллографии и экспериментальной физики Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.
5. БОРОДИН ИГОРЬ ДМИТРИЕВИЧ учитель физики, МАОУ Лицей 130 (Екатеринбург).
6. БУТКО НАТАЛИЯ БОРИСОВНА кандидат физико–математических наук, доцент; доцент института физических исследований и технологий (ИФИТ) Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы (Москва).
7. ВАРАКСИНА ЕКАТЕРИНА ИВАНОВНА кандидат педагогических наук, доцент; доцент кафедры физики и дидактики физики Глазовского государственного инженерно–педагогического университета.
8. ВЗОРОВ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ старший преподаватель кафедры общей физики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (Москва).
9. ВЫБОРНОВ ФЕДОР ИВАНОВИЧ доктор физико–математических наук, доцент; заведующий кафедрой физики Волжского государственного университета водного транспорта (Нижний Новгород).
10. ГЕРАСИМОВ СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент физического факультета Южного федерального университета (Ростов–на–Дону).
11. ГИБЕЛЬГАУЗ ОКСАНА СЕРГЕЕВНА кандидат педагогических наук, доцент; заведующая кафедрой физики и методики обучения физике Алтайского государственного педагогического университета (Барнаул).
12. ГЛАЗЫРИНА ЕЛЕНА ВАЛЕРЬЕВНА учитель физики высшей категории, МАОУ «Школа № 172» (Нижний Новгород).
13. ГОРБУНОВ ПАВЕЛ ВЛАДИМИРОВИЧ учитель физики, магистрант ФГБОУ ВО «Южно–Уральский государственный гуманитарно–педагогический университет» (Челябинск).

14. ГОРОБЕЦ АЛЕКСАНДР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ учитель физики, математики, информатики, специалист по работе с молодежью «Центр развития карьеры» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (Челябинск).
15. ГОРЧАКОВ ЛЕОНИД ВСЕВОЛОДОВИЧ доктор физико-математических наук; профессор Томского государственного университета.
16. ДЕТКОВА АННА ВАСИЛЬЕВНА кандидат педагогических наук, доцент кафедры интегрированных компьютерных технологий и систем, декан факультета среднего профессионального образования, физико-технического института Приднестровского государственного университета им. Т. Г. Шевченко (Тирасполь, Молдова).
17. ДОМНЕНКО ТАТЬЯНА АЛЕКСЕЕВНА лаборант кафедры физики и методики обучения физике Алтайского государственного педагогического университета (Барнаул).
18. ЖУКОВ ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ доцент кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт-Петербург).
19. ЗАХАРОВА ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры «Физика» Российского университета транспорта (МИИТ) (Москва).
20. ЗУБОРЕВА АНАСТАСИЯ АЛЕКСЕЕВНА магистрант 2 года обучения физического факультета Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.
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. ИВАНОВ ГРИГОРИЙ НИКОЛАЕВИЧ кандидат геолого-минералогических наук, доцент; доцент кафедры общей физики Тверского государственного технического университета.
23. ИГНАТОВ АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ ученик 10 класса школы № 115 (Ростов-на-Дону).
24. ИГНАТОВА ЮЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА преподаватель техникума Ростовского государственного университета путей сообщения.
25. ИСМАГИЛОВ РАВИЛЬ ГАББАСОВИЧ кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт-Петербург).
26. ИСМУХАМБЕТОВА АЛЬБИНА САЛАУТОВНА кандидат педагогических наук, доцент; доцент кафедры физики Астраханского государственного университета им. В. Н. Татищева.
27. ИСПИРЯН СВЕТЛАНА РАФАИЛОВНА кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры общей физики Тверского государственного технического университета.
28. КАЗАКОВА ЕЛЕНА ЛИОНОВНА кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры общей физики Петрозаводского государственного университета.

