

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ ЭЛЕКТРОННО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
КАФЕДРА ФИЗИКИ**



**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
Республиканской научно-методической
конференции
«Физика в учреждениях общего среднего
и высшего образования:
традиции и инновации»
14–15 октября 2021 года
г. Брест, Республика Беларусь**

Брест 2021

УДК 371.32:53(063)

ББК 74.484.7я431

С 23

Редакционная коллегия:

кандидат физико-математических наук, доцент *Т. Л. Кушнер*
(ответственный редактор);

кандидат физико-математических наук *М. М. Барковская*;

кандидат физико-математических наук, доцент *Н. Н. Ворсин*;
кандидат физико-математических наук, доцент *В. И. Гладковский*;

кандидат физико-математических наук, доцент *А. А. Гладышук*;

кандидат физико-математических наук, доцент *А. И. Пинчук*.

Рецензент:

Котловский О. А., к.п.н., доцент, декан физико-математического факультета
БрГУ им. А.С. Пушкина

С 23 Физика в учреждениях общего среднего и высшего образования: традиции и инновации : сб. материалов Республ. науч.-метод. конф., посвящ. 55-летию Брестского государственного технического университета, Брест, 14-15 октября 2021 г. / Брестский государственный технический университет ; редкол.: Т. Л. Кушнер (отв. ред.) [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2021. – 136 с.

ISBN 978-985-493-538-6.

В сборник включены материалы, представленные на Республиканской научно-методической конференции, посвященной 55-летию Брестского государственного технического университета и 55-летию кафедры физики, состоявшейся 14–15 октября 2021 года в БрГТУ.

Доклады включают результаты исследований по методике преподавания физики и дисциплин физического профиля; рассматривают актуальные вопросы по техническому и методическому обеспечению физического лабораторного практикума; отражают современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин.

УДК 371.32:53(063)

ББК 74.484.7я431

ISBN 978-985-493-538-6

© Издательство БрГТУ, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического
профиля: традиции и инновации

<i>Е. С. Боровкова, Д. О. Окунев</i> ПРОЕКТ «RADIUM» ПРОГРАММЫ ERASMUS+ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ В ПОЛОЦКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ	6
<i>С. А. Вабищевич, О. В. Танана, Н. В. Вабищевич, С. И. Rogovskiy</i> ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	9
<i>С. В. Габрусёнок</i> РАЗВИТИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ УЧАЩИХСЯ НА ОСНОВЕ ПРИЕМОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ	13
<i>А. А. Гладыщук, Т. Л. Кушнер</i> ИННОВАЦИОННЫЙ РЕСПЕКТ КАФЕДРЕ ФИЗИКИ 1990-Х	17
<i>В. И. Глебович, О. Г. Харазян</i> КОМПЛЕКСНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ПО ФИЗИКЕ КАК СРЕДСТВО ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ	20
<i>В. М. Завадская, О. Г. Харазян</i> ПРОБЛЕМЫ И СОСТОЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ	24
<i>И. А. Иващенко, Н. Л. Черкас, С. Н. Пастушонок</i> ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ КУРСАНТОВ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ	28
<i>Н. Г. Кембровская, И. Н. Медведь</i> УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ – НЕОБХОДИМЫЙ КОМПОНЕНТ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА	32
<i>А. К. Козич</i> ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В СЕЛЬСКОЙ МАЛОКОМПЛЕКТНОЙ ШКОЛЕ	36
<i>Л. В. Костенко</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЭПБУКОВ В КАЧЕСТВЕ ПРОЕКТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ	39
<i>Т. Л. Кушнер, А. А. Гладыщук, В. И. Гладковский, Н. Н. Ворсин, Л. А. Величко, А. И. Пинчук, М. М. Барковская, Г. С. Кандилян, С. В. Чугунов</i> МОНИТОРИНГ ПОДГОТОВКИ ПО ФИЗИКЕ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА И МЕТОДЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ	42
<i>И. А. Лакизо</i> ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ УЧАЩИХСЯ В РАМКАХ ИНТЕГРИРОВАННОГО УЧЕБНОГО ЗАНЯТИЯ ПО ФИЗИКЕ И БИОЛОГИИ ПОСРЕДСТВОМ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПУТЕШЕСТВИЯ	46
<i>Б. Ф. Мижиевский</i> ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗДЕЛА «ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ» В 11 КЛАССЕ НА БАЗОВОМ И ПОВЫШЕННОМ УРОВНЯХ	50
<i>А. С. Мусницкая</i> ВИЗУАЛЬНАЯ ГРАМОТНОСТЬ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ	53
<i>В. А. Плетюхов</i> ПЕРВЫЙ ЗАКОН НЬЮТОНА И ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЁТА	56
<i>В. А. Плетюхов, А. И. Серый</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ПАРАДОКСОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	58
<i>Ж. И. Равуцкая</i> ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ И ТЕРМОДИНАМИКЕ	59

<i>С. В. Родин, Ю. И. Савилова</i> ПРИНЦИП НАИМЕНЬШЕГО ДЕЙСТВИЯ В КУРСЕ ФИЗИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА	63
<i>Г. Д. Свентецкая</i> ПАТРИОТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ КАК ОСНОВА ДУХОВНО-ПРАВСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ	66
<i>А. И. Серый</i> ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНАХ ФИЗИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ	69
<i>В. Н. Соловей</i> РОЛЬ ОПЫТА В ПОВЫШЕНИИ ИНТЕРЕСА К ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИКИ	71
<i>А. Р. Филипп, И. И. Жолнеревич</i> «ВИБРАЦИОННАЯ МЕХАНИКА» КАК НОВЫЙ РАЗДЕЛ УЧЕБНОГО КУРСА «МЕХАНИКА»	73
<i>Н. В. Чертко, И. А. Капуцкая</i> «ФИЗИКА» В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ: ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	74
<i>С. В. Чугунов, А. С. Чугунов, Э. В. Чугунова</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ В УЧЕБНОЙ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ	78

СЕКЦИЯ 2

Техническое и методическое обеспечение физического лабораторного практикума	83
<i>М. М. Барковская, А. А. Гладышук</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА СТЕНДЕ НТЦ-14.79. ЦИКЛ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	83
<i>Н. Н. Ворсин, Т. Л. Кушнер</i> ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ТОЧЕЧНЫЕ ОЦЕНКИ В УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ОПЫТАХ ПО ФИЗИКЕ	84
<i>Н. Н. Ворсин, К. М. Маркевич</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА НА ОСНОВЕ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ	89
<i>Н. Н. Ворсин, К. М. Маркевич</i> СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНЫХ ОПЫТОВ И ИХ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ	91
<i>В. К. Долгий, В. А. Чернявский, В. Т. Ветрова</i> ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ	94
<i>И. А. Иващенко, С. Н. Пастушонок, Н. Л. Черкас</i> РЕАЛИЗАЦИЯ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ КОМАНДНОГО ПРОФИЛЯ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ФИЗИКЕ	97
<i>А. А. Онищенко, О. С. Филиппенко</i> РАЗВИТИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА: ОТ КЛАССИЧЕСКОГО К ДИСТАНЦИОННОМУ ОБУЧЕНИЮ	102
<i>А. И. Пинчук, В. И. Гладковский</i> СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА НА ПРИМЕРЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ»	104

СЕКЦИЯ 3

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин	108
<i>М. М. Барковская, О. Ф. Савчук, Р. А. Пуляшко</i> ФОРМИРОВАНИЕ ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ МЕТОДОМ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НИТРИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	108

<i>А. В. Бужан, В. Н. Капшай</i> ФУНКЦИИ ГРИНА РЕЛЯТИВИСТСКИХ ДВУХЧАСТИЧНЫХ КВАЗИПОТЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В СЛУЧАЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЭНЕРГИИ	111
<i>В. И. Гладковский, В. В. Борушко</i> ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЩНОЙ МАТРИЦЫ СВЕТОДИОДОВ С ПОМОЩЬЮ РАДИАТОРА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ	115
<i>А. В. Демидчик</i> РАСЧЕТ ПОЛЮСНЫХ ПЛОТНОСТЕЙ ДИФРАКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ФОЛЬГ СПЛАВА $\text{V}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, ПОЛУЧЕННЫХ СПИННИНГОВАНИЕМ	118
<i>О. А. Жарнова, Н. З. Башун, В. А. Лоташина, В. В. Вашина</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗИ КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ МАССЫ С ОБЩЕЙ ЖИДКОСТЬЮ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА МЕТОДАМИ БИОИМПЕДАНСНОГО АНАЛИЗА	119
<i>Н. Н. Крук, Д. В. Клеицкий, И. В. Вершиловская, Л. Л. Гладков</i> АРОМАТИЧНОСТЬ И КОНТУР СОПРЯЖЕНИЯ В МАКРОЦИКЛЕ СВОБОДНЫХ ОСНОВАНИЙ КОРРОЛОВ	122
<i>Н. П. Тарасюк</i> ДАЛЬНЕЕ ПОЛЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР С КВАНТОВЫМИ ЯМАМИ InGaN	125

СЕКЦИЯ 1**Методика преподавания физики и дисциплин
физического профиля: традиции и инновации****ПРОЕКТ «RADIUM» ПРОГРАММЫ ERASMUS+ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ
В ПОЛОЦКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

Е. С. Боровкова, Д. О. Окунев

*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»,
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

Современные условия развития университетов ставят перед ними новые задачи, в том числе и по таким актуальным на сегодняшний день направлениям, как участие в международных проектах. Данное направление имеет ряд преимуществ, таких как расширение доступности высшего образования, внедрение международных стандартов качества, усиление инновационного характера высшего образования, развитие международного сотрудничества, увеличение объемов академической мобильности преподавателей и студентов и др. [1].

В Полоцком государственном университете накоплен значительный практический опыт по реализации и сопровождению международных проектов. Одним из таких проектов является проект «EU best practices-based education in Radiation Protection and Nuclear Safety Culture for the Belarusian Academia» («RADIUM») по программе Erasmus+. Целью проекта является содействие обучению и подготовке кадров в области радиационной защиты и культуры ядерной безопасности в Республике Беларусь путем разработки и внедрения в шести белорусских университетах образовательных программ с учетом передового опыта ЕС в области соблюдения международных стандартов, способствующих тем самым безопасному использованию атомной энергии в Европе. Основными задачами проекта являются [2]:

✓ разработка новой модульной программы сетевой магистратуры, отвечающей требованиям рынка труда для быстроразвивающейся в Беларуси атомной отрасли и ее инфраструктуры;

✓ совершенствование учебных программ второй ступени высшего образования в шести белорусских вузах с целью обеспечения продвинутого уровня подготовки кадров в области радиационной безопасности и развития культуры ядерной безопасности в обществе;

✓ обновление компетенций в области ядерных знаний посредством актуализации методологического обеспечения учебных планов и образовательных программ в тесном сотрудничестве с европейскими университетами при помощи передовых информационно-коммуникационных технологий, а также сетевого взаимодействия университетов-партнеров и организаций-заказчиков кадров.

На основании обобщения работы международных партнеров проекта – Болонского университета (Италия), Политехнического университета Валенсии (Испания), Университета Хассельта (Бельгия), Университета Манхейма (Герма-

ния) создана новая уникальная модульная междисциплинарная образовательная программа II ступени высшего образования по специальности 1-10080 01 «Ядерная и радиационная безопасность» и профилизацией «Радиационная защита и культура ядерной безопасности». Задача магистерской программы – подготовка специалистов в области радиационной защиты и культуры ядерной безопасности для быстроразвивающейся в Республике Беларусь атомной отрасли и ее инфраструктуры. Данная программа позволит обеспечить подготовку магистров, обладающих углубленными компетенциями в области радиационной защиты и культуры ядерной безопасности, способных к решению управленческих задач в научных, промышленных, аналитических, научно-производственных, экспертных, надзорных организациях ядерной инфраструктуры Республики Беларусь.

В настоящее время в Беларуси образование в области радиационной и ядерной безопасности является весьма востребованным и актуальным, поскольку оно предоставит квалифицированных специалистов для эксплуатации Белорусской АЭС, регулирующих и надзорных органов, профессионалов медицинского, радиометрического и дозиметрического мониторинга. Это позволит поддержать и развить мирное использование ядерных технологий в нашей стране. На сегодняшний день только три белорусских университета (все они находятся в Минске) предлагают программы, ведущие к получению степени бакалавра или специалиста в области ядерной энергетики [2]. Однако на данный момент образовательные программы II ступени высшего образования в этой области в Республике Беларусь отсутствуют. Анализ действующих образовательных программ, проведенный Европейским Союзом, показал, что в Республике Беларусь имеется запрос на комплексную междисциплинарную программу подготовки магистров в области радиационной защиты и культуры ядерной безопасности на основе европейских подходов и рекомендаций Международного агентства по ядерной энергетике (МАГАТЭ). Созданию такой программы и посвящен проект Radium.

Первый набор по магистерской программе «Ядерная и радиационная безопасность» на дневную форму обучения будет осуществлен в БГУ в 2022 году. Обучение в сетевой магистратуре будет организовано в шести вузах-партнерах нашей страны: Белорусском государственном университете, Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники, Полоцком государственном университете, Полесском государственном университете, Гомельском государственном университете имени Франциска Скорины и Гродненском государственном университете имени Янки Купалы.

Магистерская программа является билингвистической (языки преподавания – русский и английский). Помимо этого, она включает в качестве обязательного элемента активную международную академическую мобильность обучающихся и преподавателей. Таким образом, в ходе обучения в магистратуре учащиеся получают академические знания с использованием инновационных методов обучения и применения современных информационно-коммуникационных технологий, расширяют свои профессиональные знания, получают навыки участия в командной работе, знакомятся с компаниями и университетами, осуществляющими свою деятельность за рубежом, совершенствуют навыки владения ино-

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

странным языком, формируя тем самым необходимые для современного рынка труда компетенции, навыки, необходимые для успешной карьеры в ядерной сфере.

Для выполнения поставленных целей обучения предусмотрено обновление измерительного оборудования и обустройство лабораторий. Полоцкий государственный университет получит современные спектрометры, радиометры и индивидуальные дозиметры.

Планируется обучение в рамках следующих учебных модулей: «Научно-исследовательская работа по тематике диссертации», «Культура ядерной безопасности», «Радиационная защита», «Прикладная ядерная физика», «Прикладная ядерная химия», «Радиометрия и дозиметрия», «Ядерная медицина и экологический мониторинг», «Техника радиационного контроля», «Ядерная опасность и оценка рисков», «Европейский опыт в культуре ядерной безопасности».

Согласно утвержденному учебному плану Полоцкий государственный университет будет работать с магистрантами указанной программы в третьем учебном семестре, организуя обучение по двум модулям, включающим четыре учебные дисциплины, приведенные в таблице.

Таблица

Название модуля	Учебная дисциплина
Модуль «Радиационная защита»	Радиационная защита и безопасность источников излучения (6 зачетных единиц)
Модуль «Ядерная опасность и оценка рисков»	Анализ ядерной опасности и оценка рисков (6 зачетных единиц)
	Ядерная энергия: на пути к устойчивому развитию (3 зачетные единицы)
	Зеленые технологии в атомной промышленности (3 зачетные единицы)

Выполнение данной работы в Полоцком государственном университете возложено на преподавателей кафедры физики и кафедры энергетики. Кафедра физики имеет многолетний опыт преподавания дисциплины «Радиационная безопасность» для студентов дневной и заочной форм обучения I степени высшего образования. Проводятся лекционные, семинарские и лабораторные занятия, студенты как технического, так и гуманитарного профилей, получают и теоретические, и практические навыки.

Обновление доступного измерительного оборудования поднимет практическое обучение на современный уровень. Также в рамках проекта предусмотрены стажировки для преподавателей в европейские университеты-партнеры. Так сотрудники кафедр физики и энергетики уже прошли обучение по программе «Ядерная химия и физика» в Высшей школе Манхейма в Германии, в дальнейшем предстоят обучающие тренинги по направлениям: «Радиационная защита» (в Бельгии), «Культура ядерной безопасности (в Испании), «Принципы ЕПВО» (в Италии). Такие стажировки, а также обмен опытом с преподавателями других белорусских университетов, проведение совместных конференций и он-

лайн-встреч способствуют расширению возможностей по обучению дисциплинам ядерной и радиационной безопасности, радиационной защиты и культуры ядерной безопасности для вовлеченных в проект преподавателей, что будет способствовать главной цели проекта Radium в Республике Беларусь – повышению качества образования в данной сфере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агранович, М. Л. Интернационализация высшего образования: тенденции, стратегии, сценарии будущего / М. Л. Агранович [и др.] // Национальный фонд подготовки кадров. – М. : Логос, 2010. – 280 с.
2. Хахомов, С. А. Участие факультета физики и ИТ в проекте RADIUM программы Erasmus+ / С. А. Хахомов [и др.] // Актуальные вопросы научно-методической и учебно-организационной работы: сочетание классических подходов и инновационных организационно-образовательных моделей и технологий : сб. материалов республиканской научно-методической конференции, Гомель, 12–13 марта 2020 г. – С. 709–712.
3. Варламов, Г. В. Международный проект как инструмент интернационализации университета / Г. В. Варламов // Вестник Псковского государственного университета. Серия «Экономика, право и управление». – 2016. – № 3. – С. 15–23.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

С. А. Вабищевич, О. В. Танана, Н. В. Вабищевич, С. И. Rogovskiy
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»,
г. Новополоцк, Республика Беларусь

Современные тенденции развития образовательной среды в вузе требуют инновационных подходов, направленных на непрерывное совершенствование учебно-воспитательного процесса, внедрение практико-ориентированного и междисциплинарного методов обучения и иных современных педагогических методик и технологий, способствующих формированию компетентных в своей профессиональной области специалистов. Научно-исследовательская работа студентов (НИРС) в последнее время приобретает особое значение в организации образовательного процесса, поскольку позволяет на основе фундаментальных и прикладных исследований обеспечивать более осознанное и глубокое усвоение учебного материала различных дисциплин [1]. Ее внедрение в учебный процесс способствует выработке у обучающихся умения применять теоретические знания и методы научных исследований в освоении базовых учебных, профессиональных и социально-личностных компетенций. Поскольку в современной экономике необходимость исследовательского компонента присутствует практически в любой ее сфере и отрасли, то НИРС является полноценным действенным методом и формой обучения студентов, магистрантов, составной

частью учебного процесса в системе подготовки конкурентоспособного специалиста в современном вузе.

Научно-исследовательская работа студентов частично включается в качестве обязательного компонента в учебный процесс в форме подготовки обзоров по новинкам литературы на основании реферирования научных изданий, подготовки и представления сообщений на учебных занятиях, написания рефератов, курсовых и дипломных работ, выполнения научно-исследовательских работ во время практики и стажировки. В настоящее время все перечисленные формы НИРС самым широким образом используются в образовательном процессе по практически всем учебным дисциплинам.

Гораздо большего внимания требует внедрение в учебный процесс таких форм внеаудиторной НИРС как работа в студенческих научных кружках, привлечение наиболее подготовленной части обучающихся к выполнению работы по научным темам, выполняемым коллективами кафедр, выступление с научными докладами на конференциях, участие в олимпиадах и конкурсах, подготовка научных публикаций [1]. Исследовательская деятельность способствует формированию умения ставить проблему, сравнивать и выбирать информационный материал, переводить знания, умения и навыки, полученные при изучении различных предметов, на уровень междисциплинарных связей и понятий, ставить и решать профессиональные задачи, что отвечает требованиям подготовки современного специалиста.

Научно-исследовательская работа студентов и магистрантов Полоцкого государственного университета на кафедре физики организована в рамках деятельности студенческих научных кружков «Моделирование физических процессов» и «Архитектурная и строительная физика». Помимо этого, наиболее целеустремленные ребята привлекаются к выполнению исследований в рамках выполнения заданий научных тем ГПНИ и БРФФИ.

Результаты работы ежегодно представляются в форме докладов на внутривузовской студенческой конференции Полоцкого государственного университета. Лучшие работы, отобранные на конкурсной основе, представляются на Республиканский конкурс научно-исследовательских работ студентов, где неизменно удостоиваются дипломов I или II степени. Молодые исследователи имеют возможность публикации результатов своих исследований и разработок в научном журнале «Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета». Большинство исследовательских разработок студентов и магистрантов внедряется в учебный процесс на различных кафедрах ПГУ.

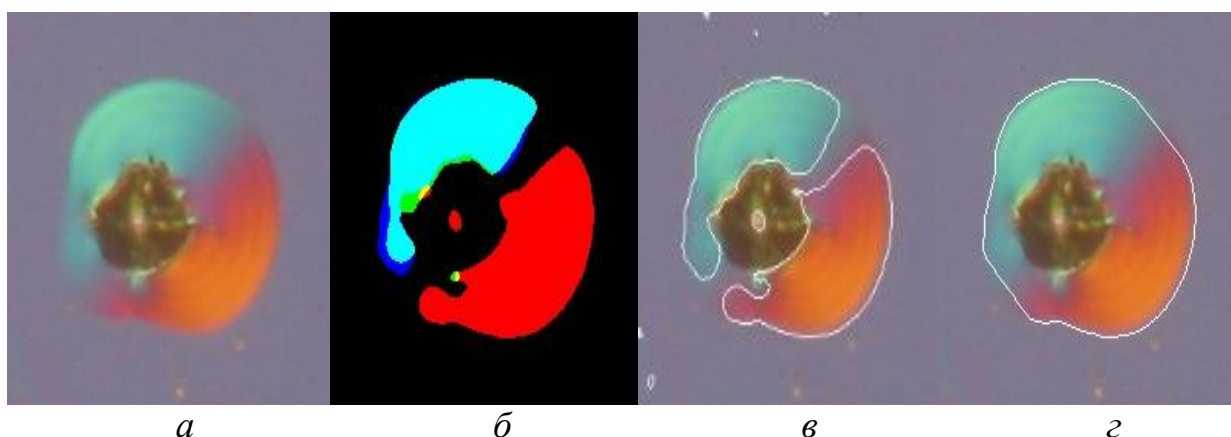
В настоящей работе на примере научно-исследовательской работы студентов факультета компьютерных наук и электроники, проводимой в рамках выполнения научно-исследовательской работы по теме «Физические основы модификации прочностных и адгезионных свойств полимерных пленок и композитных материалов на полупроводниковых структурах, подвергнутых ионнолучевым воздействиям» (ГПНИ на 2021–2025 годы «Материаловедение, новые материалы и технологии»), продемонстрирована возможность проведения исследований начинающими свой творческий путь учеными на достаточно высоком уровне [2].

Актуальность настоящей работы обусловлена необходимостью создания специализированного программного продукта, позволяющего обрабатывать специфическую экспериментальную информацию, полученную в виде фотографии или видеоснимков при исследовании прочностных характеристик полупроводниковых материалов и структур методом микроиндентирования. Однако применение этого метода в материаловедении полупроводников сдерживается необходимостью учитывать ряд условий, снижающих достоверность и объективность проведения измерений. В связи с этим, для повышения эффективности проведения указанных выше измерений и расчетов следует повышать степень их автоматизации с применением информационных технологий. В настоящей работе на языке программирования Python создан программный продукт для распознавания цифровых изображений, позволяющий проводить на основании анализа фотоснимков полный расчет прочностных характеристик материала. Построен алгоритм обработки изображения и реализована программа обработки изображений. Для обработки данных изображений выбрана библиотека OpenCV и язык программирования Python [3].

Входными данными являются фотоизображения отпечатков при индентировании полимера, нанесенного на кремниевую подложку (см. рисунок *а*). В центре наблюдается отпечаток пирамиды индентора в полимерной пленке, окруженный навалами полимера [2].

После применения функции пороговых значений на изображении след имеет более отчетливый контур (см. рисунок *б*). То есть фон стал черным, а область внутри следа стала более яркой и приняла соответствующее значение.

Библиотека OpenCV реализует удобные методы для детектирования и манипуляции с контурами изображения.



а – входное изображение; *б* – изображение после применения функции пороговых значений;
в – изображение с нанесенным контуром;
г – исходное изображение с нанесенным контуром
Рисунок – Этапы обработки входного изображения

Результат отображений контура на изображении представлен на рисунке 6. На изображении выделилось несколько небольших ненужных контуров, которые следует убрать. При отображении контуров на изображении их необходимо отсортировать по площади. Для получения полного контура остается применить функцию поиска контуров и отобразить полученный контур на исходном изображении. Результат показан на рисунке 2.

Результаты проведенных исследований следует рассматривать в разных аспектах.

С точки зрения научной значимости полученного результата реализация данного алгоритма поиска контура может быть использована для определения геометрических параметров отпечатков при индентировании полимеров, что дает возможность рассчитать некоторые прочностные характеристики [2]:

- оконтуривание отпечатка дает возможность определить две диагонали отпечатка, набрать статистику распределения отпечатков, определить среднее значение и рассчитать микротвердость полимера;
- определение контура радиальной трещины позволяет найти длину трещины, статистическое распределение длин трещин и с учетом величины микротвердости рассчитать трещиностойкость (коэффициента интенсивности напряжений) материала;
- нахождение размеров разрушенной области позволяет рассчитать удельную энергию отслаивания пленки, являющуюся характеристикой адгезии полимерной пленки к основе.

С другой стороны, полученные в ходе научно-исследовательской работы разработки активно внедряются на кафедре физики в учебный процесс в виде лабораторных работ для студентов 1 курса специальности «Компьютерная физика» по учебным дисциплинам «Механика» и «Программирование».

Для выполнившего эту работу студента полученный опыт организации и выполнения научных исследований, несомненно, будет способствовать его личностному росту, развитию творческого и аналитического мышления, расширения научного кругозора, приобретению устойчивых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы и познавательной деятельности в целом. Полученный опыт будет способствовать повышению качества подготовки специалиста, способного к самостоятельному творческому участию в инновационных процессах в различных областях экономики.

С точки зрения повышения качества учебного процесса, привлечение студентов к научным исследованиям позволяет коллективу кафедры физики в полной мере применять методы междисциплинарного и дифференцированного обучения, в большей мере использовать творческий потенциал сотрудников кафедры для решения важнейших научных проблем, повышать квалификацию профессорско-преподавательского состава кафедры и качество подготовки выпускаемых специалистов инженерно-технического профиля.

В заключение следует отметить, что организация научно-исследовательской работы студентов в вузе является неотъемлемой частью целостного образовательного процесса подготовки и воспитания специалистов. Внедрение НИРС

в образовательный процесс позволяет подготовить специалистов, обладающих качественно более высокими компетенциями: умением всесторонне анализировать информацию и оценивать инновации, заниматься самообразованием; навыками организации поисковой и исследовательской работы; потребностью в повышении квалификации и участии в научной, инновационной, конструкторской и другим видам исследовательской работы в их последующей профессиональной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вершило, Д. Н. Применение и внедрение результатов научно-исследовательской работы в образовательных системах / Д. Н. Вершило // Качество образовательного процесса: проблемы и пути развития = Quality of the educational process: challenges and ways of development : материалы XII Международной научно-практической конференции, Минск, 17 апреля 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Ю. Е. Кулешов [и др.]. – Минск : БГУИР, 2020. – С. 79–80.
2. Роговский, С. И. Обработка изображений для определения прочностных параметров полимерных пленок / С. И. Роговский [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. – 2021. – № 4. – С. 59–63.
3. Bradski, G. Learning OpenCV. Computer vision with the OpenCV library / G. Bradski, A. Kaehler // O'Reilly Media, Inc. – 2008. – 580 p.

РАЗВИТИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ УЧАЩИХСЯ НА ОСНОВЕ ПРИЕМОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

С. В. Габрусёнок

*Государственное учреждение образования «Лицей г. Новополоцка»,
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

В соответствии с современными требованиями к образованию формируется новое представление о принципах построения и эффективности учебного процесса. Задача образования состоит в том, чтобы научить учиться и овладеть универсальными учебными действиями. Именно в действии рождается знание.

Наиболее приемлемым в работе со старшеклассниками для себя я определила деятельностный подход в обучении физике, который позволяет на принципиально иных началах формировать познавательную деятельность обучающихся и развивает личность учащегося.

Одним из приемов деятельностного подхода является создание проблемной ситуации, в основе которой лежит принцип поисковой учебно-познавательной

деятельности ученика, то есть принцип открытия им выводов науки, способов действия или приложения знаний на практике. Когда перед учащимися ставится проблема, создается проблемная ситуация, у них появляется интерес, они активно включаются в процесс решения проблемы – все это способствует лучшему усвоению материала.

Объяснение нового материала урока по теме «Трансформатор» я начинаю с вопроса: «Можно ли подключить к розетке лампочку, рассчитанную на напряжение 6 В?», а далее следует соответствующая демонстрация, которая подводит к теме урока, а самое главное к необходимости изучения данных устройств.

Постановка и решение проблем связана с развитием интеллектуальных качеств. Только человек, умеющий сомневаться и удивляться, может активно творчески мыслить. Именно удивление становится началом поиска, источником новых открытий. Чаще всего я задаю вопрос или демонстрирую опыты, которые вызывают удивление и даже восторг! Например, урок по теме «Поляризация света» начинаю с демонстрации опыта как меняется «пропускная способность» стекла (анализатора), если его поворачивать перед экраном ЖК-монитора.

Поставленная проблемная ситуация определяет цель в деятельности учащихся и, таким образом, представляет собой учебную задачу, которая решается как с помощью логических умозаключений, математических действий, эксперимента, так и с помощью общеучебных навыков. По существу, на уроках физики каждый вопрос, возникший в связи с изучением материала, является задачей. Например, изучая тему «Изотермический, изобарный и изохорный процессы изменения состояния идеального газа», организую работу в группах, где каждой группе ставится задача самостоятельно вывести газовый закон из уравнения Клапейрона и начертить график заданного процесса в 3-х парах осей (p, V), (V, T) и (p, T). Отчет о своей работе каждая группа оформляет в общую таблицу.

Как один из видов самостоятельной деятельности обучающихся использую фронтальный эксперимент, который может иметь различные функции: образовательную (способствует формированию у обучающихся теоретических знаний; практических умений и навыков: выполнение наблюдений, измерений, опытов, обращение с приборами); развивающую (побуждает учащихся к выполнению умственных операций); воспитательную (развивает самостоятельность и инициативу).

Кратковременные наблюдения, измерения и опыты, тесно связанные с темой урока, позволяют вести изучение теоретических вопросов на экспериментальной основе. По теме «Трансформатор» учащиеся выполняют эксперимент по определению напряжения на первичной и вторичной обмотках, вычисляют коэффициент трансформации; по теме «Оптические приборы» собирают модели труб Кеплера и Галилея; по теме «Поляризация света» проверяют на опыте поляризованность света, испускаемого различными источниками и исследуют с помощью поляризации света распределения механиче-

ских напряжений; по теме «Закон Ома для полной цепи» определяют силу тока короткого замыкания.

Экспериментальные задания позволяют заинтересовать ребят, активизировать их мышление, способствуют формированию более глубоких и прочных знаний по физике, развивают наблюдательность, умение обобщать и делать выводы на основе наблюдений.

Согласно методике преподавания физики, знания считаются усвоенными только тогда, когда ученик может применить их на практике. По умению решить задачу можно судить: понимает ли ученик данный закон, умеет ли он увидеть в рассматриваемом явлении проявление этого закона.

В зависимости от содержания учебного материала и подготовленности учащихся предлагаю дифференцированные по сложности задания, решение которых требует от учащихся различного характера познавательной деятельности. Хорошие результаты дает использование стратегии малых групп при организации самостоятельной работы на уроке и выполнении домашних индивидуальных заданий по основным темам курса. Например, при обобщении темы «Постоянный электрический ток» предлагаю решить экспериментальную задачу на определение КПД источника тока, а в разделе «Основы МКТ» – определить число частиц в кабинете физики. В ходе урока учащиеся могут воспользоваться «облаком подсказки».

Так как лицеисты нацелены на продолжение образования и для большинства основным источником информации есть и будет печатный текст, то в организации самостоятельной деятельности учащихся на уроке значимое место отвожу работе с учебной литературой. Предлагаю составить опорный конспект, заполнить блок-схему, выписать тезисы или найти ответ на вопрос.

Предлагаемые задания формируют у учащихся универсальные учебные действия: анализировать и синтезировать текст учебника, извлекать наиболее значимую информацию из текста, выделять главное, составлять таблицы и вопросы по прочитанному материалу, т. е. учат учиться.

На своих уроках я часто сочетаю фронтальную и индивидуальную работу с групповой. Например, в 11 классе по теме «Оптические приборы» в ходе групповой работы каждая группа знакомится с различными оптическими приборами по предложенному плану:

- определение;
- устройство;
- какое изображение формирует;
- преимущества;
- где используется.

Содержание отчётов групп для всех остальных в классе является новой информацией, значит, от качества выполнения задания каждой группой зависит усвоение материала учащимися класса.

Эффективным приемом является работа над исследовательскими, творческими и информационными проектами.

При деятельностном подходе возможно использование приемов игровых технологий. Как правило, такие уроки провожу в конце изучения темы или раздела. Например, в 10 классе после изучения тем «Основы МКТ» и «Основы термодинамики» проводится урок-турнир, на котором предлагаются различные конкурсы:

- «Быстро и в точку» (командам предлагаются тестовые задания с выбором ответа);
- конкурс эрудитов (команды отвечают на вопросы учителя);
- конкурс любителей кроссвордов (команды обмениваются составленными ранее кроссвордами);
- «Люди науки», где проверяются исторические факты из биографии учёных;
- «Порешаем!», в котором команды работают над задачами;
- «Физическая карусель» (каждая команда получает новое задание только после того, как выполнит предыдущее).

На таких уроках каждый несёт ответственность не только за себя, но и за всю команду, то есть воспитывается командный дух, создаётся ситуация успеха, мотивирующая учащихся к включению в дальнейшую познавательную деятельность.

Чтобы заинтересовать учащихся, то есть пробудить в них исследовательскую, творческую активность, задействовать уже имеющиеся знания, использую «прием гексов». Данный метод актуален при закреплении, обобщении, систематизации большого объёма информации. Например, при изучении раздела «Электростатика», прием-игра «Домино» при проверке основных понятий и определений.

Приемы, используемые мною в рамках деятельностного подхода, способствуют:

- формированию ключевых образовательных компетенций учащихся;
- развитию у учащихся всех компонентов деятельности, а не только багажа знаний; абстрактные знания, которые ученик при традиционной учебе черпает из рассказа учителя или учебника, становятся близкими и понятными, надолго запоминающимися, осознанными (ведь он сам добыл их);
- самоорганизации и самоконтролю вообще и на каждом этапе, в частности, ибо иначе нельзя достигнуть требуемого результата;
- овладению учащимися не только знаниями, но и разными видами деятельности (учащемуся приходится вступать в деловую коммуникацию, налаживать деловые партнерские отношения, осмысливать их).

Подготовка к таким урокам, несомненно, занимает больше времени, но результат оправдывает средства, ведь именно на таких уроках развивается и воспитывается личность, способная к самостоятельной творческой деятельности, развивается теоретическое мышление, информационные и коммуникативные компетентности, то есть те качества личности, которые отвечают требованиям информационного общества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдов, В. В. Проблемы развивающего обучения: опыт теоретического и экспериментального психологического исследования / В. В. Давыдов. – М. : Педагогика, 1986. – 240 с.
2. Дамбуева, А. Б. Методика организации уроков физики на основе системно-деятельностного подхода [Электронный ресурс] / А. Б. Дамбуева, Л. В. Скокова. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/metodika-organizatsii-urokov-fiziki-na-osnove-sistemno-deyatelnostnogo-podhoda-k-obucheniyu>. – Дата доступа: 23.09.2020.
3. Запрудский, Н. И. Современные школьные технологии : пособие для учителей / Н. И. Запрудский. – 3-е изд. – Минск: 2006. – 288 с.
4. Каменецкий, С. Е. Теория и методика обучения физике в средней школе : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / С. Е. Каменецкий [и др.]. – М. : Академия, 2000. – 368 с.
5. Мануилова, С. М. Системно-деятельностный подход в преподавании физики [Электронный ресурс] / С. М. Мануилова. – 2013. – Режим доступа: <http://uoumr.ru/sites/default/files/pedchteniya/pedchteniya-manuilova.pdf>. – Дата доступа: 21.09.2020.

ИННОВАЦИОННЫЙ РЕСПЕКТ КАФЕДРЕ ФИЗИКИ 1990-х

А. А. Гладышук, Т. Л. Кушнер

*Учреждение образования «Брестский государственный
технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

1990-е годы в целом для общества и в частности для сферы образования оказались с одной стороны непростыми, а с другой, как это не покажется странным, достаточно демократичными для образовательного маневра в учебном процессе. Правда, при выполнении одного важного обязательного условия, если подразделение, в нашем случае кафедра, к этому моменту смогло накопить и не растерять научный и педагогический опыт. Такой опыт у кафедры физики Брестского политехнического института, позднее переименованного в Брестский государственный технический университет, по мнению авторов имелся и оказался востребованным.

Фундаментальные научные исследования

К началу 1990-х кафедра физики вступила в активную фазу научного сотрудничества с Институтом физики им. Б. И. Степанова Академии наук Республики Беларусь (АН РБ). Это сотрудничество осуществлялось по научной тематике лаборатории оптики полупроводников под общим руководством члена-корреспондента АН РБ, д. ф.-м. н., профессора В. П. Грибковского и д. ф.-м. н., профессора Г. П. Яблонского. Результаты этого сотрудничества получили свое отражение в научных публикациях в престижных физических журналах [1–4].

В свою очередь на кафедре физики это сотрудничество позволило работникам быть включенными в качестве исполнителей в инновационные проекты по

некоторым тематикам важнейших фундаментальных исследований Республики Беларусь, что существенно повлияло как на публикационную активность преподавателей кафедры, так и на подготовку, а затем успешную защиту молодыми сотрудниками кафедры диссертаций на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (Луценко Е. В. – 1995 г., Ракович Ю. П. – 1995 г., Русаков К. И. – 1998 г.). Это было невероятно успешное достижение кафедры в подготовке собственных кадров высшей квалификации, если принять во внимание, что большая доля диссертационных работ выполнялась соискателями непосредственно на кафедре, так как ими была избрана заочная форма для обучения в аспирантуре Института физики им. Б. И. Степанова.

Действительно, в этот период времени кафедра физики чем-то напоминала небольшое научное подразделение, ведущее серьезные экспериментальные исследования по физике полупроводников. Именно в 1990-х на кафедре появляются прецизионные установки и оборудование для измерения спектральных характеристик полупроводниковых соединений. Одновременно молодые исследователи вели и преподавательскую работу.

Лабораторный физический практикум

Физический практикум (лабораторные работы) в вузе является самым затратным и трудоёмким в учебном процессе, так как требует постоянного технического и методического обеспечения. На него же, как правило, приходится и самая большая нагрузка в учебных часах. До 1990-х годов кафедре не удавалось справиться с разным уровнем требований к методическим указаниям для выполнения студентами лабораторных работ, что, естественно, приводило к определенному методическому «дискомфорту» в обеспечении учебного процесса.

В 1990-х годах кафедра приступила к унификации методических разработок в физическом лабораторном практикуме, одновременно существенно улучшая их научный уровень. По сути на этот период пришелся тотальный пересмотр научно-методического обеспечения практикума во всех учебных лабораториях кафедры [5, 6]. Особый содержательный смысл эта работа получила после приобретения унифицированного учебного лабораторного оборудования по циклу лабораторных работ «Механика». Работая с лабораторными установками нового поколения, где, казалось, повышение точности измерений должно привести к улучшению конечного результата, наоборот, привело к их заметному огрублению. Сформулировав новое оригинальное методическое направление [7], доцент кафедры физики Н. И. Чопчиц блестяще справился с этой неожиданной учебной задачей. После чего был создан инновационный комплекс методического обеспечения для цикла лабораторных работ «Механика».

Рейтинговая система оценки знаний студентов

В 1990-е годы по инициативе доцента кафедры физики В. И. Гладковского начинает активно внедряться в учебный процесс так называемая рейтинговая оценка текущих знаний студентов в семестре [8]. Рейтинговая система явилась оригинальной разработкой кафедры и вскоре получила высокую оценку во многих вузах Республики Беларусь. Благодаря ей удалось заметно активизировать учебный процесс, так как система по своей сути стимулировала усвоение студентами учебного материала в семестре задолго до экзаменационной сессии.

Комплексные задачи по физике

Автором этого «know-how» являлся доцент кафедры физики Н. И. Чопчиц, создавший уникальную коллекцию комплексных задач по физике и предложивший методику их решения [9]. По сути дела, речь шла о принципиально новой методике решения студентами физических задач, охваченных одной темой курса общей физики. Кафедра физики 1990-х погрузилась в творческие методические семинары, результаты которых позволили поднять на порядок качество проведения практических занятий. Освоение новой методики создало не только престиж кафедре, но и в целом всему университету [10, 11], а самое главное, сделало решение задач доступными для студентов любой формы обучения.

Зарубежные контакты

В 1991 году наш университет и в том числе кафедра физики установили прямые контакты с западно-германским техническим вузом «Fachhochschule Ravensburg-Weingarten». Это дало возможность обмениваться инновационными достижениями как в научной, так и преподавательской деятельности. В это время на кафедре появляется необычная дисциплина «Решение прикладных задач с помощью пакета программ Mathematica», обучающая будущих инженеров использованию новейших программных разработок для практических целей. При этом деятельность кафедры по использованию нового программного продукта была лицензирована и являлась пионерской в Республике Беларусь.

Необычным достижением кафедры физики в эти годы явилось выполнение на кафедре дипломной работы немецкой студенткой Сабиной Саммет «Верификация и модификация математической модели миграции радионуклидов в организмах косуль».

В заключение отметим, что инновационные достижения кафедры физики 1990-х годов работают на благо учебного процесса до сих пор [12, 13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gladyshchuk, A. A. Luminescence of ZnOMonocrystals at Excitation by Streamer Discharges and Laser Radiation / A. A. Gladyshchuk, A. I. Gurskii, V. A. Nikitenko, V. V. Parashchuk, L. N. Tvoronovichand, G. P. Yablonskii.// Journal of Luminescence. – Volume 42, № 1. – 1988. – P. 381–387.
2. Грибковский, В. П. Кристаллографическая ориентация и примесное свечение стримерных разрядов в монокристаллах ZnS и ZnSe / В. П. Грибковский [и др.] // Физика и техника полупроводников. – Т. 26, вып. 11. – 1992. – С. 1920–1927.
3. Rakovich, Yu. P. Influence of Surface Electric Field on Exciton Photoluminescence of CdS / Yu. P. Rakovich, G. P. Yablonski, A. A. Gladyshchuk and A. S. Smal. // Phys. stat. sol. (b). – 189, 247 (1995). – S. 247–256.
4. Ракович, Ю. П. Структура полосы излучения свободных экситонов в гетероэпитаксиальных слоях ZnSe/GaAs / Ю. П. Ракович [и др.] // Физика твердого тела. – Т. 40, № 5. – 1998. – С. 287.

5. Гладышук, А. А. Концепция и практический опыт преподавания физики в Брестском политехническом институте / А. А. Гладышук // Методика выкладки дисциплин физического профиля у высших учебных заведений : материалы республиканского науч.-метод. конф. – Брест, 1992. – 142 с.
6. Гладышук, А. А. Изучение линейчатых спектров. Методические указания к выполнению лабораторной работы К-2 / А. А. Гладышук [и др.] – Брест, 1996. – 17 с.
7. Чопчиц, Н. И. Некорректные задачи в лабораторном физпрактикуме : тезисы докладов X зонального совещания / Н. И. Чопчиц. – Гродно, 1989. – С. 127.
8. Гладковский, В. И. Рейтинговая система оценки знаний по физике – средство активизации учебного процесса / В. И. Гладковский [и др.] // Брест. политех. ин-т, деп. в НИИВШ, 25.11.91, № 1390-90. – Брест, 1990. – 12 с.
9. Чопчиц, Н. И. Комплексные задачи по физике : учебное издание / Н. И. Чопчиц ; ответ. за выпуск И. С. Янусик. – Брест : Изд-во БрГТУ, 2014. – 107 с.
10. Барковская, М. М. Физика I. Методические рекомендации для практических занятий по физике с индивидуальными заданиями / М. М. Барковская, А. А. Гладышук, О. Ф. Савчук. – Брест : БрГТУ, 2019. – 62 с.
11. Барковская, М. М. ФИЗИКА II. Методические рекомендации для практических занятий по физике с индивидуальными заданиями / М. М. Барковская, А. А. Гладышук, О. Ф. Савчук. – Брест : БрГТУ, 2020. – 54 с.
12. Кушнер, Т. Л. Проекты и партнеры в научной деятельности кафедры физики Брестского государственного технического университета / Т. Л. Кушнер [и др.] // Актуальные проблемы современного естествознания : материалы XI Республиканского науч.-метод. семинара, Минск, 3 декабря 2020 г. / РИВШ. – Минск, 2020. – С. 94–98.
13. Кушнер, Т. Л. Новые тенденции и перспективы в совершенствовании качества преподавания физики в техническом вузе / Т. Л. Кушнер [и др.] // Информационные и инновационные технологии в науке и образовании : сб. материалов V Всероссийской науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию Таганрогского института им. А. П. Чехова, Таганрог, 28–29 октября 2020 г. / Таганрогский ин-т им. А. П. Чехова. – Таганрог : ТГИ, 2020. – С. 25–29.

КОМПЛЕКСНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ПО ФИЗИКЕ КАК СРЕДСТВО ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

В. И. Глебович, О. Г. Харазян

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь

Для диагностики уровня учебных достижений учащихся по какой-либо теме в учебном процессе по физике используются самостоятельные и контрольные работы, которые чаще всего включают по пять задач. Эти задачи дифференцируются по уровням сложности. Довольно редко такие задачи в свое условие включают работу с графиком зависимости физических величин и еще реже тре-

бованием таких задач является построение или перестроение графика физического процесса.

Альтернативой традиционным контрольным и самостоятельным работам могут стать комплексные графические задачи. Под графической задачей будем понимать задачу, решение которой связано с качественной и (или) количественной характеристикой физического процесса путем исследования или построения графика зависимости физических величин [1]. Комплексная задача в свою очередь включает в себя большое количество требований, которые позволяют охватить большинство вопросов рассматриваемого раздела школьного курса физики [2].

Поскольку требования комплексной задачи позволяют постепенно дополнять заданный график физического процесса новыми условиями, то использование комплексной графической задачи даст возможность учителю продиагностировать все основные знания, умения и навыки учащихся по пройденному разделу курса физики. Такие задачи позволяют оценить уровень понимания сущности физического процесса, являются наглядными и способствуют активизации мыслительного процесса.

Применять комплексные графические задачи можно и на уроках обобщения и систематизации знаний. В этом случае при помощи одной качественно сформулированной задачи можно рассмотреть и повторить весь пройденный в разделе материал.

Рассмотрим пример комплексной графической задачи по теме «Электромагнитные колебания и волны» (11 класс), включающей 20 заданий. На рисунке 1 приведен график зависимости заряда q от времени t в идеальном колебательном контуре.

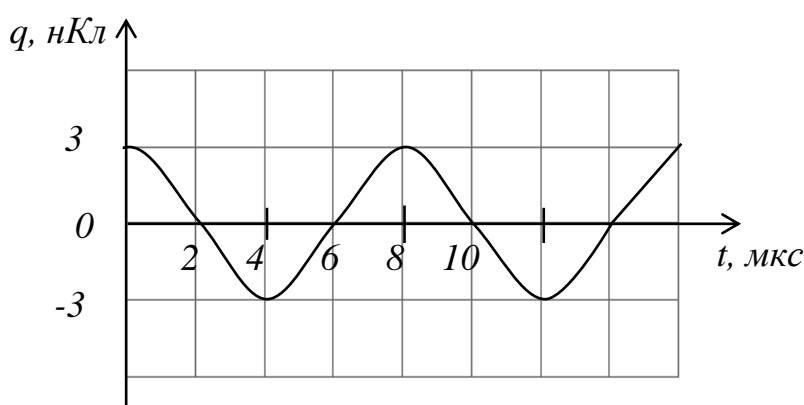


Рисунок 1 – График зависимости заряда от времени в идеальном колебательном контуре

Задания на определение по графику характеристик электромагнитных колебаний в контуре.

1. Определите по заданному графику заряд конденсатора в момент времени 12 мкс .

2. Определите по заданному графику значения следующих физических величин: амплитудное значение заряда, период, начальную фазу электромагнитных колебаний.

Задания на вычисление значений характеристик электромагнитных колебаний в контуре.

3. Рассчитайте частоту электромагнитных колебаний.

4. Рассчитайте амплитудное значение силы тока.

5. Рассчитайте амплитудное значение напряжения на конденсаторе, емкость конденсатора $2,0 \text{ мкФ}$.

6. Рассчитайте индуктивность катушки.

7. Рассчитайте точное значение заряда конденсатора и силы тока в момент времени 5 с .

Задания на вычисление значений энергетических характеристик электромагнитных колебаний в контуре.

8. Определите период колебаний энергии электрического поля конденсатора.

9. Определите полную энергию колебательного контура.

10. Определите максимальную энергию магнитного поля катушки.

11. Определите энергию конденсатора в момент времени 5 с .

Задание на умения представлять зависимость физических величин через математическое выражение.

12. Запишите уравнение зависимости заряда конденсатора от времени, соответствующее заданному графику.

13. Запишите уравнение зависимости напряжения на обкладках конденсатора от времени, соответствующее заданному графику.

14. Запишите уравнение зависимости силы тока в колебательном контуре от времени, соответствующее заданному графику.

Задания на понимание физической сущности процессов, происходящих в колебательном контуре.

15. Отметьте участки графика, которые отражают процесс разрядки конденсатора.

16. Чем отличаются участки графика с 2 по 4 мкс и с 6 по 8 мкс?

17. Опишите, какие преобразования происходят с электрическим полем конденсатора и магнитным полем катушки с 6 по 10 мкс.

Задания на построение и перестроение графиков зависимости физических величин.

18. Постройте график зависимости силы тока I от времени t .

19. Представьте график зависимости заряда от времени $q(t)$ и график зависимости силы тока от времени $I(t)$ в одних координатных осях, проанализируйте полученные графики совместно.

20. Постройте график зависимости заряда q от времени t в идеальном колебательном контуре при условии, что амплитуда колебаний уменьшится в 2 раза, а частота увеличится в 4 раза.

Использование предложенной комплексной графической задачи в учебном процессе по физике позволяет определить уровень усвоения следующих понятий: амплитуда, период, частота, фаза свободных электромагнитных колебаний; определить уровень осознанности формулы Томсона, зависимости заряда конденсатора и силы тока в катушке колебательного контура с течением времени, распределения энергии электромагнитных колебаний между электростатическим полем конденсатора и магнитным полем катушки в идеальном колебательном контуре. Данная задача дает возможность диагностировать умение определять графически период электромагнитных колебаний, амплитудное значение заряда конденсатора, рассчитывать амплитудные значения силы тока в контуре и напряжения.

При составлении комплексных графических задач по физике важно сформулировать задания, позволяющие затронуть большое количество изученных вопросов в рамках одного раздела. Все задания комплексной задачи можно разделить на пять блоков. *Первый блок* включает задания на аналитическую интерпретацию предложенного графика. *Второй блок* включает требование о вербальной интерпретации графика зависимости физических величин. Требования *третьего блока* должны быть направлены на количественную интерпретацию имеющегося в условии графика. *Четвертый блок* требований должен подразумевать построение нового графика функций, используя данные графика из условия. Перестроение имеющегося графика с учетом заданных условий составляет *пятый блок* требований.

Таким образом, комплексная графическая задача по физике обладает большим диагностическим потенциалом, поскольку позволяет выявить пробелы по конкретным вопросам изученного материала, а также установить, какой вид умений работы с графиками недостаточно сформирован. Главным преимуществом комплексных задач является не только возможность системно повторить и проверить знания и умения, но и предложить задания на различные виды деятельности, предполагающие работу с исходным графиком, вычислительные операции, ответы на качественные вопросы, деятельность по построению и перестроению графика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глебович, В. И. Методические основы использования качественных задач с графическим содержанием в процессе обучения физике / В. И. Глебович // Вестник образования. – 2021. – № 7. – С. 32–43.
2. Харазян, О. Г. Методические основы использования комплексных задач на уроках физики / О. Г. Харазян, Э. В. Полудень // Весці Беларускага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта імя Максіма Танка. Сер. 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. – 2019. – № 2. – С. 31–37.

ПРОБЛЕМЫ И СОСТОЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ

В. М. Завадская, О. Г. Харазян

*Учреждение образования «Гродненский государственный
медицинский университет», г. Гродно, Республика Беларусь*

В Гродненском государственном медицинском университете было проведено анкетирование среди студентов первого курса. В анкетировании приняли участие 236 студентов лечебного, педиатрического и медико-диагностического факультетов. Цель исследования – выявить проблемы и состояние физического образования студентов, в частности, изучить проблему мотивации студентов, у которых физика не является профильным предметом. Результаты анкетирования носят практическую значимость, поскольку позволяют проанализировать пути решения указанной проблемы и найти подходы для повышения качества физического образования. Анкета носила анонимный характер.

На вопрос о мотивации к изучению физики в школе 63 % опрошенных студентов выбрали ответ «получение высокой отметки для балла аттестата», 25 % опрошенных – «ничего не мотивировало на изучение физики». Среди ответов были и такие ответы, как «хороший учитель» (2,1 %). Проанализировав ответы можно сделать вывод о том, что студенты были мотивированы не на изучение физики, а на получение высокого балла аттестата для поступления в учреждение высшего образования.

Во втором вопросе студентам было предложено расположить в порядке значимости не более пяти школьных предметов и составить идеальный день в их школьном расписании. Физику выбрали всего 11 % респондентов (из них 0,4 % разместили физику на первое место, 0,85 % – второе, 1,7 % – третье, 3 % – четвертое, 5,1 % – пятое). Это говорит о том, что в формировании познавательного интереса у учащихся старших классов большую роль играет профессиональная ориентация ученика. Он интересуется именно теми школьными предметами, изучение которых поможет ему в освоении выбранной профессии. В данном случае будущие студенты-медики делали упор на изучение химии и биологии.

Также студентам было предложено выразить их отношение к учебному предмету «Физика», самым значимым ответом оказался «физика интересный, но сложный предмет» (69,92 %), далее «физика неинтересный и сложный предмет» (20,76 %). Среди вариантов, которые студенты писали сами, были ответы «физика интересный предмет, но в школе не повезло с её изучением». Выбранный ответ про сложность предмета очевиден, поскольку учебный материал по физике в старших классах действительно сложный и

требует много времени на подготовку и хорошего знания математического аппарата.

Следующий вопрос выявлял место физики для подготовки будущих специалистов-медиков. В результате 59,32 % опрошенных студентов считают, что физика частично связана с их будущей профессией, всего 5,93 % опрошенных считают, что физика занимает ведущее место в подготовке специалистов будущей профессии. Из полученных ответов можно сделать вывод о том, что большинство будущих студентов-медиков считают, что физика не связана с их будущей профессией.

Один из вопросов выявлял трудности при изучении физики в университете. Студентам предлагалось расположить в порядке убывания трудности, с которыми они столкнулись при изучении медицинской и биологической физики. Наиболее значимым ответом, который студенты поставили на первое место, был «недостаточный уровень знаний школьного курса физики» (32,2 %), на второе – «трудности, связанные с применением математического аппарата (24,15 %), третье – «нет желания и интереса к изучению физики» (30,93 %) и на последнем месте – «изучаемый учебный материал сложный для понимания» (26,69 %). Выявленные ответы подтверждают тот факт, что в школе не уделялось должного внимания на изучение физики и математики. Будущие студенты-медики в школьные годы считали, что знания по физике не имеют для них большого значения.

Студентам также был предложен вопрос о готовности заниматься самообразованием по физике в свободное от учебы время. В результате, 25,8 % опрошенных студентов считают, что не располагают для этого свободным временем, 14 % – в этом нет необходимости, 10,1 % – нет мотивации для самообразования по физике. Самообразование по физике, судя по полученным данным, не вызывает большого интереса у студентов.

Результаты анкетирования позволили выявить проблемы низкой мотивации у большинства студентов 1-го курса лечебного, педиатрического и медико-диагностического факультетов при изучении медицинской и биологической физики. Студенты-медики считают, что физика не связана с их будущей профессией, и не уделяют должного внимания для ее изучения. Кроме этого, важным фактором низкой мотивации студентов являются трудности, связанные со знанием и применением математического аппарата. Для восстановления школьных пробелов необходимо много работать самостоятельно и уделять достаточно времени на подготовку, а свободного времени у студентов практически нет.

Для повышения мотивации к изучению физики у студентов медицинских специальностей необходимо системно реализовывать в образовательном процессе три подхода (рисунок 1).