29. КАЗАРИН ПЕТР ВАСИЛЬЕВИЧ кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры общей физики радиофизического факультета Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.
30. КАНАКИНА АЛИНА СЕРГЕЕВНА лаборант кафедры физики и методики обучения физике Алтайского государственного педагогического университета (Барнаул).
31. КАПРАЛОВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ кандидат педагогических наук, доцент; учитель физики МБОУ СОШ №135 им. Академика Б. В. Литвинова (Снежинск); хранитель музейных предметов, Снежинский городской музей.
32. КИРИН ИГОРЬ ГРИГОРЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, академик МАНЭБ; профессор кафедры физики и методики преподавания физики Оренбургского государственного университета.
33. КЛИМЕНКОВ БОРИС ДАВИДОВИЧ преподаватель кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт-Петербург).
34. КОВАЛЕНКО АННА ПЕТРОВНА преподаватель Брянского транспортного техникума.
35. КОКОЛЕВ ЕГОР МАКСИМОВИЧ учитель технологии, аспирант кафедры «Электропривод, мехатроника и электромеханика» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (Челябинск).
36. КОЛЧИН АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ методист проекта GetA-Class, ООО «Новая школа» (Новосибирск).
37. КОРНЕВ ЮРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ аспирант Глазовского государственного инженерно-педагогического университета; учитель физики школы № 15 г. Глазова.
38. КОСТАРЕВ СЕРГЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ кандидат педагогических наук, доцент, начальник Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт-Петербург).
39. КОХАНОВ КОНСТАНТИН АНАТОЛЬЕВИЧ кандидат педагогических наук, доцент, заместитель директора Кировского областного государственного автономного образовательного учреждения дополнительного образования «Центр дополнительного образования одаренных школьников» (КОГАОУ ДО ЦДООШ).
40. КРЕЧЕТОВА ЕЛЕНА НИКОЛАЕВНА студент, преподаватель колледжа Елабужского института Казанского (Приволжского) федерального университета.
41. КРИВЕНКО ИРИНА ВАЛЕРЬЕВНА кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры общей физики Тверского государственного технического университета.
42. КРУТОВА ИРИНА АЛЕКСАНДРОВНА доктор педагогических наук, профессор кафедры физики Астраханского государственного университета им. В. Н. Татищева.
43. КУЗЬМИЧЁВА ВИКТОРИЯ АЛЕКСАНДРОВНА кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры физики Российского университета транспорта (МИИТ) (Москва).

44. ЛАЗАРЕВ МАКСИМ АЛЕКСАНДРОВИЧ лаборант–исследователь Лаборатории квантовых детекторов МПГУ, студент 1–го курса магистратуры МИЭМ НИУ ВШЭ (Москва).
45. ЛЕБЕДЕВА ОЛЬГА ВАСИЛЬЕВНА доктор педагогических наук, доцент; профессор кафедры кристаллографии и экспериментальной физики Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.
46. ЛЕВИН КИРИЛЛ ЛЬВОВИЧ кандидат химических наук, доцент; доцент кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт–Петербург).
47. ЛЕОНТЬЕВ ЛЕОНИД АЛЕКСЕЕВИЧ учащийся МАОУ Лицей 130 (Екатеринбург).
48. ЛЯЛИНА ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА учитель физики и астрономии первой квалификационной категории школы № 2 г. Глазова.
49. МАЙЕР ВАЛЕРИЙ ВИЛЬГЕЛЬМОВИЧ доктор педагогических наук, профессор; заведующий кафедрой физики и дидактики физики Глазовского государственного инженерно–педагогического университета.
50. МАРКИТАНТОВ ДАНИИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ студент физико–технического факультета Петрозаводского государственного университета.
51. МАРКОВ СЕРГЕЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ учитель физики высшей квалификационной категории МКОУ «Гыинская СОШ» (Удмуртская республика).
52. МОНАСТЫРСКИЙ ЛЕВ МИХАЙЛОВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры общей физики Южного федерального университета (Ростов–на–Дону).
53. МОШКИНА ЕЛЕНА ВИКТОРОВНА кандидат физико–математических наук; доцент кафедры общей физики Петрозаводского государственного университета.
54. НЕКРАСОВА АНЖЕЛИКА ВИКТОРОВНА учитель физики высшей квалификационной категории, КОГОАУ «Кировский экономико–правовой лицей».
55. НИКИТИНА ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА кандидат педагогических наук; доцент кафедры физики наноразмерных систем Южно–Уральского государственного университета (Челябинск).
56. ОСТРОУМОВА ЮЛИЯ СЕРГЕЕВНА доктор педагогических наук, доцент; заведующая кафедрой физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт–Петербург).
57. ПЕНТЮХОВА МАРИЯ АЛЕКСЕЕВНА магистрант Глазовского государственного инженерно–педагогического университета; учитель математики школы № 15 г. Глазова.
58. ПЕТРОВА ЕЛЕНА БОРИСОВНА доктор педагогических наук; профессор Московского педагогического государственного университета.
59. ПОЛУШКИНА СВЕТЛАНА ВЛАДИМИРОВНА кандидат педагогических наук, доцент кафедры кристаллографии и экспериментальной физики физического факультета Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.