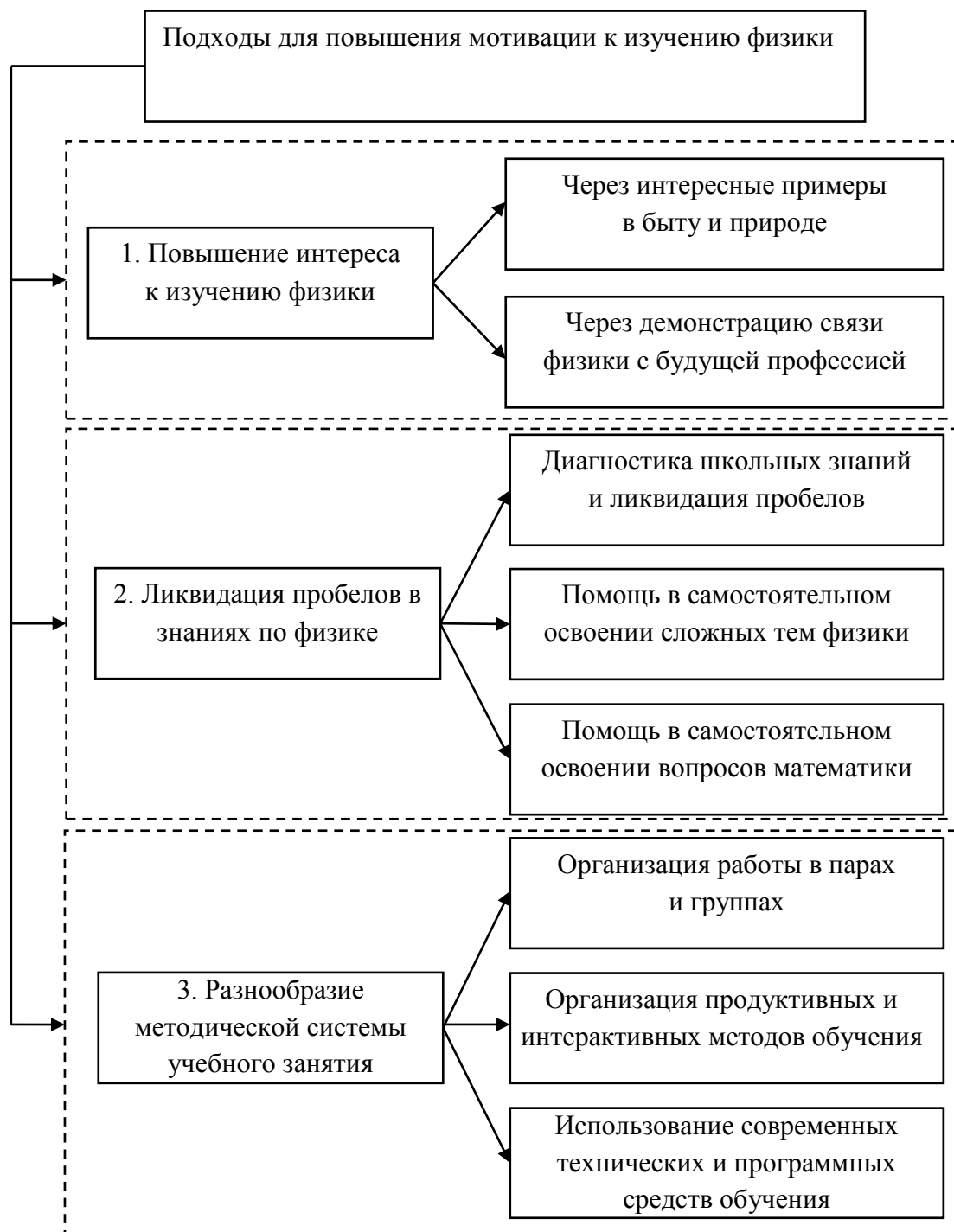


Рисунок 1 – Подходы для повышения мотивации к изучению физики

Согласно первому подходу необходимо на каждом занятии поддерживать интерес к изучению физики через повышение значимости изучаемых вопросов. Для этого на каждом занятии необходимо демонстрировать практическое применение рассмотренных физических явлений и законов, их проявление в быту и природе, их связь с химией и биологией. Важно системно демонстрировать, как изучаемые вопросы по физике связаны с медициной, с будущей деятельностью врача.

Согласно второму подходу необходимо системно проводить диагностику знаний студентов и ликвидацию школьных пробелов в знаниях за счет самостоятельной работы над учебным материалом.

Во-первых, перед изучением новой темы по физике необходимо организовать повторение школьного курса физики и ликвидацию имеющихся в знаниях пробелов. Важно предложить студентам учебный материал в доступной и наглядной форме, позволяющий самостоятельно изучить школьные темы. Только после этого можно преступать к изучению новой темы.

Во-вторых, понимание физики усложняется низким уровнем владения математическим аппаратом, который используется для изучения физики на количественном уровне. Необходимо подготовить адаптированный для студентов курс математики, позволяющий самостоятельно изучить необходимые базовые понятия.

В-третьих, из-за недостатка учебных часов, выделяемых на изучение физики, не все студенты успевают разобраться на занятиях с учебным материалом. Поэтому часть материала может выноситься на самостоятельное изучение. Для эффективной реализации самостоятельной работы над учебным материалом необходимо предложить студентам схему работы, материалы для проработки темы занятий или для проработки нового учебного материала.

Согласно третьему подходу для повышения мотивации к физике необходимо обеспечить разнообразие методической системы учебных занятий, использовать современные методы, формы и средства обучения.

Таким образом, низкий уровень мотивации к изучению физики среди студентов-медиков обусловлен рядом причин. У большинства студентов низкая мотивация к изучению физики сформирована еще в школьные годы. Это связано с тем, что обучающиеся старших классов уделяли больше внимания профильным дисциплинам, биологии и химии. Следствием этого стал низкий уровень остаточных знаний по школьному курсу физики и низкий уровень владения математическим аппаратом. Не зная школьного курса физики на достаточном уровне сложно и практически невозможно овладеть учебным материалом на лекционных занятиях, в результате чего у студентов сформировано мнение о том, что физика сложная для изучения наука. Анкетирование позволило выявить тот факт, что студенты не видят связь физики с будущей профессией, что также не мотивирует на изучение физики. Для преодоления указанных проблем необходимо реализовать комплекс мер, направленных на повышение уровня мотивации к изучению физики: 1) устранить пробелы в школьном курсе физики; 2) обеспечить демонстрацию связи физики с медициной; 3) реализовать помощь для самостоятельного изучения вопросов курса физики в университете; 4) построить учебный процесс по физике с использованием продуктивных методов обучения и смешанных форм работы.

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ КУРСАНТОВ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ

И. А. Иващенко, Н. Л. Черкас, С. Н. Пастушонок

*Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Важным фактором, обеспечивающим подготовку высококвалифицированных военных специалистов-инженеров в УО «Военная академия», является наличие в образовательной программе серьезной фундаментальной базы, физика в которой играет одну из ключевых ролей. Специфика организации образовательного процесса в военном вузе (краткость курса в силу дефицита выделенного на изучение дисциплины учебного времени, необходимость совмещать учебу и несение военной службы и др.), выдвигает требования в создании специальных условий для эффективного овладения курсантами необходимыми знаниями, умениями и навыками. Особая значимость лабораторных занятий в изучении физики требует внимательного подхода к организации лабораторных занятий. Применяемый на кафедре физики Военной академии лабораторный практикум для курсантов инженерных специальностей к настоящему времени модернизирован на базе современных компьютерных технологий. В обновленном лабораторном комплексе применяются компьютерное моделирование и виртуальные приборы в сочетании с реальными; сохранена суть, методическая основа и информативность имевшихся на кафедре лабораторных установок в сочетании с современной элементной базой и компьютерными средствами. В ходе лабораторных занятий у курсантов формируются осознанные представления об основных законах и явлениях физики во взаимосвязи с профессиональными знаниями и умениями.

Эффективное функционирование и результативность разработанного лабораторного комплекса, его методическое обеспечение и организация его работы обеспечена сформированной параллельно с процессом технической модернизации на кафедре системой педагогических условий (рисунок 1) – дидактических, организационных и психолого-педагогических.

Функция дидактического обеспечения заключается в целенаправленном формировании содержания, приемов и форм работы для решения образовательных задач [1]. С этой целью на кафедре разработана и издана система учебно-методических и др. материалов в помощь курсантам и преподавателям в процессе подготовки, выполнения и отчета по лабораторным работам:

а) Учебно-методические пособия [2–4] содержат для каждой лабораторной работы теоретический материал в объеме, достаточном для подготовки к лабораторному занятию, методику выполнения лабораторной работы, указания по использованию лабораторной установки, описание всех этапов проведения лабораторных исследований, алгоритм проведения вычислений, способы оформления полученных результатов, список литературы, справочные таблицы.

б) «Рабочие тетради» [5–8], в которых представлены индивидуальные макеты отчетов по каждой из лабораторных работ, учитывающие ее особенности, структуру и тематику. Их внедрение обеспечивает индивидуализированный подход к выполнению курсантами лабораторных работ, условия для эффективной самоподготовки к лабораторному занятию и рационального использования времени как в процессе самоподготовки, так и на самом занятии.

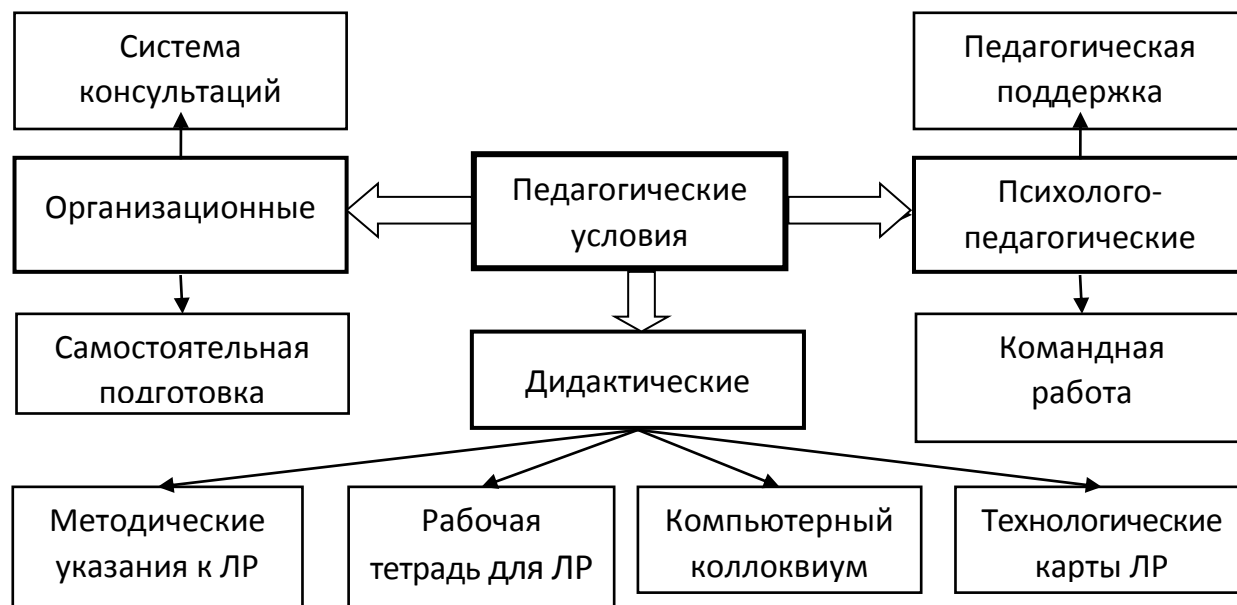


Рисунок 1 – Система педагогических условий

Интерактивный способ выполнения заданий оказывает влияние на формирование у курсантов осознанных представлений об основных законах и явлениях физики по темам лабораторных работ. Дидактически акцентированная подача материала предложенных разделов оформления отчета по лабораторным работам достаточно логична и рациональна. Оформление курсантами предложенных отчетов по лабораторным работам помогает прививать приемы и навыки освоения учебного материала, которые эффективно применяются в дальнейшей учебе. Задания по схемам экспериментальной установки позволяют курсантам усвоить физические принципы, лежащие в основе функционирования тех или иных технических устройств или физических явлений.

Практикум, предоставляемый каждому курсанту для индивидуальной работы, ориентирован на тщательное, добросовестное и самостоятельное прохождение курсантами всех этапов занятия, выполнения всех заданий, отраженных в описании лабораторной работы, что является залогом успеха в достижении цели занятия.

Ведение курсантами индивидуальных рабочих тетрадей позволяет определить степень активности; проследить наличие всех запланированных работ; оригинальность творческой работы; повысить мотивацию к необходимости и полезности контроля, так как помогает совершенствовать знания, делает их более ясными и систематизированными, содействует развитию памяти и мышления.

в) Комплекс тестирующих компьютерных программ для коллоквиума по лабораторным работам, разработанный с привлечением курсантов. Коллоквиум представляет собой систему контроля теоретических знаний и практических умений по физике при допуске к работам и защите отчетов по лабораторным работам, включает разноуровневые и разноцелевые задания. Цель коллоквиума – быстро и качественно осуществить контроль теоретических знаний и практических навыков, приобретенных курсантами на лекционных, практических и лабораторных занятиях по физике; выявить пробелы в усвоении материала и, как результат, оперативно скорректировать планы и методику проведения занятий.

Задания позволяют оценить как знание качественной стороны изучаемых на лабораторных занятиях явлений и законов, так и умения решать практически важные задачи, производить вычисления, преобразовывать данные, единицы измерения, формулы.

Контрольно-оценочный компонент предполагает регулярную проверку и оценивание результатов деятельности курсантов в процессе выполнения лабораторной работы, поскольку контроль знаний представляет собой один из важных элементов целостного учебно-воспитательного процесса.

Организация контроля и оценивания результатов деятельности курсантов с помощью специально разработанных форм педагогического контроля также позволяет повысить результативность использования лабораторного комплекса.

г) Технологические карты лабораторных установок модернизированного лабораторного комплекса, созданные коллективом кафедры в процессе выполнения НИР; их наличие позволяет обеспечить качественный процесс контроля над работой оборудования; оперативно осуществлять подготовку (размещение, подключение, настройку) лабораторных работ к проведению занятий; осваивать в короткие сроки инженерно-техническим и профессорско-преподавательским составом кафедры методику контроля и руководства курсантами при выполнении ими лабораторных работ.

Важной составляющей организационно-педагогических условий, главная функция которых заключается в управлении процессуальным аспектом педагогического процесса [9], является четко выработанная в Военной академии система консультаций преподавателя с курсантами и обязательная самоподготовка к занятиям в послеобеденное время, обеспеченность которых указанными выше учебно-методическими материалами создает необходимые условия для качественной теоретической и практической подготовки курсантов и эффективного функционирования лабораторного комплекса.

Психолого-педагогические условия обеспечивают педагогические меры воздействия педагога на обучающегося, призванные повысить эффективность образовательного процесса. Функцией психолого-педагогических условий является организация конкретных педагогических мер, направленных на воспитание, обучение и развитие личности [10].

Для эффективности процесса выполнения лабораторной работы необходимо наличие четко отработанного алгоритма командной работы. Умение осуществлять коммуникацию и работать в команде является важным для формирования

исследовательской компетенции курсантов. Работая в команде, курсанты развивают коммуникативные навыки, учатся сотрудничать и прислушиваться к мнению друг друга.

Под педагогической поддержкой понимается процесс создания условий (совместно с курсантами) для сознательного самостоятельного разрешения ситуации выбора при условии, если курсант не справляется сам. Преподаватель оказывает курсантам содействие и помощь в решении возникающих проблем при выполнении лабораторных работ. При этом проблемы могут касаться не только содержательной части работы, но и психологического состояния курсанта.

Педагогическая поддержка также включает совокупность мер и факторов, способствующих реализации в учебном процессе спроектированной преподавателем технологии креативного обучения: готовность преподавателя к инновационной деятельности; соответствие преподавателя критериям, предъявляемым педагогу высшей школы XXI века как профессионалу и как личности; осуществление совместной творческой деятельности преподавателя и курсантов; диагностическое целеполагание, отбор и структурирование содержания учебного материала осуществляется с учетом принципов личностно-ориентированного подхода к образованию, аутентичности, активизации творческой деятельности курсантов; организация контроля и оценивания результатов деятельности курсантов с помощью специально разработанных форм педагогического контроля, способствующих реализации творческой деятельности.

Таким образом, сформированная на кафедре система дидактических, организационно-педагогических, психолого-педагогических условий при использовании широкого спектра возможностей образовательной среды обеспечивает эффективное функционирование и результативность модернизированного лабораторного комплекса по физике и способствуют качественному решению образовательных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полат, Е. С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования / Е. С. Полат, М. Ю. Бухаркина. – М. : Академия, 2007. – 368 с.
2. Белоусова, Н. А. Физика : практикум : в 3 ч. / Н. А. Белоусова [и др.]. – Минск : ВА РБ, 2014. – Ч.1. Механика. Механические колебания и волны. – 111 с.
3. Белюженко, Е. В. Физика : практикум : в 3 ч. / Е. В. Белюженко [и др.]. – Минск : ВА РБ, 2015. – Ч. 2. Статистическая физика. Электричество и магнетизм. – 103 с.
4. Белюженко, Е. В. Физика : практикум : в 3 ч. / Е. В. Белюженко [и др.]. – Минск : ВА РБ, 2015. Ч. 3. Электричество и магнетизм. Оптика – 124 с.
5. Иващенко, И. А. Физика. Рабочая тетрадь для лабораторных работ. Механика. Молекулярная физика : практикум / И. А. Иващенко, Н. Л. Черкас, Е. Л. Карпович. – Минск : ВА РБ, 2018. – 38 с.
6. Иващенко, И. А. Физика. Рабочая тетрадь для лабораторных работ. Электричество и магнетизм / И. А. Иващенко [и др.]. – Минск : ВА РБ, 2019. – 53 с.

7. Иващенко, И. А. Физика. Рабочая тетрадь для лабораторных работ. Колебания и волны. Оптика / И. А. Иващенко [и др.]. – Минск : ВА РБ, 2019. – 56 с.
8. Иващенко, И. А. Физика. Рабочая тетрадь для лабораторных работ. Атомная и ядерная физика / И. А. Иващенко [и др.]. – Минск : ВА РБ, 2020. – 44 с.
9. Рапацевич, Е. С. Новейший психолого–педагогический словарь / Е. С. Рапацевич [и др.] ; под общ. ред. А. П. Астахова. – Минск : Современная школа, 2010. – 927 с.
10. Жук, О. Л. Содержание и методика психолого-педагогической подготовки преподавателя высшей школы: компетентностный подход / О. Л. Жук [и др.] ; под общей ред. А. И. Жука. – Минск : БГПУ, 2017. – 372 с.

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ – НЕОБХОДИМЫЙ КОМПОНЕНТ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Н. Г. Кембровская, И. Н. Медведь

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Необходимость обеспечения качественной реализации государственного образовательного стандарта высшего образования ставит задачу поиска путей совершенствования и повышения эффективности учебного процесса.

Образовательные реформы ориентируют студентов на новый стиль обучения, а преподавателей на необходимость использования наиболее эффективных обучающих технологий, которые позволили бы студентам с любым уровнем начальной подготовки полноценно реализовать себя.

В связи с этим, для обеспечения практико-ориентированной направленности подготовки студентов физиков, формирования у них навыков самостоятельной работы, на кафедре общей физики физического факультета Белорусского государственного университета приоритетным является обновление материально-методического обеспечения работ лабораторного физического практикума, т. е. создание учебно-методических пособий нового поколения, отвечающих всем современным требованиям.

При значительном увеличении информационного потока прослеживаются тенденции сокращения времени для аудиторных занятий и увеличения объема управляемой самостоятельной работы студентов. Чтобы обеспечить организацию учебного процесса на высоком качественном уровне, на кафедре общей физики разрабатывается и внедряется в учебный процесс эффективное информационное сопровождение образовательного процесса не только в виде электронных учебно-методических комплексов (ЭУМК), но и учебно-методических пособий – совокупности элементов и ресурсов, необходимых для изучения конкретной учебной дисциплины.

Авторы данного сообщения представляют учебные пособия [1, 2], которые рекомендованы Учебно-методическим объединением по естественно-научному

образованию для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям:

- 1-31 04 01 «Физика» (по направлениям);
- 1-31 04 06 «Ядерная физика и технологии»;
- 1-31 04 07 «Физика наноматериалов и нанотехнологий»;
- 1-31 04 08 «Компьютерная физика».

Учебно-методическое пособие [1] «Материалы для выполнения работ физпрактикума «Электричество и магнетизм» подготовлено с учетом опыта проведения лабораторного физического практикума на втором курсе физического факультета Белорусского государственного университета.

В содержание учебного пособия включено повторение ряда тем школьного курса (электростатика, постоянный электрический ток, магнитное поле, электромагнитная индукция, электрический ток в различных средах), а также краткое изложение фрагментов тем вузовского курса, необходимых для осознанного и эффективного выполнения работ физпрактикума.

В пособии обсуждаются следующие темы:

1. Движение электронов в электрическом и магнитном полях.
2. Характеристики цепей постоянного тока и методы их измерения (ЭДС, удельное сопротивление металла, сопротивление резисторов), параметры измерительных приборов.
3. Свойства металлов, полупроводников и ферромагнетиков (односторонняя проводимость p-n перехода (выпрямители), зависимость сопротивления металлов и полупроводников от температуры, гистерезис).
4. Явления в цепях переменного тока (вольтамперные характеристики, мощность и сдвига фаз, релаксационные процессы разрядки и зарядки конденсатора, электромагнитные затухающие колебания, резонанс токов и напряжений).

В рамках каждой темы авторы предлагают блоки разнообразных опорных материалов по повторению ряда вопросов школьного курса и углублению знаний терминов понятийного аппарата, краткое изложение и разъяснение сложных вопросов программы вузовского курса, необходимых при выполнении лабораторных работ физического практикума. В пособии особое внимание уделено вопросам изучения технического устройства, подключения и принципа работы некоторых приборов, используемых в лаборатории «Электричество и магнетизм», включены необходимый справочный материал для обработки полученных экспериментальных данных, оценке их погрешностей, основная и дополнительная литература по дисциплине.

Стремление изложить материал доступно и вместе с тем корректно, побудило авторов насколько это возможно освободить материал от излишней математизации и перенести основной акцент на физическую сторону рассматриваемых явлений.

В качестве приложений представлены образцы оформления письменных отчетов (или отдельных их фрагментов) работ лабораторного физического практикума, а также рекомендации по их подготовке.

Учебно-методическое пособие может быть также использовано для выполнения работ физического практикума по дисциплине «Физика» для студентов химического факультета (по специальности 1-31 05 01 – «Химия» (по направлениям)).

Пособие предназначено для систематического использования студентами в качестве как учебно-методического материала на занятиях для реализации компетентностного подхода и активных форм обучения, так и для индивидуальной и контролируемой самостоятельной работы студентов на протяжении всего периода обучения дисциплины. В соответствии с этим пособие издается в виде печатного издания, размещается в электронной библиотеке БГУ.

Активная самостоятельная познавательная деятельность является одним из обязательных и проверенных практикой компонентов учебного образовательного процесса. Так как в процессе такой деятельности у студента постепенно формируются и закрепляются такие навыки, как поиск новой информации, расширение и осмысление ее содержания, использование практических навыков при решении конкретных задач, без которых невозможно повышение эффективности учебной деятельности и достижение высокого качества профессионального образования на физическом факультете.

При выполнении работ лабораторного физического практикума студенту необходимо не только самостоятельно (хотя и под руководством преподавателя) проводить измерения и расчеты, но и самостоятельно изучать теорию, которую еще не рассматривали на лекциях; понимать и запоминать учебный материал; логически воспроизводить его как письменно, так и устно на отчетных занятиях.

Лишь небольшая часть студентов (первого и второго курсов обучения) владеет навыками самоорганизации учебной деятельности.

Максимальная загруженность студента на физическом факультете не превышает 54 академических часа в неделю (включая все виды аудиторной и внеаудиторной работы); из которых не более 32 часов должен составлять объем обязательных аудиторных занятий. При таком распределении часов объем самостоятельной работы (подготовка к практическим занятиям, к коллоквиумам и контрольным работам, к выполнению работ и к отчетным занятиям физического практикума, подготовка к сдаче зачета и экзамена) составляет до 50 % учебного времени, отведенного на изучение дисциплины.

Студентам первого и второго курсов, не обладающим еще достаточным опытом учебы, чаще всего не сразу удается найти такие формы организации учебного процесса, которые бы обеспечили наибольшую эффективность и качество самостоятельной работы.

Поэтому правильно организованная и систематически осуществляемая самостоятельная работа с учебно-методическим пособием является важным и необходимым компонентом успешной учебы.

Информационные технологии позволяют существенно расширить возможности студентов, повысить производительность их работы. Среди интернет-ресурсов, наиболее часто используемых студентами в самостоятельной работе,

следует отметить электронные библиотеки, образовательные порталы, тематические сайты, библиографические базы данных, сайты периодических изданий.

Наиболее значимыми являются электронные библиотеки (в том числе и электронная библиотека БГУ), к материалам которых студенты получают бесплатный доступ. Наличие электронной версии материалов позволяет сохранить ее и воспользоваться в любое время.

Однако проблемой студентов является отбор необходимой информации в сети. Преподавателям не раз приходилось сталкиваться с «синдромом информационной усталости», то есть с ситуацией, когда студент приносит огромное количество информации, которую он «скачал» из Интернета, не зная даже, как ее использовать.

В связи с этим предлагается модульная структура учебного пособия [1]: изучение информации, сгруппированной по теме в блоки (модули), приучает студента к систематической работе и развивает более широкое видение и понимание взаимосвязи вопросов программы.

Предлагаемое учебное пособие доступно как в электронном виде, так и на бумажном носителе. Поэтому может быть использовано студентами в любое время: в процессе обучения в режиме реального времени и при «виртуальном» общении с преподавателем в процессе индивидуальной самостоятельной работы.

Общеизвестно, что адаптация студентов к процессу обучения на первом курсе проходит не просто. На физическом факультете для студентов первого курса введен корректирующий факультативный курс «Физика» в объеме 16 часов. С одной стороны, с целью повторения основных понятий и законов, в объеме школьного курса физики, с другой – для более глубокого осознания общего характера фундаментальных физических законов и усвоения дисциплины «Механика», изучаемой в первом семестре.

В содержание учебного пособия [2] «Физика. Материалы для студентов I курса физического факультета БГУ (факультативный курс)» включены: изложение общих принципов построения физических теорий, практические рекомендации по решению задач, приложения (основные методы расчета производных и интегралов, векторы и действия над ними), без использования которых невозможно изложение дисциплины «Механика».

Кроме того, пособие [2] содержит: рекомендации по оформлению отчетного протокола лабораторной работы, памятку по обработке результатов измерений с указанием различных методов оценки и расчета погрешностей физических величин при их прямых и косвенных измерениях.

В качестве образца в пособии предьявлен образец протокола фронтальной лабораторной работы «Измерение объемов тел правильной формы», с которой студенты начинают работу в лаборатории механики.

Включенные в пособие материалы необходимы также и в дальнейшем процессе индивидуального выполнения лабораторных работ каждым студентом при обучении на физическом факультете.

Можно с уверенностью сказать, что предлагаемые учебные пособия особенно необходимы для обеспечения целенаправленной индивидуальной деятельности студента в процессе формирования его профессиональной компетентности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кембровская, Н. Г. Материалы для выполнения работ физпрактикума «Электричество и магнетизм»: пособие / Н. Г. Кембровская [и др.] – Минск : БГУ, 2021. – (в печати).
2. Кембровская, Н. Г. Физика: учеб.-метод. материалы для студентов I курса физ. фак. БГУ (факультатив. курс) / Н. Г. Кембровская, И. Н. Медведь, А. И. Слободянюк. – Минск : БГУ, 2018.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В СЕЛЬСКОЙ МАЛОКОМПЛЕКТНОЙ ШКОЛЕ

А. К. Козич

*Государственное учреждение образования «Тобульская средняя школа»
Пинского района, д. Тобулки, Республика Беларусь*

С сентября 2019 года работаю в Тобульской средней школе (численность учащихся в 7–11 классах составляет от 3 до 7). До этого мне приходилось работать в классах с большей наполняемостью. Было интересно познакомиться с особенностями работы в малочисленной школе. Разница почувствовалась сразу: больше комфорта и свободы в общении с учащимися, увеличение времени на индивидуальное общение.

Определяющим принципом современного образования является дифференциация обучения. Опыт работы за годы работы в школе (стаж работы с 1978 года) убедил меня в том, что личностно и индивидуально-ориентированный подход в обучении способен решать задачу дифференциации в обучении.

В своём выступлении я хочу отметить, какие выводы я сделал об особенностях процесса обучения в малочисленной школе.