60. ПОЛУШТАЙЦЕВ ЮРИЙ ВИКТОРОВИЧ кандидат физико–математических наук, старший научный сотрудник лаборатории фотополимеризации и полимерных материалов ИМХ РАН.
61. ПЩЕЛКО НИКОЛАЙ СЕРГЕЕВИЧ доктор технических наук, доцент; профессор кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт–Петербург).
62. ПЩЕЛКО ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА младший научный сотрудник научно–исследовательского центра Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт–Петербург).
63. РОГОЖНИКОВА ОЛЕСЯ АНАТОЛЬЕВНА старший преподаватель кафедры фундаментальной физики, электроники и систем связи физико–математического факультета физико–технического института Приднестровского государственного университета им. Т. Г. Шевченко (Тирасполь, Молдова).
64. РЯБОКОНЬ ДАРЬЯ ВЛАДИМИРОВНА старший преподаватель кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт–Петербург).
65. САНЧАА ТАТЬЯНА ОЮНОВНА кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики, техники и технологического образования Института физики, математики, информатики и технологического образования Новосибирского государственного педагогического университета.
66. САУРОВ ЮРИЙ АРКАДЬЕВИЧ доктор педагогических наук, профессор, член–корреспондент РАО; профессор кафедры физики и методики обучения физике Вятского государственного университета (Киров).
67. САНИН ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник АО НИИ «Рубин» (Санкт–Петербург).
68. СЕДЫХ КСЕНИЯ ОЛЕГОВНА техник Лаборатории квантовых детекторов МПГУ, ассистент Кафедры общей и экспериментальной физики ИФТИС МПГУ, аспирант МИЭМ НИУ ВШЭ (Москва).
69. СЕРГЕЕВА ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры общей физики Петрозаводского государственного университета.
70. СИБАГАТУЛЛИН АЛЬБЕРТ АРТУРОВИЧ студент 5 курса Южно–Уральского государственного гуманитарно–педагогического университета (Челябинск).
71. СИДОРЕНКО ФЕЛИКС АРОНОВИЧ доктор физико–математических наук, профессор; профессор кафедры физики Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург).
72. СИМУКОВА ВАЛЕНТИНА АЛЕКСАНДРОВНА студентка 3 курса института физики, технологии и информационных систем Московского педагогического государственного университета.
73. СИМУКОВА (ИНОЗЕМЦЕВА) СВЕТЛАНА ВАСИЛЬЕВНА кандидат педагогических наук, доцент кафедры экспериментальной и теоретической физики Брянского государственного университета имени академика И. Г. Петровского.

74. СОЛДАТЕНКОВА МАРИЯ ДМИТРИЕВНА техник Лаборатории квантовых детекторов МПГУ, ассистент Кафедры общей и экспериментальной физики ИФТИС МПГУ, ведущий специалист Центра социальных инициатив МПГУ, аспирант МИЭМ НИУ ВШЭ (Москва).
75. СТАРШОВ МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ ведущий инженер Института физики Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского.
76. СТЕПИНА СВЕТЛАНА ПЕТРОВНА кандидат физико-математических наук, доцент; доцент института физических исследований и технологий (ИФИТ) Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы (Москва).
77. ТЕПЛЯКОВА КСЕНИЯ ОЛЕГОВНА заведующая лабораторией Кафедры общей и экспериментальной физики ИФТИС МПГУ, директор Центра социальных инициатив МПГУ, научный сотрудник Лаборатории квантовых детекторов МПГУ (Москва).
78. ТИВИРИКИНА ДАРЬЯ АЛЕКСЕЕВНА студентка первого курса техникума Ростовского государственного университета путей сообщения.
79. ТИХОНОВ ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ учитель физики и информатики высшей категории школы № 2 г. Глазова.
80. УВАРОВА МАРИНА ПАВЛОВНА кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики и методики обучения физике Вятского государственного университета (Киров).
81. УСЛУГИН НИКОЛАЙ ФЕДОРОВИЧ кандидат физико-математических наук, доцент, руководитель Центра физических демонстраций кафедры общей физики радиофизического факультета Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.
82. ХАНЖИНА ЕЛЕНА ВЯЧЕСЛАВОВНА кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики, математики и физико-математического образования ГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина (Мининский университет)» (Нижний Новгород).
83. ХАНИН САМУИЛ ДАВИДОВИЧ доктор физико-математических наук, профессор; руководитель Научно-технологического центра базового инженерного образования Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт-Петербург).
84. 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).
85. ЧЕРНЯЕВ АНТОН ВАЛЕНТИНОВИЧ кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного (Санкт-Петербург).
86. ЧУЛКОВА ГАЛИНА МЕРКУРЬЕВНА доктор физико-математических наук, профессор МПГУ, профессор МИЭМ НИУ ВШЭ (Москва).
87. ШАПОВАЛОВ АНАТОЛИЙ АНДРЕЕВИЧ доктор педагогических наук, профессор; профессор кафедры физики и методики обучения физике Алтайского государственного педагогического университета (Барнаул).

88. ШИЛИНА ВАЛЕНТИНА ВАСИЛЬЕВНА учитель физики школы «Университетская» Елабужского института Казанского (Приволжского) федерального университета.
89. ШИРОБОКОВА ЕКАТЕРИНА АЛЕКСЕЕВНА студентка Глазовского государственного инженерно–педагогического университета.
90. ШУРЫГИН ВИКТОР ЮРЬЕВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры физики Елабужского института Казанского (Приволжского) федерального университета.
91. ШУТОВ АЛЕКСАНДР ВАЛЕРЬЕВИЧ тьютор кафедры общей физики Национального исследовательского ядерного университета МИФИ (Москва).
92. ШУТОВА ВАЛЕНТИНА ВАСИЛЬЕВНА студентка Глазовского государственного инженерно–педагогического университета.
93. ЩЕТНИКОВ АНДРЕЙ ИВАНОВИЧ руководитель проекта GetA-Class, ООО «Новая школа» (Новосибирск).