В сельской малочисленной школе (СМШ) складывается совершенно особая психолого-педагогическая ситуация. И цель учебного процесса в условиях малочисленной школы особая: формирование личности учащегося, способной адаптироваться при необходимости к условиям «большого» коллектива. Это, естественно, находит отражение в построении образовательного процесса.

Специфика деятельности СМШ определяется следующими факторами:

организационно-педагогическими: организация учебного процесса в малых группах (и даже невозможность сформировать такие группы); неоднородность учебных групп по составу и уровню познавательных интересов (в большом классе я могу сформировать однородные по уровню группы); использование на более высоком уровне индивидуального обучения; более слабое выражение процессов группового взаимодействия (подражание, внушение) и, как след-

ствие, бóльшая дисциплинированность учащихся; потеря учащимися инициативы и стремления к творчеству;

социообразовательными и социокультурными: опора на специфику сельскохозяйственного окружения; опора на народные традиции; отдаленность культурных центров;

психологическими: специфика общения людей в сельской местности и в малых коллективах; практическая ориентация учащихся и родителей; наличие условий для доверительного стиля отношений учителя с учащимися; признание ученика личностью, понимание его интересов и перспектив развития; возрастание эмоциональной перегрузки учащихся независимо от сложности и объема изучаемого материала.

Классы малой наполняемости коренным образом отличаются от обычных по наполняемости классов. Отсутствие двух-трех учеников на уроке в многочисленном классе существенным образом не влияет на запланированный учителем тип урока, его структуру, сочетание видов учебной деятельности учащихся. В малочисленной школе мне часто приходится существенно изменять организацию и структуру урока из-за отсутствия учащихся на предыдущих уроках.

Я сделал для себя вывод, что в условиях малочисленной школы диапазон разнообразий индивидуально-психологических особенностей учащихся любого класса значительно меньше и становится менее плотным по насыщенности различными показателями, что упрощает работу учителя, связанную с учетом в обучении индивидуальных особенностей каждого школьника. Это вынуждает учителя ориентировать учебный процесс непосредственно на каждого учащегося класса: ни один учащийся не остаётся на уроке незамеченным, что является проблемой в больших классах.

Узкий круг общения в малочисленных классах требует обогащения урока за счет использования разнообразных форм и методов обучения. Основными методами, направленными на развитие ученика, являются методы проблемного обучения: частично-поисковый, исследовательский, проблемное изложение и учебный диалог, самостоятельная работа учащихся, способствующие включению обучающихся в активную познавательную деятельность. А самостоятельная работа учащихся в малочисленных классах приобретает совершенно новую функцию – функцию регулятора эмоциональной нагрузки учащихся. Очень заметно, что в малом классе каждый ученик находится под постоянным воздействием учителя и, если не принять мер, это ведет к его эмоциональной перегрузке. Налицо негативное проявление малой наполняемости. Но это можно нейтрализовать посредством организации самостоятельной работы учащихся на уроке. Индивидуальные дифференцированные задания – это лучшее средство вовлечения в учебную работу всех учащихся. При правильном подходе индивидуальная работа на уроке характеризуется высоким уровнем самостоятельности, развитием способностей и познавательных возможностей каждого учащегося, она является наиболее эффективной формой для углубления знаний, восполнения имеющихся пробелов в изучении материала, снятием трудностей в

обучении. Успех индивидуальной самостоятельной работы как раз и определяется подбором дифференцированных заданий, систематическим контролем учителя за их выполнением, оказанием своевременной помощи в разрешении возникающих у учащихся трудностей.

Заметил также, что, несмотря на условия почти индивидуального обучения, ученики быстро устают, часто отключаются от учебной работы. Как уже отмечалось, это связано с частым обращением учителя к ученику. Все ученики постоянно находятся в поле зрения учителя, не имеют возможности отвлечься, ослабить внимание. Постоянный контроль со стороны учителя за деятельностью учащихся приводит к увеличению эмоциональной нагрузки на психику учащихся. Поэтому в ходе урока обязательно предусматриваю физкультминутки, релаксирующие паузы между разными видами деятельности, включение занимательного материала из различных областей науки.

Конструируя урок, стараюсь учитывать принципы формирования познавательного интереса: исследование; консультирование с учетом отношения школьника к учебному предмету; включение занимательных фактов с учетом любознательности детей; насыщение урока материалом, требующим мыслительной активности; объяснение с опорой на самостоятельный поиск; побуждение к высказыванию самостоятельных мнений и т. д. Большую роль в своей работе я отвожу организации учебно-познавательной деятельности учащихся на материале, связанном с окружающей жизнью, т. е. практическому обучению, так как одна из целей обучения физике как раз и заключается в ознакомлении с применением основных достижений физики в народном хозяйстве и в быту. Одним из направлений в организации практического обучения являются экспериментальные домашние задания, ориентированные главным образом на выявление и осмысление физических явлений и законов, проявляющихся в окружающей среде и лежащих в основе действия технических игрушек, бытовой техники, домашних приборов, инструментов и приспособлений.

Одной из важнейших проблем в условиях СМШ является оценивание результатов учебной деятельности учащихся. Чем чаще ученик отвечает, тем чаще он узнает, правильно или неправильно он понял, сделал, решил, тем интереснее ему учиться. Но вместе с тем малое количество учащихся в классе приводит к их психическому перенапряжению, особенно тех, кто переживает за оценку. Здесь очень важно не «перегнуть», вовремя остановиться. Для оперативного контроля знаний я использую различные виды опроса: взаимопроверка, «щадающий» фронтальный опрос, физический диктант, устный фронтальный опрос, короткие практические задания, оценка и анализ нестандартных ситуаций, создание проблемы и поиск её решения, зачёты и другие формы.

Опыт работы убеждает меня, что лично и индивидуально-ориентированный подход способен решать многие вопросы обучения в малокомплектной школе и прежде всего по развитию учащихся и их адаптации в обществе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фролов, П. Т. Особенности педагогического процесса в малокомплектной школе: Из опыта работы / П. Т. Фролов. – М. : Просвещение, 1997.
2. Рогачев, С. А. Сельская малочисленная школа: перспективы развития / С. А. Рогачев. – 1997.
3. Разумовский, В. Г. Физика в школе. Научный метод познания и обучение / В. Г. Разумовский, В. В. Майер. – Москва : Владос, 2007.
4. Ковтунович, М. Г. Домашний эксперимент по физике / М. Г. Ковтунович. – Москва : Владос, 2007.
5. Абасов, З. Дифференциация обучения: сущность и формы / З. Абасов // Директор школы. – 1999. – № 8. – С. 61–69.
6. Бугаев, А. И. Групповая учебная деятельность учащихся при обучении физике / А. И. Бугаев, С. А. Полетило // Физика в школе. – 1990. – № 1. – С. 27–31.
7. Гильбух, Ю. З. Идеи дифференцированного обучения в отечественной педагогике / Ю. З. Гильбух // Педагогика. – 1994. – № 5. – С. 46–53.
8. Данюшенков, В. С. Эмоциональные ситуации как средство реализации индивидуально-ориентированного обучения физике / В. С. Данюшенков, О. В. Коршунова // Физика в школе. – 2003. – № 7. – С. 24–28.
9. Пурьшева, Н. С. Дифференцированное обучение физике в средней школе / Н. С. Пурьшева. – М. : Прометей, 1993. – 161 с.
10. Степанова, Г. Н. Дифференцированное обучение физике в средней школе и пути его реализации на современном этапе : автореф. дисс. ... канд. пед. Наук / Г. Н. Степанова. – М., 1996. – 26 с.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЭПБУКОВ В КАЧЕСТВЕ ПРОЕКТОВ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ**

Л. В. Костенко

*Государственное учреждение образования «СШ № 3 г. Калинковичи»,
г. Калинковичи, Республика Беларусь*

Успех человека в современном мире во многом определяется его способностью организовать свою жизнь как проект. Многочисленные исследования, проведённые как в нашей стране, так и за рубежом, показали, что большинство современных лидеров в политике, бизнесе, искусстве, спорте – люди, обладающие проектным типом мышления.

Для нас эта тема актуальна, потому что для того, чтобы учащиеся среднеобразовательных школ оказались подготовленными к дальнейшей жизни, у них должны быть сформированы навыки самостоятельного поиска необходимой информации, умения анализировать, сравнивать, делать выводы. Одним из методов, который эффективно развивает все эти качества у учащихся, является метод проектов. Работа по данному направлению позволяет решить проблему включения учащихся в разнообразную деятельность: теоретическую, практическую, аналитическую, поисковую. Одним из вариантов организации работы

может быть создание учащимися проектов, оформленных в виде лэпбуков, которые оформляются дома одним, двумя или группой учащихся [1].

Целью данной работы является развитие коммуникативных и организационных навыков работы учащихся.

Использование метода проектов позволяет решать следующие задачи:

- активизация познавательной деятельности учащихся;
- формирование у школьников учебной компетенции для непрерывного самообразования;
- формирование общеучебных и коммуникативных навыков.

Если в недавнем прошлом основной задачей, стоящей перед учителем, была передача ученикам определённой суммы знаний, то в настоящее время на первый план выдвигается задача развития творческого мышления учащихся в процессе обучения, умение ими самостоятельно пополнять свои знания. Проектный метод позволяет отойти от авторитарности в обучении, всегда ориентирован на самостоятельную работу учащихся. С помощью этого метода учащиеся не только получают сумму тех или иных знаний, но и учатся приобретать эти знания самостоятельно, пользоваться ими для решения познавательных и практических задач.

Метод проектов впервые возник в 20-е годы прошлого столетия в США. Основоположителем является американский философ и педагог Дж. Дьюи. Идея метода проектов заключается в том, чтобы вовлечь каждого учащегося в активный познавательный, творческий процесс. При этом учащиеся должны знать, зачем им необходимы те или иные знания, для решения каких жизненно важных проблем они могут быть полезны. Проект – в буквальном переводе с латинского – «брошенный вперёд» [2].

Метод проектов – активное вовлечение учащихся в процесс поиска необходимой информации, её критического и творческого осмысления, актуализации знаний через их применение на практике.

Метод проектов всегда ориентирован на самостоятельную деятельность учащихся – индивидуальную, парную, групповую, которую учащиеся выполняют в течение определённого отрезка времени. Он предполагает решение какой-то проблемы, предусматривающей, с одной стороны, использование разнообразных методов, с другой – интегрирование знаний, умений из различных областей науки, техники, технологии, творческих областей. Так, например, после изучения теоретического материала в конце глав учебного пособия физика 8 класс [3] даны перечни проектных заданий на страницах 50, 112, 156. Хорошие результаты дают оформление проекта в виде лэпбука, что позволяет учащимся лучше запоминать необходимую учебную информацию.

Лэпбук – это собирательный образ плаката, книги и раздаточного материала. Во-первых, это творческая работа, которая влияет на познавательный интерес, в чем и состоит ценность для развития учащихся как личности, во-вторых, результат работы по созданию лэпбука требует от учащихся максимального приложения сил. При этом используется дополнительная литература, а ведь всякая

работа с книгой, газетой и интернет-источниками способствует развитию творческого воображения, аналитического мышления [1].

Дидактические задачи, решаемые с помощью создания лэпбука:

- совершенствование организации преподавания, повышение индивидуализации обучения;
- повышение продуктивности самоподготовки учащихся;
- усиление мотивации к обучению;
- активизация процесса обучения, возможность привлечения учащихся к исследовательской деятельности;
- обеспечение гибкости процесса обучения.

В своей практике особое внимание мы уделяем тем методам, средствам и формам обучения, которые стимулируют активную познавательную деятельность, развивают интерес к предмету, способствуют повышению качества образования. Работа по созданию лэпбука расширяет кругозор школьников, повышает качество подготовки к урокам, предметным олимпиадам, конкурсам разного уровня. Лэпбуки мы вместе с учащимися создаем по различным темам, как курса физики, астрономии, так и по энергосбережению, что обеспечивает наглядность, визуальное представление определений, формул, тем самым обеспечивается эффективное усвоение учащимися новых знаний и умений. Это отличный способ повторения, обобщения изученного материала, только в креативной форме.

Кратко опишем практическое решение задачи для областного конкурса по астрономии, проходившего 13.декабря.2019 года в г. Гомеле и оформленного в виде лэпбука под названием «Открытие землеподобных экзопланет». Он состоит из следующих разделов: фотогалереи, мини-энциклопедии экзопланеты, 10 самых удивительных из обнаруженных экзопланет, игра, литература, наш галактический адрес. В разделе мини-энциклопедия экзопланеты мы можем узнать об истории открытия экзопланет, о размерах и методах открытия экзопланет, и т. д. В разделе «10 самых удивительных из обнаруженных экзопланет» описаны такие планеты как CoRoT-7b. Планета с каменным снегом HD 189733b. Планета с дождями из стекла PSR J1719-1438b. Планета «лучшая подруга девушек» и др. В разделе «Игра» находятся пазлы, из которых надо собрать экзопланету, в итоге получается красивая фотография с названием планеты. За креативность решения данной задачи учащаяся 9-го класса Крутицкая Яна получила максимальный балл. И особенно радуется её диплом 3 степени по итогам двух туров областного конкурса среди учащихся 10–11 классов.

Создание лэпбуков – процесс увлекательный и полезный, так как модели бывают разной формы и содержания позволяют представить в наглядной форме объекты и процессы, недоступные для непосредственного восприятия. Так, например, ответы на проектные задания учащиеся иногда оформляют как лэпбуки в форме раскладушки, в формате 3D, в виде магической коробочки и т. д. Каждый проект получается необычным, красочным, познавательным. Учащиеся тесно сотрудничают друг с другом, с родителями, бабушками, дедушками. Оптимально сочетаются как индивидуальная, так и групповая и коллективная формы организации учебно-познавательной деятельности учащихся по созданию лэпбуков. При рабо-

те по созданию лэпбуков раздвигаются страницы учебника и зажигается стремление как можно больше понять и узнать. Также мои действия как учителя направлены на побуждение учащихся к решению трудных, но реалистичных задач, на поощрение за попытки что-то сделать самостоятельно.

Подводя итог сказанному, хотелось бы резюмировать следующее: оформление проекта по любому вопросу в виде лэпбука позволяет развивать у учащихся познавательные навыки и способность к самообразованию, целеустремленность и настойчивость, критичность мышления, так как самые прочные знания это те, которые добываются собственными усилиями в процессе работы по созданию лэпбуков. Результаты деятельности учащихся радуют, потому что нет равнодушных к изучению физики и астрономии учеников. Кроме того, воодушевляют полученные дипломы по предметным олимпиадам и конкурсам разного уровня, а также слова благодарности от учащихся и их родителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как сделать лэпбук : мастер-класс [Электронный ресурс] // Это интересно! – Режим доступа: <http://www.tavika.ru/2014/09/МК-lapbook.html>. – Дата доступа: 05.03.2020.
2. Даутова, О. Б. Педагогические технологии для старшей школы в условиях цифровизации современного образования : учебно-методическое пособие для учителей / О. Б. Даутова, О. Н. Крылова. – СПб. : КАРО, 2020. – 176 с.
3. Исаченкова, Л. А. Физика. 8 класс : учебное пособие / Л. А. Исаченкова, Ю. Д. Лещинский, В. В. Дорофейчик. – Минск : Народная асвета, 2018. – 176 с.

МОНИТОРИНГ ПОДГОТОВКИ ПО ФИЗИКЕ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА И МЕТОДЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

*Т. Л. Кушнер, А. А. Гладышук, В. И. Гладковский, Н. Н. Ворсин,
Л. А. Величко, А. И. Пинчук, М. М. Барковская, Г. С. Кандилян,
С. В. Чугунов*

*Учреждение образования «Брестский государственный
технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

Измеряется ли качество образования победами белорусских учащихся на международных предметных олимпиадах или интеллектуальных турнирах? Если опираться только на этот показатель, то к общему среднему образованию в Республике Беларусь не должно быть никаких претензий. Десятки медалей, которые завоевывают школьники на международных олимпиадах по различным предметам, несомненно, вызывают уважение и к самим участникам, и к их родителям, и к тем профессионалам, кто осуществляет индивидуальную подготовку, а также тренирует команды на различных этапах олимпиады.

Если проанализировать результаты участников централизованного тестирования (ЦТ) по различным предметам, то они не дают оснований для самоуспокоения, а скорее заставляют задуматься над эффективностью работы государственных учреждений образования.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

В рамках данной работы проанализируем некоторые результаты централизованного тестирования по физике за последние пять лет. Статистические данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты централизованного тестирования по физике

	2017	2018	2019	2020	2021
Количество участников тестирования, человек	30132	25553	24800	20000	18200
Не явились на тестирование, %	7,0	6,6	5,3	6,0	6,6
Получили 100 баллов, человек	15	8	15	3	45
Получили 0 баллов, человек	–	–	15	19	25
Средний балл тестирования	–	26,9	51,08	–	–

В 2021 году на кафедре физики Брестского государственного технического университета был проведен мониторинг подготовки студентов по физике. Цель мониторинга – выяснить некоторые аспекты преподавания физики в учебных заведениях, обеспечивающих получение общего среднего (среднего специального) образования путем анонимного анкетирования большого количества студентов 1–2 курсов технического университета. В опросе приняло участие 354 человека. Анкетирование проводилось на всех факультетах, кроме экономического.

Далее показаны результаты опроса. Ответы респондентов, как правило, приведены в процентном отношении. Отметим, что в некоторых вопросах, например, со 2 по 6 и в 8 допускалось дать несколько ответов. Встречались также анкеты, где ответы на вопросы 5, 7 и 8 частично или полностью отсутствуют.

Вопрос 1. Какое учебное заведение Вы закончили?

- а) среднюю школу – 79,4 %;
- б) гимназию – 9,9 %;
- в) лицей – 5,9 %;
- г) другое (колледж, техникум и т. д.) – 4,8 %.

Вопрос 2. Оцените Ваше отношение к физике при изучении данного предмета в средней школе.

- а) Не любил(а) этот предмет – 5,4 %.
- б) Изучал(а) предмет по необходимости – 21,2 %.
- в) Предмет был мне интересен – 39,3 %.
- г) Данный предмет был самым любимым – 6,8 %.
- д) Отношение к предмету менялось в зависимости от того, какой учитель его преподавал – 28,0 %.

Вопрос 3. Как было организовано объяснение нового материала?

- а) Как правило, излагалось содержание нового параграфа, имеющегося в учебнике – 27,7 %.
- б) Новый материал объяснялся с применением демонстраций и с примерами из дополнительной литературы – 39,5 %.
- в) Учитель предлагал ученикам конспектировать объяснения на уроке – 27,1 %.
- г) Учитель предлагал учащимся конспектировать параграф(ы) из учебника на уроке самостоятельно – 12,1 %.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Вопрос 4. Оцените количество и качество решаемых задач по физике.

а) Как правило, учитель объяснял решение первых 2–3 задач из упражнения учебника – 27,4 %.

б) Как правило, решали упражнения из учебника полностью – 11,9 %.

в) Учитель использовал размноженные раздаточные материалы – 14,7 %.

г) Часто использовался сборник задач – 34,7 %.

д) Задач решали много из разных источников и разного уровня – 22,6 %.

Вопрос 5. Как проходил урок во время проведения лабораторных работ?

а) Чаще всего работы выполнялись с применением лабораторного оборудования, и учащимся давалась возможность провести эксперимент самостоятельно – 72,3 %.

б) Работы выполнялись с применением лабораторного оборудования, но учитель предлагал написать в отчет ранее полученные кем-то результаты – 12,1 %.

в) Как правило, учащиеся записывали результаты без проведения эксперимента по примеру, предложенному учителем – 5,4 %.

Вопрос 6. Как Вы готовились к централизованному тестированию по физике?

а) не было никакой подготовки – 8,8 %;

б) самостоятельно – 33,6 %;

в) на факультативе (курсах) в школе – 21,2 %;

г) на курсах в вузе – 4,0 %;

д) на частных курсах – 2,3 %;

е) с репетитором – 37,3 %.

Вопрос 7. Итоги обучения физике и самооценка знаний.

Укажите количество баллов, которое Вы получили на централизованном тестировании по физике. Данные в процентном отношении приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты респондентов в ЦТ по физике

	от 21 до 40 баллов	от 41 до 50 баллов	от 51 до 60 баллов	от 61 до 70 баллов	от 71 до 80 баллов	от 81 до 90 баллов	от 91 до 100 баллов
Доля, %	10,7	26,0	20,3	26,8	12,1	3,4	0,6

Укажите оценку, которую Вы получили по физике в аттестате (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка по физике в аттестате анкетированных

Баллы	4	5	6	7	8	9	10
Кол-во, человек	3	8	18	49	92	85	15

Оцените самостоятельно свой уровень знаний физики по 10-бальной шкале за курс средней школы (таблица 4).

Таблица 4 – Самооценка анкетированных по предмету «Физика» в средней школе

Баллы	4	5	6	7	8	9	10
Кол-во, человек	17	26	39	73	65	29	3

Вопрос 8. Участвовали ли Вы в олимпиадах по физике? Если да, то укажите уровень.

- а) школьная – 26,8 %;
- б) городская – 7,9 %;
- в) районная – 10,2 %;
- г) областная – 1,4 %;
- д) республиканская – 0,8 %.

Хорошо известно, что достойных результатов достигают учащиеся тех учреждений образования, где работают высокопрофессиональные педагоги. А работа профессионалов должна достойно оплачиваться в соответствии с их вкладом в общий результат работы учреждения образования. Именно такую задачу ставило Министерство образования Республики Беларусь перед разработчиками новой системы оплаты труда педагогов. В своем недавнем выступлении министр главного образовательного ведомства отметил, что принципиально важной является работа над содержанием и качеством образования, обозначил, что в этом направлении планируется осуществить ряд мероприятий.

Можно уверенно сказать, что за последнее десятилетие проведена модернизация кабинетов физики в большинстве государственных учреждений образования, закуплены новые наглядные пособия, лабораторное оборудование. В эти же годы упразднились классы (параллели) с профильным обучением в средних общеобразовательных школах.

Однако в рамках высшей школы сохраняется тенденция сокращения количества не только часов, но и семестров, отводимых на изучение физики. В условиях разноуровневой подготовки поступающих в технический университет выпускников средних общеобразовательных учреждений образования на кафедре физики применяются как традиционные, так и инновационные методы подготовки будущих специалистов [1, с. 26]. По-прежнему применяется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов, которая была внедрена на кафедре еще в 1989 году и периодически претерпевает некоторые изменения в области критериев оценки, учета видов деятельности студентов [2, с. 117].

Совершенствование методики преподавания вызвано новыми подходами с учетом выстраивания индивидуальной траектории образования для каждого обучающегося. Эта цель достигается, в том числе и с применением современных информационных, компьютерных технологий, которые выходят на первое место в процессе организации самостоятельной работы студентов, дистанционного обучения, индивидуального консультирования [3, с. 170]. Сохраняются принципы системности и последовательности, дидактические правила формирования системы знаний на основе их осмысления и понимания, координация деятельности всех участников учебного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кушнер, Т. Л. Новые тенденции и перспективы в совершенствовании качества преподавания физики в техническом вузе / Т. Л. Кушнер, Н. Н. Ворсин, В. И. Гладковский, Л. А. Величко // Информационные и инновационные техно-

логии в науке и образовании : сб. материалов V Всероссийской науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию Таганрогского института им. А. П. Чехова, Таганрог, 28–29 октября 2020 г. / Таганрогский ин-т им. А. П. Чехова. – Таганрог : ТГИ, 2020. – С. 25–29.

2. Кушнер, Т. Л. Обеспечение качества подготовки специалистов в техническом вузе с помощью модульно-рейтинговой системы обучения и контроля / Т. Л. Кушнер, Н. Н. Ворсин, В. И. Гладковский, А. И. Пинчук // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития : материалы X Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 26 ноября 2020 г. / БГУИР. – Минск, 2020. – С. 115–119.

3. Кушнер, Т.Л. Использование онлайн-ресурсов в преподавании физики на английском языке / Т. Л. Кушнер // Цифровая трансформация образования : сборник материалов II Межд. науч.-практ. конф., Минск, 27 марта 2019 г. / отв. ред. А. Б. Бельский [Электронный ресурс]. – Минск : ГИАЦ Минобразования, 2019. – Режим доступа: http://dtconf.unibel.by/doc/Conference_2019.pdf – С. 170–171.

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ УЧАЩИХСЯ В РАМКАХ ИНТЕГРИРОВАННОГО УЧЕБНОГО ЗАНЯТИЯ ПО ФИЗИКЕ И БИОЛОГИИ ПОСРЕДСТВОМ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПУТЕШЕСТВИЯ

И. А. Лакизо

*Государственное учреждение образования «Средняя школа № 66 г. Гомеля»,
г. Гомель, Республика Беларусь*

С 2019/2020 учебного года в нашей школе осуществляется инновационный проект «Внедрение модели регионального образовательного кластера как условия профессионального самоопределения учащихся по востребованным в регионе профессиям и специальностям». Одна из задач инновационного проекта – разработать проекты образовательных путешествий, индивидуальные образовательные маршруты и программы учащихся по ознакомлению с различными профессиями. Работая над её реализацией, возникла идея разработать и внедрить в практику интегрированное учебное занятие по физике и биологии для учащихся 11 класса химико-биологического профиля. При этом использовать технологию образовательного путешествия.

Почему именно интегрированный урок? В «эпоху технологических перемен» выпускникам надо быть готовым к работе в условиях высокой конкурентоспособности и неопределённости, а значит быстро принимать решения, реагировать на изменения условий труда, распределять и перераспределять ресурсы, управлять своим временем. В мире будущего будут размыты границы дисциплин, так что значительная часть работников должна будет разбираться не только в вопросах собственной отрасли, но и владеть языком междисциплинарного общения, помогающего работать вместе людям из различных областей. Поэтому уже сейчас метапредметность в обучении выходит на передний план. Образовательные стандарты включают в качестве одного из требований достижения метапредметных образовательных результатов учащихся, то есть освое-

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

ние ими на базе нескольких учебных предметов межпредметных знаний и универсальных учебных действий. Реализации этого способствует применение интегрированного подхода в обучении, который позволяет:

- привлечь учащихся к активному познанию окружающей действительности, к осмыслению и нахождению причинно-следственных связей, к развитию логики, мышления, коммуникативных способностей;
- добиться от учащихся не только понимания предмета, но и умения применять полученные и закрепленные на практике знания при изучении других предметов;
- осознать, что знания, получаемые из различных предметных областей, тесно взаимосвязаны, переплетаются между собой, формируют целостную картину мира, могут пригодиться для профессионального самоопределения, а также в повседневной жизнедеятельности.

Приступая к реализации идеи разработки интегрированного учебного занятия, совместно с учителем биологии и учащимися 11 класса было принято решение погрузиться в профессию офтальмолога (тем самым способствовать формированию профессиональной компетенции учащихся), организовав образовательное путешествие «Посредством глаза, а не глазом смотреть на мир умеет разум!».

Организация образовательного путешествия реализовывалась в три этапа:

1. Подготовительный – введение в тему, определение и разработка образовательных маршрутов. При этом учитывались следующие принципы: свобода выбора действия, открытости, обратной связи, доверия. В результате совместной работы были составлены и разработаны индивидуальные маршрутные листы: «Исследователи», «Журналисты», «Физики», «Офтальмологи».

2. Работа на маршруте – самостоятельная работа учащихся на заданном маршруте.

3. Аналитический – проведение учебного занятия по теме образовательного путешествия, защита и презентация реализованных образовательных маршрутов в виде готовых продуктов. При этом происходит интенсивное усвоение важнейших коммуникативных умений, а именно: аргументировано выражать своё мнение, воспринимать позицию собеседника, оценить свою работу и дать оценку работы других участников.

Приведу технологическую карту данного учебного занятия.

<p><i>Государственное учреждение образования «Средняя школа № 66 г. Гомеля»</i></p> <p>Образовательное путешествие: <i>Посредством глаза, а не глазом смотреть на мир умеет разум!</i></p>	
Интегрированное учебное занятие: физика и биология	Учащиеся 11 класса (профиль химия, биология)
Учителя	Ф.И.О.
Цель	Предполагается, что к окончанию занятия учащиеся будут знать строение глаза с анатомо-физиологической точки зрения и как оптической системы, причины возникновения некоторых дефектов зрения и способы их коррекции; уметь определять дефекты зрения и болезни глаз.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Задачи личностного развития и воспитания	Способствовать развитию мыслительных операций, коммуникативных и информационных компетенций, умению работать в группах. Создать условия для организации образовательного путешествия в профессию офтальмолога, способствуя формированию профессиональной компетенции учащихся.	
Педагогическая задача	Организовать образовательное путешествие с учащимися 11 класса профильной химико-биологической группы в три этапа: 1. Подготовительный – введение в тему, определение образовательных маршрутов. 2. Работа на маршруте – самостоятельная работа учащихся на маршруте. 3. Аналитический – проведение учебного занятия по теме образовательного путешествия, защита и презентация образовательных маршрутов в виде готовых продуктов.	
Прогнозируемый результат	Психологическая и познавательная готовность учащихся к получению новых знаний, к самостоятельной информационной деятельности, включая умение ориентироваться в различных источниках информации, критически оценивать и интерпретировать информацию.	
Работа участников на этапах образовательного путешествия		
Этап	Деятельность учителей	Деятельность учащихся
Подготовительный	Организуют беседу с учащимися для определения и выбора тем, выбирают объекты, формулируют вопросы и задания, составляют маршрутные листы. Определяют формы и методы деятельности.	Знакомятся с представленной информацией, принимают участие в обсуждении и разработке маршрутного листа. Определяют цели и задачи своей деятельности, получают конкретное задание, определяют время, необходимое для поиска информации, для достижения цели и поставленной задачи.
Работа на маршруте	Направляют внимания учащихся, организуют их деятельность, руководствуясь вопросами и заданиями маршрутного листа. Консультируют по возникающим вопросам.	Выполняют задания маршрутного листа, осуществляют поиск информации. Работают с различными ресурсами, осмысливают найденную информацию, делают выводы. Определяются с формой представления готового продукта по теме образовательного маршрута. Готовят презентацию своего путешествия. В случае затруднений обращаются к учителям.
Аналитический	Организуют заключительное занятие, анализируют полученные результаты, организуют выставку готовых продуктов образовательного путешествия.	Представляют результаты своей деятельности, участвуют в коллективном диалоге, оценивают свою работу и работу всех участников в целом, делятся впечатлениями и пожеланиями.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Пример индивидуального маршрутного листа «Физики»

Государственное учреждение образования «Средняя школа № 66 г. Гомеля» Образовательное путешествие: <i>Посредством глаза, а не глазом смотреть на мир умеет разум!</i>	
Интегрированное учебное занятие: физика и биология	Учащиеся 11 класса (профиль химия, биология)
Индивидуальный маршрутный лист «Физики»	
Абсолютно белое, как и абсолютно черное, кажется каким-то дефектом зрения. Джордж Оруэлл	
Знакомство с дефектами зрения	
Цель маршрута	Изучение дефектов зрения
Объект маршрута	Близорукость, дальнозоркость, астигматизм
Работа на маршруте «Физики»	
Учащиеся: Ф.И.	
<i>Дорогие ребята! Вы получаете маршрутный лист с заданием. Приятного путешествия в мир информационного пространства по оптическим дефектам зрения!</i>	
1.	Распределите внутри группы какой объект маршрута (из предложенных) будете исследовать именно вы.
2.	Изучите выбранный объект по плану: 1) Краткая характеристика объекта (дефекта). 2) Ход лучей (рисунок, объяснение). 3) Причины возникновения и развития. 4) Симптоматика. 5) Диагностика. 6) Коррекция. 7) Профилактика. В плане допустимы изменения.
3.	Обработайте и систематизируйте подобранную информацию.
4.	Изучите программу для создания буклета. При затруднениях обратитесь к учителю.
5.	Создайте макет буклета. Подготовьте к печати.
6.	Приготовьте текст для защиты буклета.
7.	Представьте результат в виде готового продукта: буклеты «Близорукость», «Дальнозоркость», «Астигматизм». Подготовьте стендовый материал.
8.	Обсудите с учителем возможность размещения готового продукта вашего путешествия на сайте учреждения образования.
До встречи на маршруте! С уважением, ваши педагоги.	

Подводя итог, хотелось бы отметить, что данное интегрированное учебное занятие способствует формированию метапредметных ключевых компетенций, имеющих универсальное значение для различных видов деятельности: ценностно-смысловые (умение определять цели и задачи, выбирать средства реализации цели, применять их на практике; анализ, рефлексия, самооценка), информационные (поиск, анализ, отбор необходимой информации, ее преобразование, сохранение и передача, владение современными информационными технологиями), коммуникативные (взаимодействие с окружающими и удаленными событиями и людьми, навыки работы в группе, коллективе), профессионально-ориентированные (умение ориентироваться в мире профессий с учетом собственных интересов и возможностей).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галян, С. В. Метапредметный подход в обучении школьников [Электронный ресурс] / С. В. Галян. – Режим доступа: <http://www.surgpu.ru/media/medialibrary/2014/10/.pdf>. – Дата доступа: 02.09.2020.
2. Гулецкая, Е. А. Навыки человека XXI века в школьном образовании / Е. А. Гулецкая // Пачатковая школа. – 2020. – № 4. – С. 23–29.

**ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА
ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗДЕЛА «ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ
ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ» В 11 КЛАССЕ НА БАЗОВОМ
И ПОВЫШЕННОМ УРОВНЯХ**

Б. Ф. Мижиевский

*Государственное учреждение образования «Учебно-педагогический комплекс
Молчадская детский сад-средняя школа Барановичского района»,
д. Молчадь, Барановичский район, Республика Беларусь*

В соответствии с инструктивно-методическим письмом Министерства образования Республики Беларусь (далее МО РБ) «Об организации в 2021/2022 учебном году образовательного процесса при изучении учебных предметов и проведении факультативных занятий при реализации образовательных программ общего среднего образования» учреждения общего среднего образования постепенно переходят на новое нормативно-правовое и научно-методическое обеспечение. В соответствии с новой учебной программой по физике, утверждённой МО РБ в 2021 году и примерным календарно-тематическим планированием на 2021/2022 учебный год, на изучение в 11 классе на базовом уровне раздела «Основы специальной теории относительности» отводится 3 часа, а на изучение в 11 классе на повышенном уровне этого же раздела – 9 часов.

При этом МО РБ рекомендует использовать при изучении раздела «Основы специальной теории относительности» на базовом и повышенном уровнях практически одни и те же учебные пособия: [1–5]. Более того, при оценке результатов учебной деятельности учащихся при изучении раздела «Основы специальной теории относительности» на базовом и повышенном уровнях министерство рекомендует руководствоваться единым нормативно-правовым обеспечением, а именно, Нормами оценки результатов учебной деятельности общеобразовательных учреждений по учебным предметам.

Кроме того, при изучении раздела «Основы специальной теории относительности» на базовом и повышенном уровнях МО РБ рекомендует учителю соблюдать единые Санитарные нормы и правила «Требования для учреждений общего среднего образования», утверждённые постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 27.12.2012 № 206 (редакция от 03.05.2018).

В контрольно-измерительных материалах [5] самостоятельные работы для раздела «Основы специальной теории относительности» на базовом и повы-

шенном уровнях не предусмотрены. В методической литературе разноуровневые тесты для блока контроля раздела «Основы специальной теории относительности» на базовом и повышенном уровнях не разработаны [6–9].

Противоречие, заложенное учебно-программной документацией МО РБ, создаёт существенные проблемы методистам, учителям, учащимся и их родителям. Все участники образовательного процесса при изучении раздела «Основы специальной теории относительности» на базовом и повышенном уровнях находятся в состоянии бифуркации.

Выявленное противоречие и повлекло проблему, которая в 2019/2020 году по инициативе автора доклада была всесторонне обсуждена на заседании методического формирования учителей физики. Инициатором был предложен путь разрешения проблемы на уровне учреждения образования. Мероприятия по разрешению выявленной проблемы опирались на научные труды моих преподавателей Плетюхова В. А., Запрудского Н. И., Чечета В. В., Кашлева С. С., Гузеева В. В., Ильина М. В., Сманцера А. П., Петушковой Е. В. и многих других замечательных педагогов [10–12]. Мероприятия по разрешению выявленных противоречий и проблем на уровне учреждения образования были согласованы с администрацией ГУО «УПК Молчадская детский сад-средняя школа Барановичского района». Для разрешения проблемы, созданной низким качеством учебно-программной документации МО РБ для изучения раздела «Основы специальной теории относительности» на базовом и повышенном уровнях, а также проблем учащихся и их родителей (оценивание учителем учащихся базового и повышенного уровней на основе единого нормативного документа), третий год подряд в рамках своей авторской дидактической системы действую по алгоритму, который приведен далее.

С 2019/2020 учебного года по настоящее время не корректирую примерное календарно-тематическое планирование «Физика. Астрономия. 7–11 классы» МО РБ, рекомендованное научно-методическим учреждением «Национальный институт образования Министерства образования Республики Беларусь», при изучении раздела «Основы специальной теории относительности» на повышенном уровне.

Вместе с тем, начиная с 2019/2020 учебного года и по настоящее время, изучение раздела «Основы специальной теории относительности» в 11 классе на базовом уровне проектирую следующим образом.

Добавляю 2 учебных часа на изучение раздела «Основы специальной теории относительности» в 11 классе на базовом уровне из общего резерва. Проектирую новое содержание уроков № 42–46. Формулирую новые цели изучения для уроков № 42–46, при этом тщательно выбираю приёмы, методы и техники, средства обучения и формы обучения и воспитания учащихся для каждого из уроков. Формулирую общую воспитательную задачу для уроков № 42–46: формирование убеждённости в возможности познания природы, в необходимости разумного использования достижений науки и технологий для дальнейшего развития общества, формирование уважения к деятелям науки, видения науки как элемента общечеловеческой культуры.

На практике фрагмент проектирования изучения раздела «Основы специальной теории относительности» на базовом уровне выглядит так:

42. Принцип относительности Галилея и постулаты Эйнштейна (1 час).

43. Преобразования Лоренца. Пространство и время в специальной теории относительности. Закон взаимосвязи массы и энергии (1 час).

44. Решение задач по теме «Пространство и время в специальной теории относительности. Закон взаимосвязи массы и энергии» (1 час).

45. Обобщение и систематизация знаний по разделу «Основы специальной теории относительности» (1 час).

46. Контрольно-зачётная работа («коза») по разделу «Основы специальной теории относительности» (1 час).

При проведении уроков формирую следующие цели изучения:

на уроке № 42: формирование знаний о принципе относительности Галилея и постулатах теории относительности;

на уроке № 43: формирование знаний об особенностях преобразований Лоренца и их следствиях, об особенностях релятивистской динамики, взаимосвязи массы и энергии;

на уроке № 44: диагностика теоретических знаний по разделу, формирование практических умений по их применению;

на уроке № 45: установление логической связи между структурными элементами знаний по разделу «Основы специальной теории относительности», а также приведение в систему знаний и практических умений по данному разделу. Для достижения этой цели использую адекватные приёмы и методы, современные средства визуализации учебной информации для активизации учебно-познавательной деятельности учащихся, в том числе презентации и логико-структурные схемы.

При проведении урока № 46 основной целью ставлю контроль степени усвоения знаний по разделу «Основы специальной теории относительности», а также сформированность практических умений по их применению. Контрольно-зачётная работа («коза») показывает, что качество знаний по разделу лежит в пределах 60–70 %. Внимание учащихся на уроках, их внутренняя самодисциплина, а главное, психологическое состояние учащихся определяют результат их учебной деятельности. Высокий процент качества знаний – результат систематического упорного труда учащихся, глубокого понимания ими всего того, над чем идёт работа на уроках № 42–46, результат осмысленного понимания объяснений учителя.

Особенность моей авторской дидактической системы состоит в том, что за учебный год учащийся даёт самооценку своей учебной деятельности в баллах на каждом учебном занятии, а я выставляю примерно 70 отметок каждому учащемуся за учебный год в классный журнал и дневник. Иначе я уже работать не могу.

Выражаю уверенность в том, что мой доклад может быть полезен учителям физики Республики Беларусь, а также методистам Национального института образования Министерства образования Республики Беларусь для компетентного и профессионального разрешения противоречия, рассмотренного выше, на уровне центрального аппарата.

Исследование не завершено. В 2021/22 учебном году планирую вместе с учащимися разработать разноуровневые самостоятельные работы, а также раз-

ноуровневые тесты для блока контроля по разделу «Основы специальной теории относительности» для базового и повышенного уровней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жилко, В. В. Физика : учебное пособие для 11 класса учреждений общего среднего образования (с электронным дополнением для повышенного уровня) / В. В. Жилко, Д. Г. Маркович, А. А. Смольский. – Минск : Народная асвета, 2021. – 287 с.
2. Жилко, В. В. Тетрадь для лабораторных работ по физике для 11 класса / В. В. Жилко. – Минск : Аверсэв, 2018.
3. Жилко, В. В. Сборник задач по физике 10-11 классы / В. В. Жилко, Л. Г. Маркович // – 7-е изд. – Мн. : Аверсэв, 2019. – 320 с.
4. Зенькович, В. И. Физика 11 класс. Самостоятельные и контрольные работы (базовый уровень) / В. И. Зенькович, И. Э. Слесарь. – Минск : Аверсэв, 2019. – 160 с.
5. Жилко, В. В. Физика. Контрольные и самостоятельные работы 10–11 классы : контрольно-измерительные материалы / В. В. Жилко [и др.]. – 2-е изд. – Минск : Аверсэв, 2013. – 128 с.
6. Развина, Т. И. Физика : пособие: в 4 ч. / Т. И. Развина. – БНТУ, 2009. – Ч. 2.
7. Лебедева, Н. М. Физика : руководство по выполнению тестов : в 3 ч. – Минск : Новое знание, 2014. – Ч. 3. – 480 с.
8. Шепелевич, В. Г. Задачи и тесты по физике для учащихся и абитуриентов : пособие для подготовки к ЦТ / В. Г. Шепелевич. – Минск : Экоперспектива, 2018.
9. Генденштейн, Л. Э. Решения ключевых задач по физике для основной школы / Л. Э. Герденштейн [и др.]. – М. : Илекса, 2008. – 208 с.
10. Ильин, М. В. Проектирование содержания профессионального образования: теория и практика / М. В. Ильин. – Минск : РИПО, 2002. – 338 с.
11. Кашлев, С. С. Педагогика: теория и практика педагогического процесса : учебное пособие / С. С. Кашлев – Минск : Зорны верасень, 2005. – 122 с.
12. Гузев, В. В. Аппарат научного исследования и структура кандидатской диссертации / В. В. Гузев // Школьные технологии. – 2004. – № 2. – С. 117–133.

ВИЗУАЛЬНАЯ ГРАМОТНОСТЬ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ

А. С. Мусницкая

Государственное учреждение образования «Средняя школа № 18 имени Евфросинии Полоцкой г. Полоцка», г. Полоцк, Республика Беларусь

Радость видеть и понимать есть самый прекрасный дар природы.
Альберт Эйнштейн

В современном мире человека окружают самые разные изображения, которые влияют на формирование визуального восприятия и грамотности. Визуальная грамотность – способность смотреть на изображения, понимать и интерпретировать их смысл, другими словами – «читать» визуальный медиатекст [1].




Визуальная грамотность включает в себя умение решать проблемы и критически мыслить – и это применимо ко всем областям познания. Образование в визуальной сфере создает основу для понимания и делает учащегося более устойчивым к манипуляциям с помощью визуальных средств [2]. А применима ли визуальная грамотность при изучении дисциплины «Физика»?

Основные этапы изучения физического явления: наблюдение, накопление фактов, выдвижение гипотезы, экспериментальная проверка гипотезы (опыт) и выдвижение закона.

Способствовать развитию умения учащимися проводить каждый из перечисленных этапов – важная задача, которая стоит перед учителем. Зачастую в рамках урока не всегда получается (из-за отсутствия необходимого лабораторного оснащения или из-за нехватки времени) провести качественный эксперимент и в полной мере его проанализировать. В помощь, на смену привычному эксперименту в лабораторных условиях, приходят электронные средства обучения (ЭСО).



Такие этапы как наблюдение и накопление фактов, опыт (эксперимент) можно провести с помощью демонстрации различных видеороликов, видеоуроков или видеоанимаций (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Некоторые электронные средства обучения по физике

<p>GetAClass – Физика в опытах и экспериментах (Видеокурс содержит много экспериментов, объяснений, сведений из истории физики и техники. 7–11 класс)</p>	
<p>Школа онлайн (Видеоуроки, опыты, примеры решения задач, анимации, интересные видео. 7–11 класс)</p>	
<p>Инфоурок (Видеоуроки, опыты, примеры решения задач, анимации. 7–11 класс)</p>	



СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

<p>Видеоуроки в Интернет (Онлайн-тесты, конспекты уроков, видеоуроки, электронные тетради, дистанционные олимпиады для 7–11 классов)</p>	
<p>Демонстрационный эксперимент (Демонстрация эксперимента с последующим объяснением. 7–8 класс)</p>	

Также существуют онлайн-лаборатории, которые позволяют учащемуся самостоятельно провести эксперимент и убедиться в справедливости изучаемого закона или явления. Лабораторный практикум по физике помогает глубже осознать и усвоить основные физические закономерности, приобрести навыки самостоятельной экспериментальной работы, ознакомиться с методами физических измерений, научиться записывать и обрабатывать результаты измерений, давать оценку полученным результатам [3] (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Некоторые онлайн лаборатории по физике

<p>Виртуальные лабораторные работы по физике (Лабораторные работы по механике, молекулярной физике, электричеству, физике колебаний и волн; анимации демонстрирующие различные физические явления и применение некоторых измерительных приборов: штангенциркуль, микрометр и др. 7–11 класс)</p>	
<p>Виртуальная лаборатория ВиртуЛаб (Образовательные интерактивные работы по молекулярной физике, оптике, механике, ядерной физике и др. 10–11 класс)</p>	

Приведённые примеры ЭСО могут использоваться как во время урока, так и на факультативном занятии, как при работе с высокомотивированными учащимися, так и для повышения мотивации у детей, испытывающих затруднения при изучении курса физики. Также могут предлагаться для просмотра (или выполнения, если это виртуальная лаборатория) в домашних условиях с последующим подробным обсуждением на уроке.

Использование приемов визуализации позволяет компенсировать отрицательную тенденцию развития «клипового мышления» и повысить эффективность информационных процессов в обучении физике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) <https://skyteach.ru/2020/08/07/vizualnaya-gramotnost-cto-eto-i-kak-ispolzovat-na-urokax/>
- 2) <https://vizual.club/2017/07/02/belaya-kniga-vizualnoy-gramotnosti-cto-takoe/>
- 3) https://www.tltsu.ru/instituty/institut-matematiki-fiziki-i-informatsionnykh-tehnologiy/kafedry/other_phi/educational-resources/Laboratory_praktikum_po_fizike_Chast_2__V_A_Sarafanova__1.pdf

ПЕРВЫЙ ЗАКОН НЬЮТОНА И ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЁТА

В. А. Плетюхов

Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь

Первый закон Ньютона (закон инерции) в авторской формулировке гласит: «Всякое тело продолжает удерживаться в своём состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние [1, с. 473]. Отсутствие здесь указания на систему отсчёта, относительно которой рассматривается движение тела, объясняется тем, что в ньютоновской картине мира пространство и время принято считать абсолютными. С ними неразрывно связывалось представление о существовании привилегированной истинно неподвижной системы отсчёта, в которой и формулировались законы механики.

Однако с появлением специальной теории относительности выяснилось, что никакого абсолютного пространства, а значит и истинно неподвижной системы отсчёта, не существует. Таким образом, возникла необходимость включить в закон инерции указание на систему отсчёта, в которой он выполняется. Закон стал выглядеть так: «При отсутствии внешних воздействий (сил) или когда действующие силы взаимно уравновешены, материальная точка сохраняет состояние своего движения или покоя относительно инерциальной системы отсчёта» [1, с. 221]. Что же касается понятия «инерциальная система отсчёта», предлагалось определение: «Инерциальной называется система отсчёта, в которой выполняется закон инерции...» [1, с. 220].

Очевидно, что такое видоизменение ньютоновской формулировки не решает проблему, поскольку в результате получается порочный круг в определении («*circulus in definiendo*»). Удивительно, но данная трактовка закона инерции просуществовала в отечественной учебной и методической литературе несколько десятилетий. Лишь примерно 20–30 лет назад физическое сообщество осознало, что подход надо менять.

И тогда практически во всех вновь издаваемых пособиях и учебниках как по команде появилась и стала общепринятой на сегодняшний день формулировка такого содержания: «Существуют такие системы отсчёта, относительно кото-

рых поступательно движущееся тело сохраняет скорость постоянной, если на него не действуют другие тела (или их действие компенсируется)» [2, с. 30]. И далее по шаблону: «Системы отсчёта, относительно которых тело при компенсации внешних воздействий движется равномерно и прямолинейно, называют инерциальными системами» [2, с. 31].

Что можно сказать об этой формулировке? Сразу бросается в глаза, что она носит нетипичный для физического закона характер. Обычно в таком виде, когда утверждается существование (или несуществование) чего-либо, формулируются гипотезы или постулаты. Например, атомистическая гипотеза о существовании мельчайших неделимых частиц материи или постулат о существовании предельно возможной скорости передачи сигналов. Закон же, как известно, устанавливает взаимосвязь между параметрами, характеризующими состояние изучаемого объекта, процесса или явления. Кроме того, закон должен иметь непосредственное экспериментальное подтверждение, справедливость постулата подтверждается косвенным образом на основе экспериментальной проверки ключевых следствий, вытекающих из постулата. Нетрудно видеть, что по указанным признакам нынешняя формулировка закона инерции является скорее постулатом, чем законом.

Как же всё-таки сформулировать закон инерции, чтобы он был свободен от указанных недостатков? На наш взгляд, в нём следует чётко отделить определение понятия «инерциальная система отсчёта» от собственно самого закона, не подавая их исходно «в одном флаконе».

С этой целью рассмотрим два (или более) тела, внешнее воздействие на каждое из которых отсутствует или скомпенсировано. Смысл закона заключается в том, что в каждой системе отсчёта (её актуализация для дальнейших рассуждений не имеет значения) указанные тела будут двигаться равномерно и прямолинейно. Но тогда и относительно друг друга они будут двигаться также равномерно и прямолинейно. Следовательно, мы приходим к заключению: все тела, внешнее воздействие на которые отсутствует или скомпенсировано, движутся относительно друг друга равномерно и прямолинейно.

Очевидно, что данная формулировка в полной мере отражает физическое содержание первого закона Ньютона и поэтому может быть принята в качестве его новой исходной версии. Её особенностью, в отличие от всех других современных версий, является отсутствие явного упоминания о системе отсчёта. Неявно система отсчёта здесь конечно присутствует. Для каждого из рассматриваемых тел таковой служит другое тело. Поэтому, если мы хотим актуализировать понятие инерциальной системы отсчёта и ввести в закон, надо дать её определение как системы отсчёта, связанной с любым телом, внешнее воздействие на которое скомпенсировано.

С учётом такого определения мы можем использовать и «старую» формулировку закона инерции согласно [1, с. 221], но с той принципиальной разницей, что в предлагаемом нами подходе расшифровка понятия «инерциальная система отсчёта» не предполагает обратной отсылки к закону. Это понятие вводится независимо, без обязательной привязки вообще к какому-либо закону.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физический энциклопедический словарь / под ред. А.°М.°Прохорова. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1995. – 928 с.
 2. Аксенович, Л. А. Физика в средней школе: Теория. Задания. Тесты : учебное пособие для учреждений, обеспечивающих получение общего среднего образования / Л. А. Аксенович, Н. Н. Ракина, К. С. Фарино; под ред. К. С. Фарино. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2004. – 720 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ПАРАДОКСОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

В. А. Плетюхов, А. И. Серый

Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь

Для лучшего усвоения студентами идей основ специальной теории относительности (СТО) полезно провести с ними сравнительный анализ так называемых «парадоксов» СТО. Мы предлагаем для рассмотрения следующие парадоксы (подробную формулировку см. в [1]):

- А. Эйнштейновского поезда [1, с. 92].
- Б. Близнецов (часов) [1, с. 95, 126–133, 277].
- В. Ленты и транспортера.
- Г. Шеста и сарая [1, с. 93–94, 261–262].

Результаты анализа удобно представить в виде нижеприведенной таблицы, в которой отражены следующие характеристики:

- 1.1 Что сравнивается в двух системах отсчета (СО)?
- 1.2.1 С чем связана первая СО?
- 1.2.2 Является ли первая СО инерциальной?
- 1.2.3 Что движется с релятивистской скоростью в первой СО?
- 1.3.1 С чем связана вторая СО?
- 1.3.2 Является ли вторая СО инерциальной?

2.1 Что, с точки зрения умозрительных рассуждений, должно зависеть от выбора СО (т. е. в чем парадоксальность, кажущееся противоречие с первым постулатом СТО)?

- 2.2 На что в основном опирается вывод парадокса?
- 2.3 Как разрешается парадокс?

Таблица – Сравнительная характеристика основных парадоксов СТО

	А	Б	В	Г
1.1	приход сигналов от краев поезда к центру	относительные показания часов, оставшихся на Земле и совершивших путешествие	относительное движение	
			ленты и транспортера	шеста и сарая
1.2.1	с ж.-д. полотном	с Землей	со станиной	с сараем
1.2.2	да	да (приблизленно считается)	да	да
1.2.3	поезд	путешествующие часы	лента	шест
1.3.1	с поездом	с путешествующими часами	с лентой	с шестом

Продолжение таблицы

	А	Б	В	Г
1.3.2	да	только на прямолинейных участках		да
2.1	сигналы посланы одновременно или нет	какие часы – путешествующие или оставшиеся на Земле – отстанут	провиснет лента или порвется	войдет шест в сарай или нет
2.2	на второй постулат СТО	на релятивистский эффект замедления времени	на релятивистский эффект сокращения длины	
2.3	на основе констатации относительности одновременности	указанием на явное несоответствие условий первому постулату СТО, поскольку во второй СО есть участки, делающие эту СО в целом неинерциальной	на основе констатации относительности одновременности	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тейлор, Э. Ф. Физика пространства-времени : пер. с англ. / Э. Ф. Тейлор, Дж. А. Уилер. – М. : Мир, 1971. – 320 с.

ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ И ТЕРМОДИНАМИКЕ

Ж. И. Равуцкая

Учреждение образования «Мозырский государственный педагогический университет имени И. П. Шамякина», г. Мозырь, Республика Беларусь

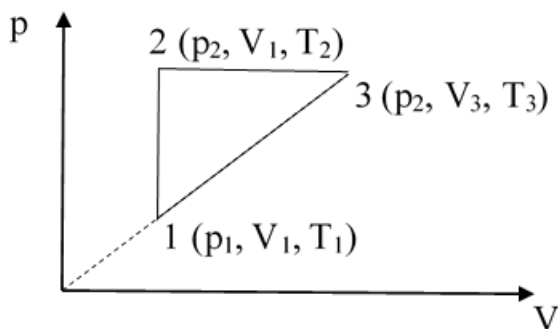
Анализ заданий централизованного тестирования за последние 5 лет позволяет сделать вывод об увеличении количества графических задач не только по механике, но и по другим разделам курса физики. Графики, представленные в таких задачах, не всегда выражают стандартные зависимости. В связи с этим возникает необходимость в формировании у учащихся умений строить и анализировать различные графические зависимости, решать задачи с использованием графических методов. График может выступать способом задания зависимости между физическими величинами; средством выражения характера этой зависимости, то есть ее графической интерпретацией [1].

Для изучения процессов, протекающих в газах, своеобразной системой отсчета является графически представленные в виде кривых зависимости одного из параметров от другого при заданном значении третьего параметра. Обычно эти процессы изображаются графиками в координатах (p, V) , используются также графики в координатах (p, T) и (V, T) . Очень важно при этом правильно обозначать значения параметров на различных этапах процессов, испытываемых системой.

При решении задач на газовые законы необходимо уметь изображать процессы на соответствующей диаграмме и применять к ним уравнение состояния и соответствующие уравнения изопроцессов [2].

Задача 1. Газ нагревают сначала изохорно от $T_1 = 400$ К до $T_2 = 600$ К, затем изобарно до некоторой температуры T_3 . После этого газ приводят в исходное состояние в процессе, при котором давление газа уменьшается прямо пропорционально объему. Найти температуру T_3 газа [3].

$T_1 = 400 \text{ K}$	Проанализировав условие задачи, изобразим процессы, испытываемые системой, в координатах (p, V) , обозначим параметры газа в каждом из состояний.
$T_2 = 600 \text{ K}$	
$T_3 = ?$	



Анализ представленной графической зависимости позволяет записать следующие уравнения изо процессов:

$$1-2: \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}; 2-3: \frac{V_1}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}.$$

Характер процесса 3–1 неизвестен, однако из приведенной диаграммы видно, что прямая, характеризующая процесс на этом участке, проходит через начало координат, следовательно, давление прямо пропорционально объему газа и

$$\frac{p_2}{V_3} = \frac{p_1}{V_1}.$$

Решая систему из трех уравнений, получим

$$T_3 = \frac{T_2^2}{T_1} = \frac{36 \cdot 10^4}{400} = 900 \text{ K}.$$

Задача 2. $\nu = 5$ моль идеального газа нагревают на $\Delta T = 10 \text{ K}$ так, что его температура изменяется прямо пропорционально квадрату давления газа. Определить совершенную при этом газом работу [4].