ABSTRACTS

GENERAL PROBLEMS

Zuev P. V. Features of the application of scientific knowledge in teaching physics in elementary school. The article highlights the main trends in the development of world education, lists the problems of modern pedagogical science and practice, shows the expediency of early physics education, lists possible difficulties and options for organizing the educational process. *Keywords:* physics, elementary school, expediency of education, historical experience, difficulties, advantages.

Saurov Yu. A. The problem of studying the modern physical picture of the world. The article deals with the methodological problem of the formation of ideas about the modern physical picture of the world during education. *Keywords:* physical picture of the world as a model, a method of cognition, a principle of distinguishing realities and descriptions.

THE THEORY AND PRACTICE OF EDUCATIONAL PHYSICS EXPERIMENT

Belova O. V., Lebedeva O. V. Pre-university physics education based on a physical experiment. Experiment is suggested to use in the system of pre-university physics education at different stages of the educational process. A set of tasks is being selected for each topic in methodological and substantive unity with the works of the laboratory workshop, that allow you to master the main content (concepts, laws, limits of their applicability). An example of the implementation in one of the topics of kinematics is presented. *Keywords:* solving physical problems, experimental problems in physics, pre-university training in physics.

Glazyrina E. V. Increasing interest in the study of physics through experimental tasks. A series of physics problems for grades 7–8 with access to practice is proposed. *Keywords:* task, experiment, increase of interest.

Zacharova T. V. An example of the intensification of experimental research when performing laboratory work on wave optics. The possibilities of expanding the range of studies of wave optics phenomena when performing laboratory work on a unified optical stand are shown. *Keywords:* light dispersion, diffraction, interference, spectrum, wavelength, refractive index, diffraction grating.

Zuboreva A. A., Polushkina S. V. Pre-profiling elective course «Physics and Mathematics: Exploring the world through laws and formulas». The article presents a pre-profile elective course with elements of advanced mathematics education. *Keywords:* interdisciplinary connections, elective course, advanced learning, time discrepancy, effectiveness of physics teaching.

Kazakova E. L., Moshkina E. V., Sergeeva O. V. Educational and research physics tasks in junior courses. The experience of research skills developing for junior students in projects training and presentation at scientific students' conference is discussed. *Keywords:* research activity, project-based learning, active learning.

Kapralov A. I. Physics and engineering in toys as a component of historical approach in physics education. Experience in application of musical synthesizer

for studying sound related phenomena and electrical currents of varying frequency in the process of school education. *Keywords:* sound related phenomena, generator, experiments, joint activities with students.

Kornev Yu. A., Varaksina E. I., Mayer V. V. Activity in preparing students for conducting a pedagogical experiment. The preparation of the student for an optional lesson devoted to the study of electrical capacity and capacitor is considered. *Keywords:* pedagogical experiment, optional lesson, electrical capacity, capacitor.

Kostarev S. V., Ostroumova Yu. S., Khanin S. D. Formation of skills in the constructive use of the methodological resource of modeling in physics workshop. Methodological approaches to the activity-based application of modeling are proposed in terms of choosing a methodology for experimental problem solving, interpreting the results obtained and determining the possibilities of their practical use, and setting the problem of educational research. *Keywords:* experimental problem solving, methodological modeling resources, task-activity approach.

Kostarev S. V., Ostroumova Yu. S., Khanin S. D. Physics workshop as a component scientific and technological education. From didactic and methodological positions, the resources of physical workshops in scientific and technological education and the conditions for their effective use in teaching practice are determined. *Keywords:* potential of physics workshop, scientific and technological education, necessary conditions for effective implementation.

Krechetova E. N., Shilina V. V., Shurygin V. Yu. Comparative analysis of traditional and digital laboratory practice at school on the section «Mechanics». Using the example of laboratory work to determine the acceleration of free fall, the possibilities of various types of school laboratory practical training in mechanics are compared. *Keywords:* school, physics, mechanics, laboratory workshop, digital technologies, acceleration of free fall.

Krivenko I. V., Ispirian S. R., Ivanov G. N. Physical experiment in the special course «Equations of mathematical physics». We describe the experience of conducting a physical experiment at the topic «Equation of thermal conductivity» at the installation for the study the stationary temperature field of the rod and mathematical modeling the heat transfer phenomenon. *Keywords:* second-order partial differential equations, heat conduction equation, mathematical modeling, experimental study the thermal phenomena.

Levine K. L., Ismagilov R. G., Klimenkov B. D., Ryabokon D. V., Zhukov V. A. Developing students' skills of composing systems of differential equations by the example of solving the problem of celestial mechanics. The change of coordinates in the differential equations of motion of a spacecraft is considered. It allows maximize the use of the integral of motion existing in the problem. The construction of a solution using perturbation theory is also touched upon. *Keywords:* system of differential equations, coordinate system, spacecraft, perturbation theory.