$\nu = 5$ моль	Так как температура изменяется прямо пропорционально квадрату давления газа $T \sim p^2$, значит, $V \neq \text{const}$. Работу газа можно найти графически, если построить график процесса в координатах (p, V) . Для этого необходимо выяснить зависимость давления газ от его объема в данном процессе.
$\Delta T = 10 \text{ K}$	
$T \sim p^2$	
$A = ?$	

Согласно уравнению Клапейрона

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}.$$

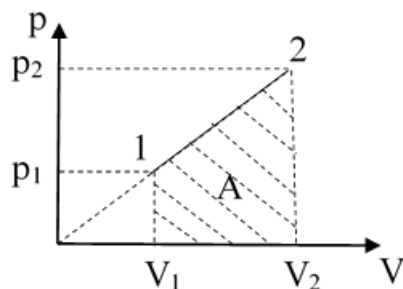
Кроме того, из условия задачи следует, что

$$\frac{T_1}{p_1^2} = \frac{T_2}{p_2^2}.$$

Решая систему из двух уравнений, получим

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2},$$

то есть давление прямо пропорционально объему. Изобразим график этого процесса в координатах (p, V) .



Работа, совершаемая газом, численно равна площади трапеции:

$$A = \frac{p_1 + p_2}{2}(V_2 - V_1) = \frac{p_1V_2 + p_2V_2 - p_1V_1 - p_2V_1}{2};$$

$$p_1V_1 = \nu RT_1, p_2V_2 = \nu RT_2, p_2V_1 = p_1V_2 \Rightarrow$$

$$A = \frac{\nu RT_2 - \nu RT_1}{2} = \frac{\nu R \Delta T}{2} = \frac{5 \cdot 8,31 \cdot 10}{2} = 207,8 \text{ Дж.}$$

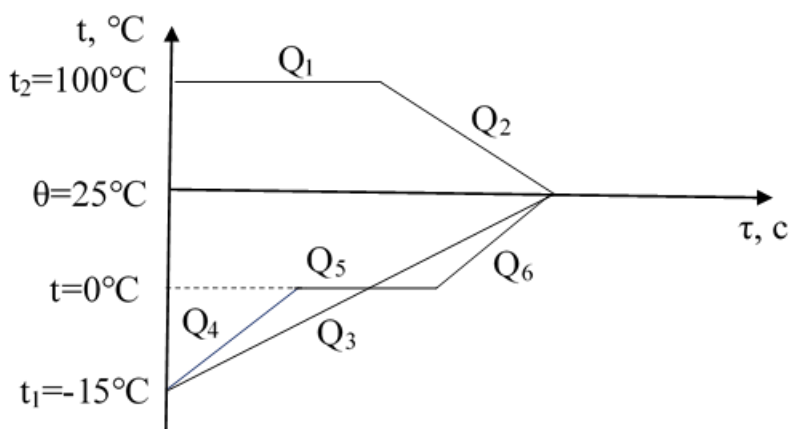
Использование графического метода значительно облегчает решение задач на уравнение теплового баланса [5]. Решение таких задач целесообразно начать с анализа тепловых процессов, происходящих в системе. Результатом такого анализа является график зависимости температуры от времени, который учащиеся строят для каждого из элементов, входящих в систему. При построении графика началом отсчета целесообразно взять температуру теплового равновесия, которую следует обозначать θ , чтобы она отличалась от обозначения других температур в задаче. Построив такой график, учащиеся уже не ошибутся с количеством тепловых процессов, происходящих в системе.

Наиболее часто встречаемая ошибка при решении задач с использованием уравнения теплового баланса – неправильное определение знака количества теплоты, выделяемого или получаемого в процессе теплопередачи. Анализ графика зависимости температуры от времени позволяет безошибочно определить, в каких процессах количество теплоты выделяется (в процессах, находящихся на графике выше оси θ), а в каких – поглощается (в процессах, находящихся на графике ниже оси θ). Поэтому уравнение теплового баланса целесообразно записывать в виде $|Q_{отд}| = Q_{получ}$ и от более высокой температуры отнимать более низкую.

Задача 3. В алюминиевый калориметр массой 300 г опустили кусок льда. Температура калориметра и льда равна -15°C . Затем через калориметр пропустили водяной пар температурой 100°C . После того как температура смеси оказалась равной 25°C , измерили массу смеси, она оказалась равной 500 г. Найти

массу сконденсированного пара и массу льда, находившегося в калориметре в начале опыта [6].

$m_{ал} = 0,3 \text{ кг}$
$t_1 = -15 \text{ }^\circ\text{C}$
$t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$
$\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
$m = 0,5 \text{ кг}$
$m_{п} - ?$
$m_{л} - ?$



Количество теплоты выделяется в следующих процессах:

$$Q_1 = Lm_n, L = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж} / \text{кг} - \text{конденсация пара};$$

$Q_2 = c_в m_n (t_2 - \theta), c_в = 4200 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ – охлаждение воды, полученной из пара.

Количество теплоты поглощается в следующих процессах:

$Q_3 = c_{ал} m_{ал} (\theta - t_1), c_{ал} = 880 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ – нагревание алюминиевого калориметра;

$Q_4 = c_л m_л (0 - t_1), c_л = 2100 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ – нагревание льда до температуры плавления;

$$Q_5 = \lambda m_л, \lambda = 330 \cdot 10^3 \text{ Дж} / \text{кг} - \text{плавление льда};$$

$Q_6 = c_в m_л (\theta - 0), c_в = 4200 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ – нагревание воды, полученной из льда.

Кроме того, $m = m_n + m_л \Rightarrow m_n = m - m_л$.

Тогда на основании уравнения теплового баланса

$$|Q_{отд}| = Q_{получ}$$

$$Lm_n + c_в m_n (t_2 - \theta) = c_{ал} m_{ал} (\theta - t_1) + c_л m_л (0 - t_1) + \lambda m_л + c_в m_л (\theta - 0),$$

$$Lm_n + c_в m_n (t_2 - \theta) = c_{ал} m_{ал} (\theta - t_1) - c_л m_л t_1 + \lambda m_л + c_в m_л \theta,$$

$$m_n (L + c_в (t_2 - \theta)) = c_{ал} m_{ал} (\theta - t_1) + m_л (-c_л t_1 + \lambda + c_в \theta),$$

$$(m - m_л) (L + c_в (t_2 - \theta)) = c_{ал} m_{ал} (\theta - t_1) + m_л (-c_л t_1 + \lambda + c_в \theta),$$

$$m(L + c_в (t_2 - \theta)) - m_л (L + c_в (t_2 - \theta)) = c_{ал} m_{ал} (\theta - t_1) + m_л (-c_л t_1 + \lambda + c_в \theta),$$

$$m(L + c_в (t_2 - \theta)) - c_{ал} m_{ал} (\theta - t_1) = m_л (L + c_в (t_2 - \theta) - c_л t_1 + \lambda + c_в \theta),$$

$$m(L + c_в (t_2 - \theta)) - c_{ал} m_{ал} (\theta - t_1) = m_л (L + c_в t_2 - c_л t_1 + \lambda),$$

$$m_л = \frac{m(L + c_в (t_2 - \theta)) - c_{ал} m_{ал} (\theta - t_1)}{L + c_в t_2 - c_л t_1 + \lambda},$$

$$m_n = \frac{0,5 \cdot (2,3 \cdot 10^6 + 4200 \cdot (100 - 25)) - 880 \cdot 0,3 \cdot (25 + 15)}{2,3 \cdot 10^6 + 4200 \cdot 100 + 2100 \cdot 15 + 330 \cdot 10^3} = 0,42 \text{ кг},$$

$$m_n = m - m_n = 0,5 - 0,42 = 0,08 \text{ кг}.$$

Графические методы решения физических задач способствуют формированию у учащихся функционального мышления, приучают к точности и аккуратности, способствуют более глубокому пониманию физических процессов, описываемых в задаче.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физика. Теория и технология решения задач / В. А. Бондарь [и др.] ; под общ. ред. В. А. Яковенко. – Минск : ТетраСистемс, 2003. – 560 с.
2. Редькин, В. П. Задачи по физике. Методы решения. Законы идеальных газов / В. П. Редькин, Т. В. Николаенко. // Фізика. Праблемы выкладання. – 2004. – № 3. – С. 36–43.
3. Капельян, С. Н. Физика : пособие-репетитор для подготовки к централизованному тестированию / С. Н. Капельян, Л. А. Аксенович. – Минск : Аверсэв, 2005. – 590 с.
4. Капельян, С. Н. Физика : пособие для подготовки к централизованному тестированию / С. Н. Капельян, В. А. Малашонок. – Минск : Аверсэв, 2018. – 480 с.
5. Редькин, В. П. Задачи по физике. Методы решения. Основы термодинамики / В. П. Редькин, Т. В. Николаенко // Фізика. Праблемы выкладання. – 2007. – № 6. – С. 32–39.
6. Сборник задач по физике. 9–11 классы / С. Н. Капельян [и др.]. – Минск: Аверсэв, 2009. – 272 с.

ПРИНЦИП НАИМЕНЬШЕГО ДЕЙСТВИЯ В КУРСЕ ФИЗИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

С. В. Родин, Ю. И. Савилова

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь*

Повсюду природа действует согласно
некоему принципу максимума и минимума.

Л. Эйлер

В настоящее время происходит значительное сокращение количества учебного времени на изучение физики в технических вузах – до одного семестра для большинства специальностей. Это обстоятельство диктует, как нам представляется, разработку нового подхода к изложению теоретического курса и организации самостоятельной работы студентов. В новых условиях нет возможности, да и необходимости подробного рассмотрения фактического материала по изу-

чаемым разделам физики – эта информация представлена в многочисленных учебно-методических пособиях и на электронных ресурсах, поэтому большую её часть можно вынести на самостоятельную работу. В лекционной части курса необходимо, по-нашему мнению, больше внимания уделять наиболее общим методам и принципам физики, имеющим общенаучное и междисциплинарное значение [1, 2]. В данном сообщении обсуждается принцип наименьшего действия, позволяющий с единых позиций изложить разные разделы физики.

Принцип наименьшего действия (ПНД) можно сформулировать в общем виде: реальное движение или состояние системы отличается от всех возможных при определённых граничных условиях тем, что некоторый функционал, характеризующий систему, стационарен и принимает экстремальное значение. Для нахождения экстремального значения применяется операция варьирования, поэтому названные принципы называются также вариационными. В ПНД таким функционалом является действие, которое может выражаться интегралом по времени или по траекториям в пространстве-времени. Понятие действия было введено в 1744 году П. Мопертюи, согласно которому, если в природе происходит некоторое изменение, то количество действия, необходимого для этого изменения, является наименьшим из всех возможных. Создатель дифференциального и интегрального исчисления Г. Лейбниц определил действие как произведение «живой силы» (кинетической энергии) на время. Строгие математические формулировки ПНД были предложены Л. Эйлером, Ж. Лагранжем и, в наиболее общей форме, У. Гамильтоном. Действием по Гамильтону является функционал

$$S = \int_{t_1}^{t_2} L(q(t), \dot{q}(t)) dt ,$$

где L – функция Лагранжа для механической системы;

t_1 и t_2 – фиксированные моменты времени;

$q(t)$ – обобщенная координата, в качестве которой могут приниматься разные величины: длина, угол, площадь и т. д.;

$\dot{q}(t)$ – первая производная по времени от обобщенной координаты.

Для консервативной системы (в которой выполняется закон сохранения энергии)

$$L(q(t), \dot{q}(t)) = T(q(t), \dot{q}(t)) - P(q(t)) ,$$

где T и P – кинетическая и потенциальная энергии системы.

В отличие от функции, аргумент функционала – функция (в данном случае $q(t)$ – кинематический закон движения механической системы).

В соответствии с ПНД механическая система движения таким образом, что её функционал $S = \min$. Следует отметить, что величина действия не всегда минимальна, иногда она максимальна, но всегда стационарна, поэтому ПНД точнее называть принципом стационарности. Стационарность действия означает, что бесконечно малые возмущения функции не вызывают её изменение в первом порядке малости. Необходимым условием достижения действием экстре-

мального значения является равенство нулю его вариации. В случае одномерного движения

$$\delta S = \delta \int_{t_2}^{t_1} L(q + \delta q, \dot{q} + \delta \dot{q}) dt = 0,$$

что соответствует стационарному значению интеграла. В отличие от дифференциала, являющегося главной линейной частью приращения функции, вызванного приращением аргумента, вариация – изменение функции при постоянном значении аргумента, вызванное изменением вида функции. Из условия $\delta S = 0$ выводятся уравнения Лагранжа. В общем случае систем с n степенями свободы эти уравнения имеют вид:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0, \text{ где } i = 1, 2, \dots, n,$$

то есть решением вариационной задачи является система дифференциальных уравнений, позволяющих найти искомые величины. Таким образом, движение механической системы можно описать с помощью скалярной функции Лагранжа, а не силы – векторной величины в механике Ньютона, предполагающей вычисление проекций векторов на выбранные оси координат. Отметим также, что ПНД является более общим способом описания движения или изменения состояния систем по сравнению с уравнениями движения, так как применим ко всем видам движения, оставаясь неизменным в любой системе отсчета.

Научная теория ПНД началась с принципа наименьшего оптического пути между двумя точками P_1 и P_2 :

$$\int_{P_1}^{P_2} n dS = \min,$$

где n – показатель преломления среды, dS – элемент пути. Из этого принципа, сформулированного П. Ферма в 1662 году, следуют все законы геометрической оптики.

Принцип Мопертюи в механике и принцип Ферма в оптике – самые первые из множества вариационных принципов в разных разделах физики: релятивистской механике, термодинамике, электродинамике. Действие оказалось универсальной математической конструкцией, позволяющей вывести основные законы классической физики. Квантовая физика началась с революционной гипотезы М. Планка, согласно которой действие есть величина прерывная:

$$\int_0^{\tau} L dt = \hbar,$$

где τ – длительность действия, $\hbar = 1,055 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка. В основе теории Планка лежит разработанный Л. Больцманом статистический подход к обоснованию второго начала термодинамики, в рамках которого энтропия S системы связана с числом способов W , которым может быть достигнуто данное состояние макросистемы:

$$S = k \cdot \ln W, \text{ где } k \text{ – постоянная Больцмана.}$$

Равновесное состояние системы – состояние с максимальной вероятностью P , где

$$P \sim W = \exp\left(\frac{S}{k}\right) = \max.$$

Энтропия, как характеристика состояния системы, имеет значение не только в термодинамике, её можно использовать для описания меры упорядоченности и разнообразия систем, меры обмена информацией – в этих областях также сформулированы экстремальные принципы, аналогичные по форме ПНД. Они широко используются в различных сферах науки и практики.

Поэтому одной из форм самостоятельной работы студентов может быть подготовка рефератов по экстремальным принципам в соответствующих специальных дисциплинах, что послужит цели начальной профессиональной подготовки. Лучшие работы можно рекомендовать к представлению на студенческую научно-техническую конференцию вуза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савилова, Ю. И. О методе аналогий в курсе физики технического вуза / Ю. И. Савилова // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития : материалы X Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 26 ноября 2020 г. / БГУИР. – Минск, 2020. – С. 229–232.
2. Родин, С. В. Принцип Ле Шателье-Брауна в курсе физики технического вуза / С. В. Родин, Ю. И. Савилова // Инновационные технологии обучения физико-математическим и профессионально-техническим дисциплинам : материалы XIII Междунар. науч.-практ. интернет-конф., Мозырь, 25–26 марта 2021 г. / МГПУ им. И. П. Шамякина. – Мозырь, 2021. – С. 59.

ПАТРИОТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ КАК ОСНОВА ДУХОВНО-ПРАВСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ

Г. Д. Свентецкая

*Государственное учреждение образования «Козенская средняя школа
Мозырского района», аг. Козенки, Мозырский район, Республика Беларусь*

«Патриот» – человек, любящий свое Отечество, преданный своему народу, идущий на жертвы во имя интересов родины. Слово «патриот» появилось во времена Великой французской революции 1789–1793 годов.

Патриотизм – нравственное качество человека, которое выражается в осознании величия и славы Родины, в духовной связи с ней, в потребности и стремлении в любых условиях беречь ее честь и достоинство, практически делами укреплять ее могущество и независимость.

Обучение и воспитание тесно связаны между собой: воспитывая – обучаем, а обучая – воспитываем. Цель образования – «формирование личности учаще-

гося как носителя ценностей национальной и мировой культуры, гражданина и патриота» [1].

Таким образом, цель и задачи нравственного образования – выработать у учащихся активную жизненную позицию патриота своей страны. Темы, изучаемые в рамках учебного предмета «Физика», дают большие возможности патриотического воспитания.

Одним из ярких примеров является знаменитый конструктор Павел Осипович Сухой, уроженец города Глубокое Витебской области. Потомок белорусских крестьян – и настоящий интеллигент. Павел Сухой по праву считается звездой белорусской технической науки. Во время учебы в Императорском училище занимался разработкой самолетов. В годы Великой Отечественной войны под его руководством был создан бронированный штурмовик Су-6.

При изучении определенных тем рассматриваются отдельные фрагменты деятельности конструктора, в результате у учащихся возникает собирательный образ ученого как яркой личности. Так, при проектировании самолета необходимы знания из области физики.

Изучение тепловых явлений можно рассмотреть на примере прочности металлических конструкций самолетов. Учащимся будет интересна следующая информация: на скорости в 3000 км/ч Су-100 воздушная среда, набегая на самолет, сильно разогревается. Нагревается также обшивка носовых частей крыла и фюзеляжа. Алюминиевые сплавы выдерживают нагрев только до 150–200 °С, потом начинается потеря прочности. После данной информации учащимся можно задать вопрос: как обеспечить устойчивость истребителя на всех режимах полета? Результат анализа ответов – Су-100 – пример цельно-стального самолета. Динамика полета, аэродинамика (сокращение общей «омываемой» поверхности самолета, чтобы снизить его сопротивление).

Например, решение задачи по кинематике: самолет П. Сухого Су-100 может развивать скорость до 3000 км/ч. За какое время он преодолевает расстояние 130 км?

При изучении вопроса о центре тяжести учащимся будет интересно узнать, что бомбардировщик Су-7Б должен идти к цели на малой высоте, затем резко «подпрыгивать» и в этом «прыжке» сбрасывать бомбы. В момент отцепа бомб меняется центр тяжести самолета.

При изучении электростатики учащимся предлагается решение проблемной ситуации: сверхзвуковые самолеты в полете накапливали на себя огромные заряды. Иногда накопленные потенциалы приводили к появлению коронных разрядов. Разряд, возникший, например, на крыле, летчик воспринимает на фоне бесконечного неба или далеких облаков как большой светящийся шар, который повторял все маневры самолета на расстоянии полуметра от него. После полученной информации учащимся предлагается найти способ(ы) решения проблемы.

Затрагивая связь физики с другими областями научных знаний при изучении электрического тока, звуковых явлений, можно рассказать о Владимире

Улащике, уроженце Минской области. В. Улащик внес значимый вклад в физическую медицину, изучал механизмы и закономерности физических факторов (постоянный электрический ток, ультразвук, микроволны), разработал общие принципы современной физической терапии и предложил новые физиотерапевтические методы и аппараты.

Есть среди известных ученых Беларуси и Нобелевский лауреат. Светофоры, мобильные телефоны, автомобильные фары – в этих устройствах используются открытия известного на весь мир Жореса Алферова. Ж. Алферов родился в городе Витебске. Работа компакт-дисков и дисководов современных компьютеров была бы невозможна без «лазера Алферова». Данная информация рассматривается при изучении темы «Лазеры».

Формирование у учащихся патриотизма на уроках физики может быть связано не только с историей жизни ученых и их открытий.

Воспитание патриотизма связано с памятью о героическом прошлом нашего народа во время Великой Отечественной войны.

Изучение темы «Давление твердых тел» сопровождается погружением в историю Великой Отечественной войны. Учащимся можно предложить следующее задание: самостоятельно отыскать способ пешего перехода через тонкое, труднопроходимое болото. Затем продемонстрировать отрывок кинофильма «Освобождение», в котором показано, что во время войны при наступлении советских войск в белорусских лесах для проезда по заболоченным местностям солдаты делали настил из хвороста, бревен, досок.

Изучение темы «Давление жидкостей и газов» сопровождается рассказом о героизме белорусского народа. В декабре 1941 года немцы захватили Минский железнодорожный узел. Рабочие единственной водокачки Ф. Живалев и М. Бурри-Буримский убедили врага в необходимости усиления подачи воды для паровозов, в то время, когда воды не хватало. Немцы установили дополнительный мощный насос. Ф. Живалев, уловив момент, запустил его на полную мощность. Насос создал в трубопроводе очень большое давление и трубы полопались. В результате Минский железнодорожный узел приостановил свою работу, тем самым уменьшилась отправка эшелонов на восток. Данный пример показывает, что в жестокой борьбе с врагом важны не только знания, но и своевременное, умелое их применение.

Самоотверженный труд белорусского народа в послевоенное время является также наглядным примером патриотизма. С августа 1944 года ведет свою летопись Минский автомобильный завод. В октябре 1947 года на заводе были собраны первые пять МАЗов. После предложенной исторической информации учащимся предлагается решение задач на расчет мощности, КПД двигателей.

Ярким моментом на уроке при изучении темы «Плотность вещества» будет упоминание об открытии в 1964 году в Беларуси первых нефтяных фонтанов в городе Речице Гомельской области.

При изучении ядерной физики необходимо рассказать об аварии на Чернобыльской АЭС, о ее последствиях, об участии белорусского народа в ликвидации аварии. Этот пример дает возможность учителю показать значимость изучаемого вопроса и рассмотреть основные характеристики первой атомной электростанции, расположенной у северо-западной границы Беларуси вблизи города Островца Гродненской области: установленная номинальная мощность энергоблока – 1200 МВт, число энергоблоков – 2, срок службы энергоблока – 50 лет, коэффициент полезного действия – 33,9 %, среднегодовой коэффициент готовности к работе на установленной номинальной мощности – 0,92. Данные характеристики БелАЭС можно использовать при решении задач по изучаемой теме. Например, определите коэффициент полезного действия атомной электростанции, расходующей на неделю уран-235 массой 1,4 кг, если мощность равна 38 МВт. При делении одного ядра урана-235 выделяется энергия, равная 200 МэВ.

На уроках физики можно ярко и убедительно показать роль науки, ученых и их открытий в развитии общества и в научно-техническом прогрессе.

Осуществляя патриотическое воспитание на уроках физики, необходимо учитывать научность и практическую значимость материала. Материал должен быть связан с содержанием школьной программы. Преподносить материал необходимо убедительно, используя наглядность. Материал должен расширять кругозор учащихся, соответствовать возрасту и уровню учащихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Образовательный стандарт базового образования. Постановление Министерства образования Республики Беларусь 26.12.2018 № 125 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.adu.by/Национальный институт образования](http://www.adu.by/Национальный_институт_образования). – Дата доступа: 25.12.2019.

ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНАХ ФИЗИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

А. И. Серый

*Учреждение образования «Брестский государственный университет
имени А. С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь*

При изучении оптики [1, с. 9, 10], атомной физики [2, с. 13, 64, 65], биофизики [3, с. 237–242] а также дисциплины «Технические средства и методы защиты информации» (ТСИМЗИ) студенты могут встречаться с упоминанием об источниках и приемниках инфракрасного (ИК) излучения [4, с. 181–184] в различных разделах этих курсов. Для обобщения и закрепления материала и во избежание путаницы (в том числе при подготовке к экзамену) представляется целесообразным систематизировать соответствующие сведения.

Ниже предложены сравнительные таблицы, которые могут быть использованы в образовательном процессе и способствовать достижению указанной це-

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

ли. Таблицы составлены на основе сведений из [5]. Курсивом выделены примеры использования активных устройств, то есть работающих на излучение ИК-сигнала.

Таблица 1 – Примеры источников и приемников ИК-излучения в дисциплине ТСиМЗИ

Раздел курса ТСиМЗИ	Примеры	ИК-диапазон
Технические каналы утечки (ТКУ) речевой информации	лазерный микрофон как система <i>ИК-лазера</i> и приемника в оптико-электронном ТКУ	ближний
Способы скрытого видеонаблюдения и съемки	а) приборы ночного видения (ПНВ), в том числе с <i>ИК-подсветкой</i>	ближний
	б) тепловизионные приборы (в некоторых классификациях считаются разновидностью ПНВ)	дальний
Демаскирующие признаки объектов	ИК-излучение объекта как демаскирующий признак; фоновое ИК-излучение (в формировании которого важную роль играют окна прозрачности атмосферы [6, с. 90]) как помеха для обнаружения объектов	дальний
Средства акустической разведки	<i>ИК-лазер</i> в лазерном микрофоне	ближний
	<i>ИК-передатчик</i> для передачи информации, перехваченной микрофоном другого типа, и соответствующий приемник	ближний
Обеспечение безопасности объектов	<i>активные ИК-системы охраны периметров</i>	ближний
	пассивные ИК-системы охраны периметров	дальний
	тепловизионные системы охраны периметров	дальний
Защита электронных устройств и объектов от побочных электромагнитных излучений	волоконно-оптическая связь в ИК-диапазоне (<i>излучение</i> и прием сигнала)	ближний

В таблице 2 дана более детальная сравнительная характеристика активных и пассивных систем охраны периметров.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика активных и пассивных систем охраны периметров

Системы охраны периметров	Активные	Пассивные
1.1 Средние габариты	больше	меньше
1.2 Средняя стоимость	больше	меньше
1.3 Долговечность	меньше	больше
2. Использование (по статистике)	реже	чаще
3.1 Для защиты длинных коридоров	подходит в большей степени	подходит в меньшей степени
3.2 Причина	достаточно только установить отражатели при минимальном количестве датчиков	необходимо ставить большое количество датчиков

В образовательном процессе можно использовать не только готовые таблицы, но и предлагать учащимся составление подобных таблиц в качестве самостоятельных творческих заданий.

Кроме того, аналогичные таблицы можно составлять, например, для электромагнитного излучения других диапазонов (с точки зрения различных обла-

стей его применения в курсах физики, биофизики, ТСиМЗИ и в других отраслях человеческой деятельности).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1980. – Т. 4 : Оптика. – 752 с.
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1986. – Т. 5 : Атомная и ядерная физика. В 2-х ч. Ч. I. Атомная физика – 416 с.
3. Биофизика: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В.Ф. Антонов [и др.] – М. : Гуманит. центр ВЛАДОС, 1999. – 288 с.
4. Физическая энциклопедия : в 5 т. / Гл. ред. А. М. Прохоров; ред. кол. Д. М. Алексеев [и др]. – М. : Советская Энциклопедия, 1990. – Т. 2. Добротность. – Магнитооптика. – 703 с.
5. Технические средства и методы защиты информации. Учебное пособие для вузов / А. П. Зайцев [и др.]; под ред. А. П. Зайцева и А. А. Шелупанова. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : Горячая линия – Телеком, 2012. – 616 с.
6. Семенченко, Б. А. Физическая метеорология : учебник / Б. А. Семенченко. – М. : Аспект Пресс, 2002. – 415 с.

РОЛЬ ОПЫТА В ПОВЫШЕНИИ ИНТЕРЕСА К ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИКИ

В. Н. Соловей

*Государственное учреждение образования «Средняя школа № 16 г. Полоцка»
г. Полоцк, Республика Беларусь*

Надо многому учиться, чтобы знать хоть немного.
Ш. Монтескье

Процесс обучения физике представляет собой непрерывное единство действий учителя и учащихся, направленных на усвоения основ физики, формирование умений, развития мышления и творческих способностей, воспитание учащихся [1, с. 5].

Урок как форма занятий существует несколько десятилетий, но в связи с быстрым развитием научно-технического прогресса встаёт вопрос о его совершенствовании. Появляются новые профессии, требующие анализа сложных технических систем, развития творческого мышления.

Значит и к современному уроку предъявляются новые требования, которые направлены на то, чтобы подготовить учащихся к жизни, к труду.

Урок физики может прекрасно обеспечить высокий уровень знаний, целенаправленное воспитание и развитие каждого учащегося. К каждому уроку учителю необходимо выделить структурный элемент физических знаний, подлежащий усвоению, сопоставить компоненты о конкретном понятии, законе, явлении.