Lyalina O. A. Project activity as a way to increase motivation for learning. It is proposed to present the results of the project activity in physics. *Keywords:* project activity, experiment, motivation, federal educational programs.

Nekrasova A. V. Laboratory work in physics «with continuation». A system of additional tasks for laboratory work in physics is proposed, which establishes a connection between all topics in 9th grade mechanics. *Keywords:* laboratory work, mechanics 9th grade, organization of student activities.

Nikitina T. V. From the experience of conducting an educational engineering experiment. The experience of teaching students (future physics teachers) in disciplines, special courses and practices related to the educational engineering and technical activities of students is discussed. *Keywords:* continuity of physical and engineering experiments, training of a physics teacher.

Rogozhnikova O. A., Detcova A. V. Research on the application of vector algebra for solving physical problems. An example of a research paper in physics is given, the purpose of which was to conduct a comparative analysis of the concept of a vector in physics and mathematics. This work helps to form in the minds of students a cognitive connection between the mathematical apparatus and its application to solving problems in various branches of physics. *Keywords:* vector algebra, geometric method, problems in physics, research activities.

Sanchaa T. O. Digitalization of the Educational Experiment. A series of digital devices for measuring the main physical quantities used in teaching Digital Electronics within the framework of educational Physics of secondary general education is proposed. As well as a description of the conditions for preparing teachers for the introduction of this innovation. *Keywords:* design of digital devices, Digital electronics.

Uvarova M. P. On the importance of graphical processing of experimental results. The issues of organizing students' activities at work with graphs of physical degree dependence are discussed. *Keywords:* function graph, interdisciplinary connections, activity norm.

Khanzhina E. V. Model of training physics teachers within the framework of the professional development program for teaching the propaedeutic course «Physics in experiments and tasks». The model and features of training physics teachers within the framework of a professional development program in the context of the continuous education system for teaching the propaedeutic course «Physics in Experiments and Problems» for pupils of 5–6 grades are considered. *Keywords:* propaedeutic course «Physics in experiments and tasks», model of physics teacher training, professional development program, continuing education.

Khanin S. D. Issues of metal oxide electronics as a subject of study in physics workshop. The developed workshop on the physics of metal oxide materials of electronic engineering as an object of holistic, resource-supported educational research is presented. *Keywords:* efficiency of physical workshop, metal oxide dielectrics of capacitive elements, current characteristics, photoelectric phenomena.

NEW EDUCATIONAL EXPERIMENTS ON PHYSICS

Avdeev N. A., Artamonov O. N., Markitantov D. A. Influence of the monochromator entrance slit width on the spectrum characteristics. A demonstration experiment is proposed to study the features of changes in the spectrum depending on the size of the entrance slit. *Keywords:* continuous spectrum, slit width, monochromator.

Borodin I. D., Leontief L. A., Sidorenko F. A. The small ball charge measuring by its deviation in the plane plates field. The small ball charge measuring via its deviation in the electrical field of plane capacitor have been completed at frames of YIPT–2024. *Keywords:* electrical charge, electrical field, homogeneous field.

Butko N. B., Stepina S. P. The study of the motion of bodies in a viscous medium at low speeds. Presented laboratory work, which aims to study of the

motion of bodies in a viscous medium at low speeds and liquid viscosity measurement. The time for establishing the final velocity of a body is investigated. The results obtained are in good agreement with the theory. *Keywords:* laboratory practicum, viscosity, Stoc's method, final velocity.

Varaksina E. I., Mayer V. V., Pentyukhova M. A. An educational study of the area under the cycloidal arch. For a school lesson in mathematics, a theoretical and experimental educational study of one of the properties of a cycloid is proposed: the area under the cycloidal arch is three times larger than the area of the circle forming the cycloid. *Keywords:* mathematics, physics, theory, experiment, cycloid, area, integration, mass, measurement.

Varaksina E. I., Mayer V. V., Shutova V. V. An educational study of the dependence of the dielectric constant of a ferroelectric on its temperature. A modern version of an educational experiment is proposed to study the temperature dependence of the dielectric permittivity of ferroelectric in a high-level school physics workshop. *Keywords:* school workshop, advanced level, laboratory work, ferroceramics, Curie point.

Vybornov F. I. Features of determining the coefficient of surface tension of a liquid in a laboratory physics course. To measure the diameter of the capillary and the height of the liquid rise when determining the coefficient of surface tension of the liquid, a KM-8 cathetometer is used. *Keywords:* laboratory experiment, liquid surface tension coefficient, cathetometer.

Gerashimov S. A. Weight of a dielectric in vortex electric field. Under the influence of a vortex electric field, the weight of the dielectric increases. Despite the fact that the change in weight depends on the orientation of the source of the vortex electric field and the dielectric in space, there is a constant component of the force acting on the dielectric that does not depend on the orientation. *Keywords:* vortex electric field, toroidal magnet, dielectric, weight, thrust force.

Gorbunov P. V., Gorobets A. V., Kokolev E. M. A device for demonstrating types of equilibrium and not only. A device is considered that allows you to demonstrate the types of equilibrium when studying the section «Statics» and the possibility of using it as a lever and block. *Keywords:* types of equilibrium, demonstration equipment, physics lessons, demonstration experiment, lever and block.

Kazarin P. V., Polushtaytsev Yu. V., Uslugin N. F. Lecture experiment on observing the Boltzmann distribution. A lecture experiment is proposed to observe the concentration of particles located in a vertical cuvette and participating in chaotic motion. An industrial setup FD-201 «Modeling the distribution of molecules in a gravitational field» was equipped with a webcam. The real-time image processing program determines the vertical coordinates of the particles, performs averaging over several frames, and plots the average particle concentration as a function of height. *Keywords:* demonstration experiment, Boltzmann distribution, averaging over several frames.

Kirin I. G. Laboratory work «Study of self-curvature of laser radiation beams under two-photon resonance conditions». The developed laboratory work designed to study self-curvature under two-photon resonance conditions and the installation for its study are described. *Keywords:* nonlinear optical effects, self-focusing, atomic potassium pairs, two-photon excitation, degenerate pumping by laser radiation, laboratory work.

Kovalenko A. P., Simukova S. V., Simukova V. A. The demonstration of amplitude-modulated oscillations. The article describes a method for obtain-

ing amplitude-modulated oscillations for observation on an oscilloscope screen
Keywords: amplitude modulation, oscillating circuit, signal spectrum, passband, resonant frequency, semiconductor diode.

Kolchin A. A., Schetnikov A. I. Demonstration of the Dzhanibekov effect under terrestrial conditions. We discuss some experiments to demonstrate the Dzhanibekov effect under terrestrial conditions. A number of experiments are connected with the qualitative explanation of this effect proposed by Terry Tao.
Keywords: dynamics of a rotating body, Poincaré's theorem on the mean axis, Dzhanibekov effect.

Kokhanov K. A. On the formation of the concept of coherence of light waves. The necessity of a detailed consideration of the coherence of light waves in a school physics course is discussed. *Keywords:* wave optics, interference, coherence.

Monastyrsky L. M. Using school physical equipment to conduct new experiments. Experimental work in a physical workshop for students of grades 10–11 is proposed. It determines the density of solids and liquids by hydrostatic weighing on electronic scales. *Keywords:* body density, hydrostatic weighing method.

Mayer V. V., Varaksina E. I., Shirobokova E. A. Simple experiments on light diffraction for an optional lesson in basic school. A series of demonstration experiments has been developed for an optional lesson in basic school, dedicated to diffraction phenomena that every student can observe in everyday life. *Keywords:* optional lesson, light diffraction, demonstration experiments.

Pshchelko N. S., Pshchelko O. S., Tsyganov A. B. Study of the Faraday effect. A brief summary of the Faraday effect essence is given. It is proposed to use terbium gallium garnet rods for educational experiments. Some measurement procedures are considered. *Keywords:* magnetic field, Faraday effect, plane of polarization, Verdet constant, terbium-gallium garnet, measurements.

Pshchelko N. S., Pshchelko O. S., Sanin Yu. V., Tsyganov A. B. Measuring reverse currents of diodes and transistors. The possibilities of measuring small reverse currents of silicon p–n junctions are considered. It is shown that it is possible to measure currents less than 0.1 nA. Procedures have been developed for calculating the characteristics of the materials and devices under study. *Keywords:* silicon p–n junctions, measurements, calculations, low currents, multimeter, energy gap.

Sibagatullin A. A. The use of robotics in laboratory work in physics. The possibility of using robotic kits during laboratory work in physics lessons at school is considered, and an example of one of the possible experiments is also described. *Keywords:* robotics, laboratory work, body movement, gravity, acceleration of free fall.

Soldatenkova M. D., Teplyakova K. O., Lazarev M. A., Sedykh K. O., Petrova E. B., Chulkova G. M. Experimental problem in physics «Stroboscopic effect using smartphone». An experimental problem in physics is proposed within the framework of an educational system based on immersing students in experimental activities and scientific and technical research. *Keywords:* experimental problem in physics, new technologies.

Starshov M. A. One more step behind Mariotte. The repetition of a simple experiment by Edme Mariotte, described in the middle of the wonderful seventeenth century, may be interesting for modern schoolchildren and students with accessibility and visibility. *Keywords:* optics, eye, blind spot, observation, change.

COMPUTER IN THE EDUCATIONAL PHYSICAL EXPERIMENT

Aleksandrova N. V., Vzorov N. N., Kuzmicheva V. A., Shutov A. V. Use of virtual instruments in physics laboratory workshop. The discussion concerns functional specifics and features of virtual instruments, the possibility of their use in a physics laboratory workshop. The results of use of these virtual instruments are presented. *Keywords:* virtual instruments, laboratory workshop, virtual oscilloscope, distance learning.