При изучении физики учитель раскрывает и подчёркивает взаимосвязь знаний и реальности, а также формирует мировоззрение.

Результативность урока зависит не только от деятельности учителя, но и от активности самих учащихся. Только совместное сотрудничество способно дать хороший результат. Развитию интеллекта, воли, познавательного интереса, мышления и творчества способствует органическое сочетание информационной и организационной сторон урока, это обеспечивает меньший расход времени в формировании необходимых черт личности ученика, что способствует представлениям оптимизации учебного процесса.

Мотивация учебной деятельности очень актуальна и в нынешний момент. К сожалению, за последние годы у учащихся возникла проблема, связанная с уменьшением роли познавательного интереса. Среди причин можно назвать неумение владеть своим вниманием, иногда лень преобладает над всем остальным, повышенный интерес к мобильным устройствам. Исходя из программных требований по физике процесс получения знаний, умений на уроке должен быть направлен на овладение методами и средствами, характерными для данного предмета. И чтобы успешно решать задачи по образованию, воспитанию и развитию учащихся, прежде всего учитываю возможности развития мышления и познавательных способностей каждой возрастной группы.

Как гласит китайская мудрость: «Расскажи – я забуду, покажи – и я запомню, дай мне действовать самому – и я научусь!» [2, с. 17]. Невзирая на применение различных технических средств обучения, демонстрация опытов по физике способствует получению более глубоких знаний, повышает интерес к изучению предмета. При изучении темы «Атмосферное давление» в 7 классе провожу опыт с «магдебургскими полушариями». Также учащимся нравится опыт со сваренным вкрутую яйцом, помещенным в широкое горлышко прозрачного стеклянного сосуда. В сосуде сжигаем небольшой кусочек бумаги и в это время яйцо «проваливается» в сосуд.

Затем выдвигаем версии по объяснению этого явления.

Тема: «Давление». Перед изучением темы задаю вопросы классу: какая величина характеризует действие одного тела на другое? Всегда ли сила определяет результат этого действия?

Чтобы найти ответы на вопросы, провожу демонстрации:

1) В деревянный брусок вбиваю два гвоздя с разной силой удара. Гвозди входят в брусок на разную глубину. Почему?

2) Из класса вызываю желающего провести эксперимент. На брусок нужно поставить гвоздь шляпкой вниз и попытаться забить его в этот брусок. Обсуждаем вопрос: почему, если сила удара велика, нет аналогичного предыдущим результатам? Наступило прекрасное мгновение – класс думает! Ребятам это понравилось, они смело начали высказывать свои версии объяснения происходящего.

Невзирая на то, что сегодня используется очень много презентаций по различным темам, роль эксперимента нельзя недооценивать [3].

Особый интерес вызывают опыты с взаимодействием постоянных магнитов, образование линий магнитного поля. После демонстрации всегда есть желающие самостоятельно повторить опыт, а значит, их заинтересовал этот материал.

Характерной особенностью творческого мышления является новизна получаемого результата. Получив результат, сумев его объяснить, возникает желание разобраться и в других явлениях и процессах.

Быстрое развитие компьютерных технологий, расширение их функциональных возможностей позволяет эффективно использовать программные продукты на всех этапах учебного процесса [4, с. 70].

Учебный процесс по физике совершенствуется и развивается. С развитием научно-технического прогресса видоизменяются цели образования, возникают новые технологии, создаются современные средства обучения, а, следовательно, эффективность урока будет определяться требованием времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кульбицкий, Д. И. Методика обучения физике в средней школе / Д. И. Кульбицкий. – Минск : ИВУ Минфина, 2007. – С. 5.
2. Ерунова, Л. И. Урок физики и его структура при комплексном решении задач обучения / Л. И. Ерунова. – Москва : Просвещение, 1988. – С. 17.
3. Прокопенко, Н. И. Эффективный урок: какой он? / Н. И. Прокопенко. – Мозырь : ООО ИД «Белый ветер», 2007. – С. 15.
4. Запрудский, Н. И. Современные школьные технологии / Н. И. Запрудский. – 2-е изд. – Минск : Сэр-Вит, 2012. – С. 70.

«ВИБРАЦИОННАЯ МЕХАНИКА» КАК НОВЫЙ РАЗДЕЛ УЧЕБНОГО КУРСА «МЕХАНИКА»

А. Р. Филипп, И. И. Жолнеревич

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Механика – одна из наиболее разработанных областей физических знаний, со своим набором законов и устоявшейся терминологией. Поэтому в программу учебного курса обычно включают стандартный перечень тем. Однако есть ряд явлений, рассмотрением которых, на наш взгляд, необходимо было бы дополнить учебные программы вузов и, что еще важнее, втузов. Одно из таких направлений в механике возникло около полувека назад и продолжает активно развиваться. Речь идет о вибрационной механике. Уже известен целый ряд технических устройств и механизмов, использующих вибрационный принцип перемещения. Транспортные ленты для сортировки и дозирования сыпучих продуктов, маломощные измельчители твердых строительных материалов, движители нового типа для роботов различного назначения – вот далеко не полный перечень возможных применений устройств, работающих по этому принципу.

В то же время, развитие данного, безусловно перспективного направления механики, сдерживается, помимо прочего, также и отсутствием соответствующей учебной литературы. Есть справочники, сборники научных трудов [1, 2] по данной тематике, но в них изложение ведется с применением специальной тер-

минологии и приемов, обычно не используемых в классической механике. Поэтому включение этих материалов в существующие учебники нецелесообразно.

Мы сделали попытку рассмотрения основ вибрационной механики в рамках стандартных подходов, используя лишь законы Ньютона и представления о силах инерции. Конечно же, все многообразие вибрационных явлений при данном подходе рассмотреть не удастся. Тем не менее, в рамках предложенной модели логичное объяснение получил, например, такой экспериментальный факт, как смещение тела по горизонтальной вибрирующей плоскости (в отсутствии внешних сил) при определенном сочетании величины коэффициента трения скольжения, амплитуды и частоты колебаний плоскости. Необходимо заметить, что при других значениях перечисленных параметров итогового смещения тела относительно вибрирующей подложки не происходит: оно либо остается на месте, либо совершает периодические колебания около фиксированного положения.

При этом мы не ограничились только теоретическим рассмотрением соответствующей задачи. На базе общедоступных деталей и механизмов была собрана экспериментальная установка и получено подтверждение проведенных расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибрации в технике : справочник : в 6 т. / под ред. Н. Челомея – М. : Машиностроение, 1981.
2. Блехман, И. И. Вибрационная механика / И. И. Блехман. – М. : Физматлит, 1994. – 400 с.

«ФИЗИКА» В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ: ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Н. В. Чертко, И. А. Капуцкая

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Появление вируса SARS-CoV-2, его широкое распространение, быстрый рост числа заболевших Covid-19 во многих странах потребовали применения различных мер сдерживания распространения вируса, в том числе ограничения передвижения людей и уменьшения числа их контактов. Эти меры непосредственно затронули образовательный процесс в вузах, где основными формами работы являются поточные лекции, на которых присутствует около сотни студентов, практические и семинарские занятия в группах из 20–30 человек. Формы проведения занятий необходимо было быстро корректировать с учетом сложившейся эпидемиологической ситуации.

Одним из решений стало проведение лекционных и практических занятий с помощью образовательного портала БГУ, построенного на платформе Moodle. Различные формы занятий по дисциплине «Физика» были реализованы на портале для студентов химического факультета БГУ.

Для проведения лекций использовалась интегрированная с Moodle система BigBlueButton. BigBlueButton поддерживает возможность показа презентаций,

документов Microsoft Office, рабочего стола. Также есть доска с указателем и возможностью рисования. В процессе лекции в формате видеоконференции студенты могут задавать вопросы, а также писать их в чате.

Для проведения практических занятий на портале размещались файлы с разобранными задачами по теме занятия, а также задачи для самостоятельного решения, использовались такие возможности образовательного портала, как групповые чаты и тесты.

Поскольку одной из контрольных рейтинговых точек по дисциплине «Физика» является контрольная работа, то студенты были заинтересованы в получении консультаций по решению задач и активно задавали вопросы преподавателю в групповом чате.

На выполнение теста либо решения задачи отводилось определенное время в течение занятия, либо было необходимо сдать выполненное задание к указанной дате. Система Moodle предоставляет возможность установить время, в течение которого тест доступен для выполнения, либо срок приема готовых заданий как для группы, так и для одного конкретного студента. Также следует отметить наличие удобной функции на портале – автоматического контроля посещаемости занятий.

При проведении тестов по просьбе студентов были использованы вопросы закрытого типа. Это обусловлено тем, что большинство студентов заходят на портал с помощью смартфонов, и тестовый вопрос, в котором надо выбрать один или несколько правильных ответов путем нажатия на определенный переключатель, отображается корректно. Другие типы заданий, которые позволяет сформировать платформа Moodle, могут вызвать некоторые трудности при выполнении на смартфоне. Так, по отзывам студентов, на смартфоне неудобно выполнять тестовые задания, в которых, например, требуется расположить ответы в определенном порядке, «передвигая» ответы в соответствующую позицию.

Следует отметить наличие возможности загружать рисунки в тестовый вопрос. Например, графические задания, в которых требуется выбрать правильное направление силы из предложенных вариантов, исключают возможность быстрого поиска студентами ответа в интернете.

Другой вариант проведения практических занятий – это использование многопользовательской доски, когда преподаватель пишет и объясняет методы решения задач в режиме онлайн, а затем «вызывает» к доске студента, которому предлагается написать и прокомментировать решение предложенной типовой задачи. Такой подход наиболее приближен к привычным аудиторным занятиям, однако требует наличия дополнительных технических средств как у преподавателя, так и у студентов, например, графического планшета или ноутбука с сенсорным управлением и стилуса.

Как показал опрос студентов о форме проведения дистанционного практического занятия, наиболее предпочтительным для них оказался вариант занятия в виде видеоконференции BigBlueButton с использованием электронной доски (мы использовали поле приложения Microsoft One Note), позволяющей рисовать схематично рисунки и писать решения задач. Такой формат дает возможность студентам оперативно уточнять у преподавателя непонятные моменты в решении задач, а также вступать в дискуссию в процессе решения. Недостатком

такой формы практических занятий является то, что оно превращается в аналог лекции по методике решения задач и не требует активной работы студента.

Образовательный портал способствует организации самостоятельной работы студентов. В первую очередь это обусловлено возможностью ограничить сроки выполнения заданий и установить, таким образом, темп прохождения изучаемого материала, организовать равномерную работу студента в течение семестра. Наличие возможности проведения тестов с автоматической проверкой результатов позволяет, с одной стороны, студенту проверить и закрепить свои знания, а с другой стороны, освобождает преподавателя от проверки работ.

Также на образовательном портале есть возможность размещения файлов и ссылок на документы электронной библиотеки БГУ, учебно-методические комплексы, источники в интернете. При учебе в условиях самоизоляции актуальным становится просмотр видеозаписей демонстрационных экспериментов по физике, находящихся в открытом доступе в сети Интернет; особенно следует отметить наличие в открытом доступе качественных видео, подготовленных преподавателями МФТИ и МИФИ. Такого рода материалы, ссылки на которые можно разместить в рамках изучаемых тем, способствуют более глубокому усвоению изучаемых вопросов.

Наполнение страниц курса требует значительных временных затрат со стороны преподавателя, для разработки новых форм занятий и их совершенствования необходим отклик студентов на нашу работу. С этой целью студентам было предложено пройти анкетирование. Анкета была составлена с помощью Google-форм, а ссылка на нее размещена на странице курса, опрос был анонимный.

В опросе приняло участие 96 человек, в том числе 53 студента первого курса и 43 – второго. В процессе изучения дисциплины «Физика» студенты слушали лекции как в аудитории, так и посредством видеоконференций, практические занятия проводились также как в аудиториях, так и на образовательном портале.

На вопрос о предпочтительном варианте проведения лекций 46 студентов (47,9 % опрошенных) выбрали лекцию в аудитории с демонстрацией презентации, 24 студента (25,0 %) предпочли «классический» вариант изложения лекции мелом на доске, 19 студентов (19,8 %) выбрали дистанционный вариант – видеоконференцию, 7 студентам (7,3 %) оказалось достаточным наличие конспекта лекции, доступного на образовательном портале. Таким образом, большая часть студентов (72,9 %) хотят посещать «живые» лекции в аудитории, причем первокурсникам больше нравится, когда преподаватель пишет мелом на доске (22 из 24 проголосовавших за «классический» вариант лекции – студенты 1-го курса).

43 студента (44,8 % опрошенных) выбрали аудиторный формат практических занятий, это значительно меньше, чем проголосовавших за аудиторные лекции (70 студентов или 72,9 %). Практические занятия в формате видеоконференции выбрали 33 студента (34,4 %), причем только 3 из них хотели бы также сами решать задачи на онлайн-доске. Значительная часть – 20 студентов (20,8 %) – предпочли бы самостоятельно учиться решать задачи с помощью представленного преподавателем конспекта с примерами решенных задач и задавать вопросы в чат или посредством личных сообщений.

Также студентам был задан вопрос о том, какие материалы, по их мнению, должны быть представлены на образовательном портале. Большинство студентов указало на необходимость размещения на портале конспекта лекций, презентаций, методичек по лабораторным работам, списка вопросов к зачету и экзамену, журнала рейтинговых оценок.

Анкетирование показало, что большая часть студентов предпочла бы контрольные мероприятия, влияющие на получение зачета или высокой рейтинговой отметки для экзамена, проводить в режиме онлайн (76,0 % – тестовый онлайн контроль и 60,4 % – дистанционную контрольную работу). Проведение контрольной работы в режиме онлайн оставляет студенту широкие возможности для поиска правильного решения: это и поиск информации в интернете, и в учебниках, и возможность общаться друг с другом. Для того чтобы судить о достоверности отметок, полученных студентами в результате онлайн контрольных мероприятий, был проведен анализ баллов за тест по дисциплине «Физика» (разделы «Механика» и «Молекулярная физика и термодинамика»), выполненный с помощью образовательного портала БГУ (т. е. дистанционно) студентами химического факультета. Студентам первого курса набора 2019 и набора 2020 гг. предлагался тест, сформированный программой случайным образом из массива 320 заданий. Каждый студент получал индивидуальное задание из 20 вопросов, каждый из которых оценивался в 1 балл. В 2019–2020 учебном году данный тест являлся определяющей рейтинговой точкой для получения зачета. В 2020–2021 учебном году данный тест был тренировочным и добровольным перед аудиторным коллоквиумом, задания на котором отличались от вопросов теста.



На диаграмме представлены баллы, набранные студентами за тесты. Распределение баллов за тест, оценка за который учитывается при расчете рейтинга, не соответствует нормальному, четверть респондентов получила максимальный балл. Более объективной выглядит диаграмма распределения баллов тренировочного необязательного теста для первокурсников набора 2020 года, целью проведения которого была лишь проверка готовности к коллоквиуму. Данный тест выполнили 51 из 92 студентов. Результаты тренировочного теста оказались близки к результатам очного коллоквиума этих же студентов. Анализ результатов показал, что у 19 респондентов «очный» балл превысил «тренировочный», еще у 10 студентов баллы совпали, у 8 человек отметка за коллоквиум

была на один балл ниже, чем за тренировочный тест. Следовательно, более 2/3 студентов получили отметки за коллоквиум, коррелирующие с результатами тренировочного теста.

Использование образовательного портала при преподавании дисциплины «Физика» на химическом факультете БГУ позволило дополнить и разнообразить образовательный процесс. Следует отметить, что качественное обучение с помощью образовательного портала возможно при наличии скоростного интернета, готовности преподавателей к изучению возможностей использования дополнительных функций, программ, улучшающих образовательный процесс и приближающих его по качеству к очной форме. Данные технологии способствуют самоподготовке и самоконтролю студентов.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ В УЧЕБНОЙ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

С. В. Чугунов¹, А. С. Чугунов¹, Э. В. Чугунова²

¹Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

²Государственное учреждение образования «Гимназия № 4 г. Бреста», г. Брест, Республика Беларусь

Образовательный процесс в современном вузе невозможно представить без применения новых информационных технологий. На наш взгляд, передовые компьютерные программы должны активно использоваться в учебном процессе для студентов различных специальностей.

С развитием современных компьютерных технологий и программных продуктов, позволяющих относительно легко и быстро создавать различные модели устройств, элементов, структур, узлов и т. д., остро стоит вопрос о внедрении в образовательный процесс передовых, инновационных наукоемких программ.

На наш взгляд, студенты вузов старших курсов обладают достаточными умениями и навыками для работы с узконаправленными (специализированными) программными продуктами, благодаря которым можно осуществлять моделирование физических, технологических и других процессов.

Создавать новые модели и изучать их основные преимущества перед уже существующими образцами, предлагать различные решения по усовершенствованию, улучшению основных характеристик созданных моделей, оптимизировать такие устройства – основная задача современных программных продуктов такого типа [1].

Так, студенты многих технических вузов Республики Беларусь при проектировании зданий, сооружений, различных узлов и систем используют программу AutoCAD, которая включает в себя полный набор инструментов для комплексного двумерного и трехмерного моделирования. Эта программа дает возможность создавать модели, схемы, чертежи и с легкостью производить необходи-

мые изменения, дополнения, корректировки в созданных проектах. Эта программа очень популярна и востребована, так как обладает доступным и понятным интерфейсом и предоставляет пользователю широкие возможности. Однако на рынке программного обеспечения существуют уже достаточно много более современных, более инновационных программных продуктов, с которыми студентов в вузе не знакомят. Как правило, при дальнейшем устройстве на работу выпускникам приходится изучать их самостоятельно.

Основными проблемами внедрения современных программных продуктов в процесс обучения, на наш взгляд, являются:

1) стоимость таких программ. Производители стараются реализовывать лицензионное программное обеспечение (ПО) для обучения по ценам ниже, чем для предприятий, но не каждый вуз может себе позволить программы даже при этих условиях;

2) недостаточное оснащение учебных кабинетов рабочими компьютерными станциями высокой производительности;

3) квалификация преподавателей. Для работы с современными программными продуктами преподавателю необходимо в совершенстве владеть данными программами, это требует высокого уровня подготовки;

4) недостаточный уровень сотрудничества выпускающих кафедр вузов с высокотехнологичными предприятиями, на которых есть возможность организовать выполнение студентами старших курсов курсовых проектов, дипломных работ, которые помогли бы раскрыть потенциал студентов, и они смогли бы, еще находясь в стенах университета, зарекомендовать себя перспективными специалистами, участвуя в совместных проектах на производстве;

5) многообразие программного обеспечения. На рынке ПО существует огромное количество похожих друг на друга программных продуктов, которые решают большой спектр задач, но есть и узконаправленные программы. При выборе ПО необходимо найти компромисс между многими факторами: ценой, функциональностью, простотой в использовании, актуальностью. Важно учитывать предоставляет (оказывает) ли разработчик техническую поддержку в обновлении продукта и т. д.

Среди учебных дисциплин физика – один из наиболее поддающихся компьютеризации предметов.

В Брестском государственном техническом университете на кафедре физики ведется научно-исследовательская работа «Моделирование физических процессов в р-і-п и Шоттки диодах и транзисторах на основе гетероструктур AlGaIn», в которой принимают активное участие студенты. При моделировании гетероструктур используются программные продукты, такие как FETIS, Comsol, Mathematica и др.

ПО FETIS™ разработано для моделирования полевых транзисторов с высокой электронной подвижностью на основе нитрида III группы (HEMT). Он включает в себя 1D-симулятор зонной диаграммы и распределение потенциала по гетероструктуре устройства и графическую оболочку, обеспечивающую

удобную работу с кодом и визуализацию результатов моделирования. В FETIS™ имеются как квазиклассическое, так и точное квантовомеханическое рассмотрение удержания несущей в структуре НЕМТ, основанной на самосогласованном решении уравнений Пуассона и Шредингера. Этот код позволяет предсказать такие важные характеристики и параметры НЕМТ, как профиль концентрации носителей, число и энергетическое положение двумерных подзонов электронов и дырок и т. д., а также их изменение при смещении затвора.

COMSOL Multiphysics – это мощная интерактивная среда для моделирования и расчетов большинства научных и инженерных задач, основанных на дифференциальных уравнениях в частных производных (PDE) методом конечных элементов [2]. С этим программным пакетом можно расширять стандартные модели, использующие одно дифференциальное уравнение (прикладной режим) в мультифизические модели для расчета связанных между собой физических явлений. Расчет не требует глубокого знания математической физики и метода конечных элементов. Это возможно благодаря встроенным физическим режимам, где коэффициенты PDE задаются в виде понятных физических свойств и условий, таких как теплопроводность, теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, объемная мощность и т. п., в зависимости от выбранного физического раздела. Преобразование этих параметров в коэффициенты математических уравнений происходит автоматически. Взаимодействие с программой возможно стандартным способом – через графический интерфейс пользователя (GUI), либо программированием с помощью скриптов на языке COMSOL Script или языке MATLAB.

Программа основана на системе дифференциальных уравнений в частных производных. Существует три математических способа задания таких систем:

- коэффициентная форма, предназначенная для линейных и близких к линейным моделей;
- генеральная форма, для нелинейных моделей;
- слабая форма (Weak form), для моделей с PDE на границах, ребрах или для моделей, использующих условия со смешанными и производными по времени.

Используя эти способы, можно изменять типы анализа, включая:

- стационарный и переходный анализ;
- линейный и нелинейный анализ;
- модальный анализ и анализ собственных частот.

Для решения PDE, COMSOL Multiphysics использует метод конечных элементов (FEM). Программное обеспечение запускает конечноэлементный анализ вместе с сеткой, учитывающей геометрическую конфигурацию тел, и контролем ошибок, с использованием разнообразных численных решателей. Так как многие физические законы выражаются в форме PDE, становится возможным моделировать широкий спектр научных и инженерных явлений из многих областей физики, таких как акустика, химические реакции, диффузия, электромагнетизм, гидродинамика, фильтрация, тепломассоперенос,

оптика, квантовая механика, полупроводниковые устройства, сопромат и многих других.

Благодаря научно-исследовательской работе, проводимой на кафедре физики, у студентов БрГТУ есть возможность изучать и использовать современные программные продукты при моделировании различных физических процессов. Они успешно используют полученные знания при создании моделей транзисторов и фотоприемников на основе гетеропереходов, способны исследовать их основные характеристики, предлагать способы повышения эффективности этих устройств по требуемым характеристикам, решать задачи по оптимизации этих устройств [3].

Являясь членами научно-исследовательского коллектива, студенты принимают активное участие в работе конференций, проводимых по теме исследований, и участвуют в различных студенческих конкурсах [4].

Так, в 2020 году была подготовлена и представлена работа на Республиканский конкурс научных работ студентов высших учебных заведений Республики Беларусь.

Результаты научно-исследовательской работы студентов активно внедряются в учебный процесс. Так результаты НИР «Фотоприемные устройства ультрафиолетового излучения на основе AlGaN *p-i-n*-диодов» включены в содержание учебной дисциплины «Физические основы электронной техники» для специальности «Промышленная электроника». Это создает возможность студентам следить за передовыми достижениями в области создания электронного оборудования.

На наш взгляд, активное внедрение современных программных продуктов, таких как Comsol, Mathcad, Mathematica, Matlab и др. в процесс обучения позволит повысить уровень профессиональных компетенций студентов, помогает понять изменения, происходящие в различных сферах науки, производства, экономики, делает их грамотными специалистами, владеющими глубокими знаниями и умениями для решения разнообразных производственных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чугунов, С. В. Применение компьютерного моделирования на факультативных и стимулирующих занятиях по физике / С. В. Чугунов, Э. В. Чугунова // Физико-математическое образование: цели, достижения и перспективы : сб. мат. междунар. науч.-практич. конф. – Минск, 2017. – С. 182–183.

2. Егоров, В. И. Применение ЭВМ для решения задач теплопроводности : учебное пособие / В. И. Егоров. – СПб : СПб ГУ ИТМО, 2006. – 77 с.

3. Чугунов, А. С. Моделирование распределения концентрации носителей в НЕМТ-транзисторах на основе GaN / А. С. Чугунов, С. В. Чугунов // Актуальные вопросы физики и техники : материалы VIII Республиканская научная конференция студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель, 25 апреля 2019 г. / ГГУ им. Ф. Скорины. – Гомель, 2019. – С. 151–153.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

4. Чугунов, С. В. Преемственность в организации научно-исследовательской деятельности учащихся по физике от школы к вузу / С. В. Чугунов, Э. В. Чугунова // Современные вызовы и актуальные проблемы науки, образования и производства: межотраслевые диспуты : сб. материалов XI Междунар. научн.-практич. интернет-конф., Киев, 11 декабря 2020 г. – С. 415–422.

СЕКЦИЯ 2**Техническое и методическое обеспечение
физического лабораторного практикума****ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
НА СТЕНДЕ НТЦ-14.79. ЦИКЛ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

М. М. Барковская, А. А. Гладышук

*Учреждение образования «Брестский государственный
технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

Выполнение лабораторных работ по газовым процессам требует, как правило, достаточно прецизионного оборудования. Стенд НТЦ-14.79 этим требованиям соответствует и позволяет, освоив управление работой стенда, выполнить цикл лабораторных работ, включающих изотермический, изобарический, изохорический и адиабатический газовые процессы.

В отличие от выполнения типовой лабораторной работы [1], где каждый раз приступая к её выполнению, необходимо познакомиться с работой установки, здесь знакомство с работой стенда происходит один раз для выполнения всего цикла работ. При этом студент сразу отмечает, что он может задавать тот или иной процесс и следить за его протеканием.

Также особенностью выполнения работ на стенде является планируемая преподавателем насыщенность изменения тех или иных параметров и количество экспериментов по выбранному газовому процессу. Это позволяет плановой лабораторной работе придать творческий исследовательский характер и заинтересовать студента её нестандартным продолжением.

Стенд позволяет также менять порядок выполнения по исследуемым процессам, а также возвращаться к предыдущим экспериментам, если их результаты по какой-то причине не устраивают и требуют проведения дополнительных измерений.

Количество выполняемых работ из цикла, а также их продолжительность выполнения, можно планировать заранее или в процессе выполнения работ.

Требовательность к обработке результатов (ручная или компьютерная) определяется преподавателем с участием студента и зависит от поставленных целей.

В целом цикл выполненных работ на стенде позволяет не только познакомиться с газовыми процессами, но и при сравнительном анализе полученных результатов отметить их физические особенности и легко верифицировать, сравнивая как полученные зависимости, так и особенности эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладышук, А. А. Исследование дисперсии стеклянной призмы / А. А. Гладышук [и др.]. – Брест, 2016. – 16 с.

ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ТОЧЕЧНЫЕ ОЦЕНКИ В УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ОПЫТАХ ПО ФИЗИКЕ

Н. Н. Ворсин, Т. Л. Кушнер

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

Весьма часто целью учебных лабораторных опытов является установление или проверка зависимости одной величины от другой с последующим использованием этой зависимости для физических выводов и расчетов. С этой целью проводится множество измерений исследуемых величин в некотором интервале их значений. Данный вид измерений мы называем интервальными.

Аппроксимация результатов интервальных измерений подходящим выражением дает возможность оценки интересующего параметра взаимозависимости величин, т. е. возможность точечной оценки физической величины.

В традиционной методике лабораторных опытов, при которой измерения осуществляются с помощью отдельных приборов и их результаты записываются в таблицы, можно получить лишь несколько отсчетов (обычно до 10) исследуемых величин, по которым определяется интересующая зависимость. Зачастую объем такой выборки данных недостаточен для корректных выводов, но с этим фактором преподавателям и учащимся приходится примиряться. Более того, ситуация недостаточности экспериментальных данных иногда приводит к заблуждениям относительно характера исследуемого процесса. Примерами таких ситуаций могут служить лабораторные работы по проверке закона Стефана-Больцмана [1], где зачастую игнорируется нерадиационное рассеяние тепла, по измерению удельного заряда электрона методом «магнетрона» [2], где пропускается скачок анодного тока, и другие случаи.

Очевидным выходом из описанной ситуации является компьютеризация учебного эксперимента, которая является неизбежным этапом развития физического и технического образования. Использование компьютера в экспериментах резко снижает трудоемкость последних и позволяет проводить интервальные измерения с достаточной плотностью отсчетов, количество которых может составлять несколько сотен. Ясно, что полученный массив данных невозможно обработать вручную, и для решения проблем обработки используется тот же компьютер. Такой характер экспериментальной работы, с применением компьютера на всех стадиях, является типичным для современных исследовательских и производственных лабораторий. Однако реализация преимуществ компьютерных измерителей не является автоматической и зависит от того, по какому пути направится компьютеризация учебных лабораторий.