Gibelhaus O. S., Domnenko T. A., Kanakina A. S., Shapovalov A. A. An approach to the formation of the basic concepts of kinematics. It is proposed to introduce the basic kinematic concepts simultaneously on the basis of experiments with a computerized distance sensor. *Keywords:* concepts of kinematics, computerized distance sensor, demonstration experiment.

Gorchakov L. V. Kundt's experience using a WiFi module. An option is proposed for organizing remote access to a laboratory experiment based on Kundt's experience based on a domestic cloud service and a cell phone. *Keywords:* Kundt's experience, microcontroller, cloud server, cell phone.

Ignatov A. A., Ignatova Yu. A., Tivirikina D. A. Checking the dependence of the oscillation period of a mathematical pendulum on the length of the thread. In this paper, we consider a non-standard way of organizing a laboratory lesson «Checking the dependence of the oscillation period of a mathematical pendulum on the length of the thread» when teaching physics as part of secondary general education. It is based on the methodology of using a personal computer to solve practical problems. *Keywords:* laboratory work, mathematical pendulum, methods of using a personal computer to solve practical problems, Microsoft Excel program.

Ismukhambetova A. S., Krutova I. A. Application of virtual laboratory complex on hydraulics for formation of research skills of future engineers. The article substantiates the relevance of the formation of students' research skills when performing virtual laboratory works on hydrodynamics. An example of virtual laboratory stand for studying the transition of specific energy in the flow from potential energy to kinetic energy and back on the pressure pipeline of variable cross-section by piezometers is described. *Keywords:* student learning, hydraulics, virtual laboratory work, Bernoulli's equation.

Markov S. V. Educational digital laboratory based on microcontroller board Arduino MEGA 2560. The possibility of creating a computer laboratory based on the Arduino MEGA 2560 platform for demonstration and laboratory experiments is being considered. *Keywords:* Arduino MEGA 2560 microcontroller board, digital physics laboratory, digital sensors, full-scale computer experiment, physics experiment.

Tikhonov I. V. Digital educational resource: magnetic field induction of two parallel thin coils. In a training experiment, using a Hall sensor, the dependence of the magnetic induction module on the coordinate of a point on the axis of a system of two identical thin coils is studied. Using a computer program specially developed in the *Lazarus* environment, the results of the experiment are compared with a theoretical graph. The program allows you to perform a study at different distances between coils. *Keywords:* digital educational resource, magnetic induction, Hall sensor, thin coils.

Chernyaev A. V., Pshchelko N. S. Computer analysis of the spectrum of free vibrations of strings of musical instruments. A series of simple experiments to study the free vibrations of a string is proposed. To excite vibrations, it is convenient to use plucked musical instruments (for example, guitar, ukulele) or piano. The analysis of the vibration spectrum is carried out on the basis of a specialized program. *Keywords:* free string vibrations, musical instruments, computer analysis of the vibration spectrum.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

- 1. Зуев П. В.** Особенности применения научного познания при обучении физике в начальной школе..... 3
- 2. Сауров Ю. А.** Проблема изучения современной физической картины мира 6

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА УЧЕБНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

- 3. Белова О. В., Лебедева О. В.** Довузовское обучение физике на основе физического эксперимента 8
- 4. Глазырина Е. В.** Повышение интереса к изучению физики через экспериментальные задачи 10
- 5. Захарова Т. В.** Пример интенсификации экспериментальных исследований при выполнении лабораторной работы по волновой оптике 11
- 6. Зуборева А. А., Полушкина С. В.** Предпрофильный элективный курс «Физика и математика: исследование мира через законы и формулы» 13
- 7. Казакова Е. Л., Мошкина Е. В., Сергеева О. В.** Учебно–исследовательские задачи по физике на младших курсах.... 15
- 8. Капралов А. И.** Физика и техника в игрушках как один из компонентов исторического подхода в обучении физике..... 18
- 9. Корнев Ю. А., Варакина Е. И., Майер В. В.** Деятельность при подготовке студентов к проведению педагогического эксперимента .. 19
- 10. Костарев С. В., Остроумова Ю. С., Ханин С. Д.** Формирование в физическом практикуме умений конструктивного использования методологического ресурса моделирования 22
- 11. Костарев С. В., Остроумова Ю. С., Ханин С. Д.** Физический практикум как составляющая научно–технологического образования.. 25
- 12. Кречетова Е. Н., Шилина В. В., Шурыгин В. Ю.** Сравнительный анализ традиционного и цифрового лабораторного практикума в школе по разделу «Механика» 27
- 13. Кривенко И. В., Испирян С. Р., Иванов Г. Н.** Физический эксперимент в рамках спецкурса «Уравнения математической физики» 29
- 14. Левин К. Л., Исмагилов Р. Г., Клименков Б. Д., Рябоконт Д. В., Жуков В. А.** Развитие навыков использования учащимися систем дифференциальных уравнений на примере решения задачи небесной механики..... 30
- 15. Лялина О. А.** Проектная деятельность как способ повышения мотивации к обучению 33
- 16. Некрасова А. В.** Лабораторные работы по физике «с продолжением» 34

17. Никитина Т. В. Из опыта проведения учебного инженерного эксперимента.....	36
18. Рогожникова О. А., Деткова А. В. Исследование применения векторной алгебры для решения физических задач.....	39
19. Санчаа Т. О. Цифровизация учебного эксперимента.....	41
20. Уварова М. П. О значении графической обработки результатов экспериментов.....	45
21. Ханжина Е. В. Модель подготовки учителей физики в рамках программы повышения квалификации к преподаванию пропедевтического курса «Физика в экспериментах и задачах».....	47
22. Ханин С. Д. Вопросы металлооксидной электроники как предмет изучения в физическом практикуме.....	50

НОВЫЕ УЧЕБНЫЕ ОПЫТЫ ПО ФИЗИКЕ

23. Авдеев Н. А., Артамонов О. Н., Маркитантов Д. А. Влияние ширины входной щели монохроматора на характеристики спектра...	52
24. Бородин И. Д., Леонтьев Л. А., Сидоренко Ф. А. Измерение электрического заряда шарика по его отклонению в поле плоских пластин.....	54
25. Бутко Н. Б., Степина С. П. Изучение движения тел в вязкой среде при малых скоростях.....	55
26. Вараксина Е. И., Майер В. В., Пентюхова М. А. Учебное исследование площади под циклоидальной аркой.....	58
27. Вараксина Е. И., Майер В. В., Шутова В. В. Учебное исследование зависимости диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика от его температуры.....	61
28. Выборнов Ф. И. Особенности определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости в лабораторном курсе физики....	64
29. Герасимов С. А. Вес диэлектрика в вихревом электрическом поле.....	65
30. Горбунов П. В., Горобец А. В., Коколев Е. М. Устройство для демонстрации видов равновесия, и не только.....	68
31. Казарин П. В., Полуштайцев Ю. В., Услугин Н. Ф. Лекционный эксперимент по наблюдению распределения Больцмана ..	70
32. Кирин И. Г. Лабораторная работа «Изучение самоискривления пучков лазерного излучения в условиях двухфотонного резонанса возбуждения атомарных паров калия».....	71
33. Коваленко А. П., Симукова С. В., Симукова В. А. Демонстрация амплитудно–модулированных колебаний.....	73
34. Колчин А. А., Щетников А. И. Демонстрация эффекта Джанибекова в земных условиях.....	76
35. Коханов К. А. О формировании понятия когерентности световых волн.....	78
36. Майер В. В., Вараксина Е. И., Широбокова Е. А. Простые опыты по дифракции света для внеурочного занятия в основной школе.....	79

37. Монастырский Л. М. Использование школьного физического оборудования для проведения новых экспериментов	82
38. Пщелко Н. С., Пщелко О. С., Цыганов А. Б. Исследование эффекта Фарадея	83
39. Пщелко Н. С., Пщелко О. С., Санин Ю. В., Цыганов А. Б. Измерение обратных токов диодов и транзисторов	84
40. Сибгатуллин А. А. Применение средств робототехники в лабораторных работах по физике	85
41. Солдатенкова М. Д., Теплякова К. О., Лазарев М. А., Седых К. О., Петрова Е. Б., Чулкова Г. М. Экспериментальная задача по физике «Стробоскопический эффект с использованием смартфона»	88
42. Старшов М. А. Еще шаг за Мариоттом	90

КОМПЬЮТЕР В УЧЕБНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

43. Александрова Н. В., Взоров Н. Н., Кузьмичёва В. А., Шутов А. В. Использование виртуальных приборов в лабораторном физическом практикуме	92
44. Горчаков Л. В. Опыт Кундта с использованием WiFi модуля....	96
45. Гибельгауз О. С., Домненко Т. А., Канакина А. С., Шаповалов А. А. Подход к формированию основных понятий кинематики	94
46. Игнатов А. А., Игнатова Ю. А., Тивиркина Д. А. Проверка зависимости периода колебаний математического маятника от длины нити	98
47. Исмухамбетова А. С., Крутова И. А. Применение виртуального лабораторного комплекса по гидравлике для формирования исследовательских умений у будущих инженеров	100
48. Марков С. В. Учебная цифровая лаборатория на базе микроконтроллерной платы <i>Arduino MEGA 2560</i>	102
49. Тихонов И. В. Цифровой образовательный ресурс: индукция магнитного поля двух параллельных тонких катушек	105
50. Черняев А. В., Пщелко Н. С. Компьютерный анализ спектра свободных колебаний струны музыкальных инструментов	107
★ ★ ★	
51. Авторы сборника	109
52. ABSTRACTS	116

Подписано к печати 31.01.24. Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 7,75.

Тираж 100. Заказ № 162.

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

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

ISBN 978-5-93008-417-7



9 785930 084177