Первый путь заключается в использовании универсальных комплектов оборудования, которые в настоящее время известны под названием «Цифровая лаборатория» и продаются множеством отечественных (Беларусь, Россия) и зарубежных предприятий. Появление таких комплектов обусловлено инициативой самих предприятий-изготовителей, которые предлагают свой продукт учреждениям образования. В интернете и методической литературе можно найти при-

меры построения лабораторных работ на основе какой-либо «цифровой лаборатории» [3].

В то же время, несмотря на активную рекламу, массового внедрения таких комплектов в образовательную практику не происходит. Это связано с тем, что, являясь инициативным продуктом одной стороны – изготовителя, «цифровые лаборатории» не удовлетворяют запросам другой стороны – учреждений образования. Во-первых, стоимость любой из «цифровых лабораторий» оказывается очень высокой для образовательных учреждений. Во-вторых, на основе такого комплекта, затратив дополнительные усилия и средства, можно построить 1–2 лабораторные работы, но не целый практикум даже по какой-либо одной теме. В-третьих, универсальность комплектов, будучи положительным фактором для производителей, является отрицательным для учащихся, рассредоточивая их внимание на множество дополнительных операций: выбор нужных датчиков, диапазона измерений, калибровочных констант и пр. Все это является причиной очень сдержанного спроса на универсальные «цифровые лаборатории», несмотря на активную их рекламу.

Второй путь компьютеризации лабораторного практикума заключается в построении и использовании специализированных лабораторных установок, каждая из которых предназначена для одной-двух родственных по тематике лабораторных работ, имеющих одинаковый интерфейс [4, с. 125]. В отличие от комплекта «цифровая лаборатория» учебное заведение в этом случае покупает не дорогой полуфабрикат, а готовый к использованию продукт по весьма умеренной цене.

Лабораторная установка содержит внутри себя узел реализации исследуемого физического явления, необходимые датчики его величин и узел сопряжения с компьютером. Никаких дополнительных соединений внутри установки не требуется. Компьютерная программа для каждой лабораторной работы своя и не требует дополнительных настроек. Техническим достоинством данного подхода является также хорошая надежность лабораторных установок, небольшие массогабаритные параметры.

Дидактические качества целиком зависят от методической проработки той или иной установки. Примером удачной проработки таких установок может быть продукция компании «Школьный мир» или ООО «Научные развлечения».

В качестве примера компьютеризированных лабораторных работ, основанных на интервальных измерениях, приведем лабораторный цикл «Исследование электрона». Классическая физика оперирует всего двумя параметрами: зарядом и массой электрона. Измерение этих величин, являющихся глобальными константами, желательно включить в лабораторный практикум как по идейным соображениям, так и с целью лучшего запоминания основных величин.

Просматривая весьма большой материал по реализации физического лабораторного практикума, можно заметить, что учебное измерение заряда электрона реализуется только тремя способами: воспроизведением опыта Милликена, электролизом и исследованием дробового шума радиолампы. Эти методы громоздки, трудно реализуемы в учебной лаборатории и позволяют лишь оценить порядок измеряемой величины. В тоже время современная электроника дает

возможность осуществить данное измерение значительно более простыми средствами и с гораздо лучшей точностью. Известно, что вольт-амперная характеристика (ВАХ) германиевого р-п-перехода при малых напряжениях и токах через него с хорошей точностью описывается формулой Шокли

$$I = I_0 \left(e^{\frac{U}{U_T}} - 1 \right), \quad (1)$$

где U_T – так называемый температурный потенциал, который выражается через постоянную Больцмана k , абсолютную температуру T и элементарный заряд e :

$$U_T = \frac{k \cdot T}{e}. \quad (2)$$

Определив U_T по интервальным измерениям ВАХ и зная k и T , вычисляем элементарный заряд.

Лабораторная установка представляет собой компьютеризированный характеристикограф, позволяющий получать графики и таблицы ВАХ двухполюсников в диапазоне напряжений от -5 В до $+5$ В и токов от $-0,5$ мА до $+0,5$ мА. Установка воспроизводит на мониторе график ВАХ диода VD1, подключаемого к внешним гнездам. Сканирование тока и напряжения на исследуемом двухполюснике осуществляется широтно-импульсным методом. Число ступеней изменения тока равно 250, то есть массив данных будет содержать 250 отсчетов.

Установка имеет собственный блок питания от сети 220 В и подключается к компьютеру либо через ком-порт, либо через USB-порт. В последнем случае на диске компьютера должен присутствовать специальный inf-файл, необходимый для программной имитации ком-порта.

Компьютерная программа «ВАХ» предусматривает автоматическое сканирование тока измеряемого диода. Сканирование ВАХ запускается нажатием кнопки «Сканировать». Текущие значения тока диода и напряжения на нем индицируются в верхней левой части экранной вкладки. Точки на графике ложатся густо и сливаются в почти непрерывную кривую. Время сканирования составляет около 2 минут. На рисунке 1 показан снимок экрана монитора после окончания сканирования. При нажатии кнопки «Закончить» на диске остается файл actual.txt, который содержит таблицу всех сделанных отсчетов, состоящую из двух столбцов. Эта таблица затем загружается в электронную таблицу Excel для обработки накопленных данных.

Обработка заключается в нахождении наилучшей аппроксимации, полученной зависимости формулой Шокли. Это эквивалентно определению двух параметров в (1): $I_{обр}$ и U_T . Программный продукт Excel предоставляет для этого удобный инструмент в виде построения графика исследуемой зависимости и «линии тренда» с минимальной квадратичной погрешностью.

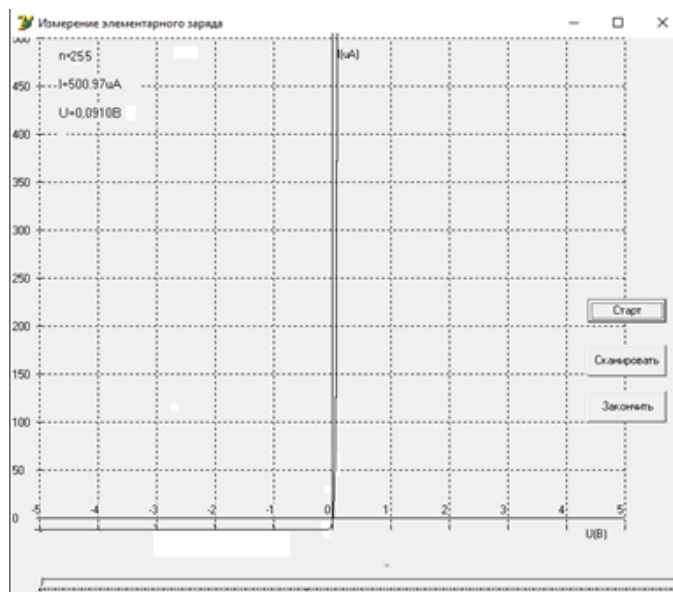


Рисунок 1 – Состояние экрана монитора после окончания сканирования

Второй работой лабораторного цикла является измерение удельного заряда электрона (отношения заряда к массе – e/m), которое при известной величине заряда позволяет вычислить массу электрона. В учебных лабораториях измерение удельного заряда, в основном, реализуется двумя способами: так называемым «методом магнетрона» и методом измерения ВАХ вакуумного диода [2]. В обоих методах требуется построение графика зависимости и ее аппроксимация, что при «ручном» способе измерений по точкам дает огромную погрешность. В результате определяется лишь порядок измеряемой величины.

Компьютеризация данных опытов позволяет в десятки раз увеличить количество отсчетов, использовать при обработке более достоверную статистику и существенно уменьшить погрешность измерений. Для реализации лабораторной установки был выбран «метод магнетрона», который является более наглядным, не требует сложной обработки данных и дает лучшую точность.

Многолетняя практика «ручного» измерения зависимости анодного тока вакуумного диода от индукции осевого магнитного поля убедила очень многих в том, что данная зависимость выражается плавным графиком, требующим замысловатой обработки. Однако снятие данного графика с плотным множеством отсчетов показывает наличие на нем скачка, соответствующего критическому значению индукции магнитного поля, при которой элементарная теория предсказывает скачкообразное обнуление тока. На фотографии экрана монитора, показанной на рисунке 2, этот скачок выделен кружками.

Обработка снятого массива интервальных измерений очень проста. Для определения критической индукции поля с помощью инструментов Excel определяется точка максимума производной в функциональной зависимости анодного тока лампы от индукции магнитного поля $I(B)$.

Процесс сканирования в данной установке автоматический, для его начала достаточно нажать кнопку «Сканировать». Индукция магнитного поля изменяется от 0 до 40 мТл в течение 30 секунд. Столь малые затраты времени позво-

СЕКЦИЯ 2

Техническое и методическое обеспечение физического лабораторного практикума

ляют многократно осуществить процесс сканирования и тем самым уточнить величину критической индукции. При больших величинах анодного напряжения скачок анодного тока проявляется отчётливее. На рисунке 2 показаны два скана, соответствующие величинам анодного напряжения 50 и 100 В.

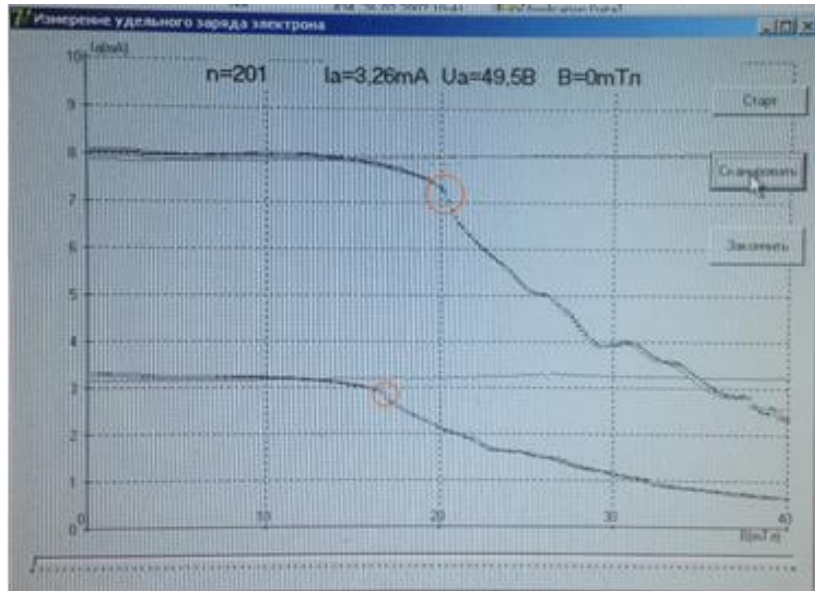


Рисунок 2 – Скачки анодного тока в сканах, соответствующих величинам анодного напряжения 50 и 100 В

Катушка, создающая магнитное поле, содержит 10000 витков и сделана съемной. Учащиеся получают несколько графиков зависимости анодного тока от величины индукции поля при снятой с лампы катушке. Естественно, эти графики представляют собой горизонтальные линии (см. рисунок 2). Затем катушка надевается на лампу и снимается еще несколько графиков, по которым делается вывод о влиянии поля катушки на анодный ток, определяется критическое значение индукции магнитного поля и вычисляется удельный заряд электрона по формуле

$$e/m = \frac{3 \cdot U_{\perp a}}{B_{\perp kp} \cdot (R_a - R_k)^2}, \quad (3)$$

где R_a и R_k – радиусы анода и катода соответственно (для используемой радиолампы 1Ц21П даны в описании работы).

В заключение отметим, что реализация концепции специализированных лабораторных установок в сочетании с персональным компьютером оказывается весьма плодотворной [5, с. 77]. При минимальных материальных затратах, а порой и с материальным выигрышем, она позволяет существенно улучшить точность учебных измерений, сделать их более наглядными, интересными и современными. Возможность применения компьютерных средств (в частности Excel) для обработки массивов интервальных измерений и оценок точечных параметров предоставляет новые возможности учебного эксперимента [6, 7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демин, А. В. Определение постоянной Стефана-Больцмана. Методические указания по выполнению лабораторной работы / А. В. Демин [и др.]. – Екатеринбург : УрФУ, 2019. – 21 с.
2. Киров, С. А. Измерение удельного заряда электрона / С. А. Киров [и др.]. // Учебное пособие – М. : ООП Физ. фак-та МГУ, 2010. – 20 с.
3. Гольдин, Л. Л. Лабораторные занятия по физике (Работа 35) / Л. Л. Гольдин [и др.]. – М. : Наука, 1983. – 704 с.
4. Ворсин, Н. Н. О современном физическом практикуме / Н. Н. Ворсин // Оптика неоднородных структур : сб. материалов IV Международной науч.-практич. конф., Могилев, 29–30 октября 2015 г. / Могилевский гос. ун-т им. А. А. Кулешова. – Могилев : МогГУ, 2015. – С. 125–128.
5. Ворсин, Н. Н. Компьютеризация лабораторного практикума по физике: цифровые лаборатории или лабораторные установки / Н. Н. Ворсин, Т. Л. Кушнер, К. М. Маркевич // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития : материалы X Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 26 ноября 2020 г. / БГУИР. – Минск, 2020. – С. 77–80.
6. Величко, Л. А. Принципы построения аппаратуры для учебных лабораторных опытов физического практикума / Л. А. Величко, Н. Н. Ворсин, Т. Л. Кушнер // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития = Engineering education: challenges and developments : материалы VIII Междунар. науч.-методической конф., Минск, 17–18 ноября 2016 г. : в 2 ч. / БГУИР ; редкол.: Е. Н. Живицкая [и др.]. – Минск, 2016. – Ч. 1. – С. 60–62.
7. Кушнер, Т. Л. Модернизации учебного лабораторного практикума по физике / Т. Л. Кушнер, Н. Н. Ворсин // Информационные и инновационные технологии в науке и образовании : сб. материалов V Всероссийской науч.-практич. конф., посвящ. 65-летию Таганрогского института им. А. П. Чехова, Таганрог, 28–29 октября 2020 г. / Таганрогский ин-т им. А. П. Чехова. – Таганрог : ТГИ, 2020. – С. 35–39.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА НА ОСНОВЕ
ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Н. Н. Ворсин, К. М. Маркевич

*Учреждение образования «Брестский государственный
технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

Конденсатор как физический объект исследований в современной науке и технике не потерял свою актуальность и поныне. Более того, развитие техники сделало его одним из трех компонентов (R , L , C), на которых базируется современная электротехника, радиотехника, радиоэлектроника и т. д. Основы работы конденсатора в физике изучаются в школе, вузовский курс физики расширяет и углубляет познания об этом элементе на качественно новом научно-техническом уровне. Этому призвана способствовать и лабораторная работа: «Определение емкости конденсатора на основе переходных процессов в элек-

трической цепи» [1, с. 11]. «Глубинные знания» работы конденсатора в электротехнике кроются в законах коммутации; которые, в явном виде, не изучаются в школе и в вузовской физике для «неэлектрических» специальностей. Для инженерных специальностей, связанных с электротехникой, их изучают обычно студенты 2–3 курсов. Использование законов коммутации как основы изучения свойств конденсатора влечет за собой использования математического аппарата, который студенты младших курсов еще осваивают. В этом контексте физика может стать помощником в изучении математики.

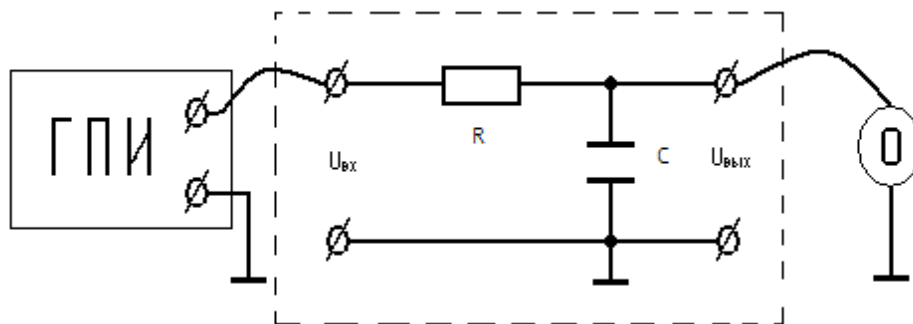
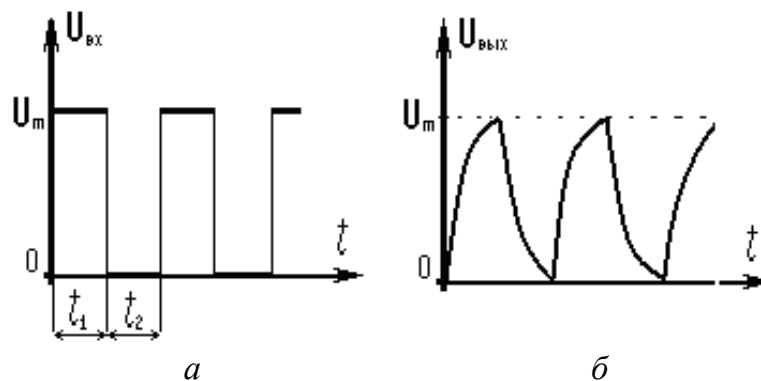


Рисунок 1 – Стенд для определения емкости конденсатора



а – сигнал генератора прямоугольных импульсов (ГПИ);
б – процесс заряда/разряда конденсатора, наблюдаемый на осциллографе (O)

Рисунок 2 – графические зависимости

Физическая модель лабораторной работы отражена на рисунке 1; некоторые аспекты математической модели представлены на рисунке 2 в виде графиков. Теоретическая часть лабораторной работы сводится к выводу уравнений заряда (1) и разряда (2) конденсатора на основе решения дифференциального уравнения первого порядка. Дифференциальные уравнения заряда и разряда конденсатора и их решения составляют основу математической модели исследования. С точки зрения физики – это задача на переходные процессы в электрической цепи.

$$U_C = E - Ee^{-\frac{t}{RC}} = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}}), \quad (1)$$

$$U_C = E e^{-\frac{t}{RC}}. \quad (2)$$

Одна из основных целей физических исследований сводится к тому, что студенту необходимо получить осциллограмму заряда/разряда конденсатора и далее «оцифровать» зависимость $U_C = f(t)$. Это позволяет рассчитать «неизвестную» емкость C исследуемой RC цепи при условии, что сопротивление R известно. Некоторые педагогические аспекты лабораторной работы:

- студент получает новые (для себя) знания о функционировании конденсатора в электрических цепях, которые базируются на законах коммутации;
- для обучаемого появляется возможность наблюдать как физические процессы и явления, связанные с конденсатором, описываются математическими средствами, как математика позволяет глубже понять физику и наоборот;
- лабораторная работа выполняется на основе использования прямоугольных импульсных сигналов, что дает возможность студенту наблюдать некоторые особенности работы цифровой техники;
- математический аппарат лабораторной работы позволяет студенту углубить познания в решении дифференциальных уравнений первого порядка на основе конкретных физических процессов, в частности, в определении математических постоянных дифференциального уравнения;
- обучаемый имеет возможность приобретать навыки работы с современными измерительными приборами физики и радиоэлектроники: генератором электрических колебаний и осциллографом;
- преподаватель имеет возможность организовать множество вариантов лабораторных заданий, что индивидуализирует деятельность студентов на лабораторной работе.

Недостатком выполнения лабораторной работы является то, что работа с генератором и осциллографом требует опыта исследователя, которого у большинства студентов младших курсов нет. Как правило, студенту необходима помощь преподавателя при работе с такими приборами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Величко, Л. А. Электричество : методические указания к выполнению лабораторных работ по физике для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения : в 2 ч. / Л. А. Величко, Н. Н. Ворсин, К. М. Маркевич. – Брест : БрГТУ, 2018. – Ч. 2. – 23 с.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНЫХ ОПЫТОВ И ИХ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ

Н. Н. Ворсин, К. М. Маркевич

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

Весьма часто при выполнении лабораторной работы от студента требуют статистическую обработку результатов измерений, которая обычно сводится к определению доверительного интервала для найденного значения измеряемой

величины. С этой целью рекомендуется повторить измерения 5–10 раз. Поскольку объем такой выборки данных мал и является совершенно недостаточным для статистических выводов, рекомендуют воспользоваться распределением Стьюдента, которое якобы дает обоснованные оценки при малых выборках. Однако в этом случае игнорируется еще одно условие: исходные данные, пусть их будет мало, должны иметь нормальное распределение. Это условие почти никогда не выполняется, что делает навязываемые учащимся статистические оценки заведомо неверными. При этом на ручную обработку даже 5 отсчетов затрачивается значительное учебное время.

В то же время известно (центральная предельная теорема теории вероятностей), что сумма большого количества слабо зависимых друг от друга случайных величин имеет нормальное распределение при любом распределении каждой из этих величин [2]. Это означает, что незнание закона распределения результатов измерений можно компенсировать увеличением их количества. Но для получения асимптотически корректных результатов объем выборки должен быть достаточно большим. Достаточный объем исчисляется, по крайней мере, несколькими десятками. Стандартная ошибка уменьшается с увеличением объема выборки, но при объемах, превышающих $n = 50$, уменьшение становится незначительным. Поэтому можно задаться необходимым объемом выборки $n > 50$. Если измерения делаются вручную с переписыванием результатов в таблицу и последующей ручной обработкой, то выполнение лабораторной работы займет не один день.

Наличие в широком доступе компьютеров, имеющих универсальные средства накопления информации, а также ее обработки, позволяет решить проблему получения необходимого объема измерительной выборки и последующей корректной статистической обработки результатов. Необходимо только соединить компьютер с измерительным узлом опыта и обеспечить накопление результатов измерений. Данная задача решается путем использования компьютеризированных лабораторных установок [3]. При этом целесообразно накапливать результаты измерений в виде текстового файла, содержание которого можно контролировать визуально. Затем файл загружается в какую-либо программу статистической обработки, например, в общеизвестную электронную таблицу Excel. Заодно реализуется естественная межпредметная связь физики с информатикой.

Электронная таблица позволяет быстро вычислить необходимые для определения доверительного интервала – Δx среднее арифметическое, среднеквадратичное отклонение и обратное значение функции стандартного нормального распределения. Общая формула для ширины доверительного интервала имеет следующий вид

$$\Delta X = \frac{sc}{\sqrt{n}},$$

где s – среднее квадратичное отклонение по выборке, n – размер выборки, удвоенное обратное значение функции стандартного нормального распределения для заданной вероятности попадания в доверительный интервал. Попростому говоря, это количество стандартных ошибок, укладываемых в доверительный интервал. (Вероятностям 0,9; 0,95 и 0,99 соответствуют значения $s = 3,28; 3,92$ и $5,16$).

Но на практике нет необходимости использования данной формулы, поскольку в Excel есть готовая функция для расчета доверительного интервала – ДОВЕРИТ.НОРМ. Ее синтаксис следующий:

ДОВЕРИТ.НОРМ(альфа;стандартное_откл;размер),

где альфа – доверительный уровень, определяющий вероятность того, что математическое ожидание окажется за пределами вычисляемого доверительного интервала. При доверительной вероятности p , альфа равно $1-p$.

Стандартное_откл – это среднее квадратичное отклонение выборочных данных от их среднего значения. Стандартную ошибку рассчитывать не нужно, Excel сама разделит на корень из $n-1$.

Размер – количество результатов измерений (n).

Результат функции ДОВЕРИТ.НОРМ – это половина доверительного интервала. Соответственно, нижняя и верхняя точка его – это среднее \pm полученное значение.

В результате мы имеем универсальный алгоритм расчета доверительных интервалов для средней арифметической погрешности, который не зависит от распределения исходных данных. Платой за универсальность является необходимость получения больших выборок ($n > 50$). Однако применение компьютеризированных лабораторных установок позволяет естественным образом получать объемы выборок, состоящие из десятков или сотен отсчетов.

Накопленный текстовый файл отсчетов загружается в Excel. С помощью функций «счет», «срзнач», «стандотклон» определяются объем выборки – n , среднее арифметическое отклонение результатов – X и стандартная ошибка – s . После этого применяется функция «доверит.норм», которая дает размер половины доверительного интервала – ΔX . Записывается результат $x = X \pm \Delta X$.

Таким образом, время, затрачивающееся на статистическую обработку большого массива данных, оказывается незначительным, а получаемый результат вполне корректным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяконов, В. П. Виртуальные лаборатории. Обзор приставок и плат к персональному компьютеру / В. П. Дьяконов // Ремонт и сервис. – 2005. – № 7.
2. Соболев, В. Н. Об асимптотических разложениях в центральной предельной теореме / В. Н. Соболев // Теория вероятностей и ее применения. – 2007. – Т. 54, № 3. – С. 490–505.
3. Ворсин, Н. Н. Концепция модернизации физического лабораторного практикума / Н. Н. Ворсин, В. И. Гладковский // Веснік Брэсцкага універсітэта. Серыя 4. Фізіка. Матэматыка. – 2016. – № 1. – С. 10–13.

**ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА
ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

В. К. Долгий¹, В. А. Чернявский², В. Т. Ветрова

¹ Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

² Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь

Одной из задач современного высшего образования является подготовка выпускников, способных быть инициативными, предприимчивыми, решать не только типовые задачи, но и уметь выбирать лучшие и оптимальные решения из тех, что предоставляет им действительность, стремящихся к самообразованию, творческому росту и развитию.

В настоящее время серьезным препятствием в формировании базовых компетенций будущих специалистов является недостаточная сформированность базовых знаний по физике студентов первого курса. Современный уровень подготовки будущих специалистов требует развития у них исследовательских навыков работы [1], что можно осуществить только в процессе изучения технических дисциплин методами лабораторного практикума, который является одним из важных звеньев учебного процесса.

Лабораторный практикум по физике преследует две основные цели: во-первых, дать возможность подробно ознакомиться с изучаемыми основными явлениями и законами физики и, во-вторых, дать возможность студентам овладеть методами физических измерений, ознакомиться с измерительными приборами.

В настоящее время существуют следующие методы организации лабораторных занятий в вузах: фронтальные (все студенты группы выполняют одну и ту же работу), циклические (студенты выполняют работы разные по содержанию, но по одной тематике), поточные, индивидуальные (каждое звено студентов выполняет отдельную работу).

Применяемая в БГАТУ методика проведения лабораторных работ по физике заключается в сочетании фронтального и индивидуального методов организации лабораторного практикума. При изучении первого раздела курса физики «Механика» лабораторные работы выполняются фронтально. В дальнейшем, при изучении следующих разделов физики происходит переход от фронтального метода выполнения лабораторных работ к индивидуальному.

Фронтальный метод выполнения лабораторных работ по физике имеет важные положительные стороны. Прежде всего, он делает процесс адаптации студентов к выполнению лабораторного практикума безболезненным, так как таким методом выполнялись лабораторные работы в средней школе. Также он дает возможность связать изучаемый курс физики с лабораторными работами. Только при фронтальном методе выполнения лабораторные работы могут быть поставлены как введение к теме курса физики, как повторение и обобщение пройденного материала или выступать в виде контроля приобретенных знаний, умений и навыков. При фронтальном методе выполнения лабораторных работ одновременно вся группа включается в поиски решения той или иной задачи.

Выполнение задания при фронтальном методе выполнения лабораторных работ проходит под постоянным наблюдением преподавателя при коллективной работе всей группы, поэтому всякая ошибка быстро обнаруживается и исправляется. Кроме всего вышесказанного, фронтальные лабораторные работы дают возможность в конце занятия коллективно обсуждать и оценивать полученные каждым звеном студентов результаты.

При фронтальном методе выполнения лабораторных работ студенты группы приобретают навыки оформления лабораторной работы, проведения измерений, построения графиков и выполнения вычислений, что необходимо в дальнейшем при переходе к индивидуальному методу выполнения лабораторных работ.

На кафедре физики БГАТУ для фронтального выполнения предлагаются следующие работы: «Порядок обработки результатов измерений», «Изучение кинематических величин и связи между ними при поступательном и вращательном движениях твердого тела», «Определение коэффициента трения скольжения при движении по горизонтальной поверхности», «Изучение динамики вращательного движения твердого тела», «Изучение колебаний физического и математического маятников», «Изучение законов сохранения импульса и энергии при упругом ударе».

Для успешного проведения фронтальных лабораторных работ необходимо иметь тщательно подобранный комплект оборудования. В связи с этим, на кафедре физики внедрен в учебный процесс комплекс, разработанный в Израиле, состоящий из 12 стендов, общий вид которого представлен на рисунке 1, позволяющий всей группе студентов выполнять одну и ту же лабораторную работу с различными исходными данными. За каждым стендом работают по два студента. Результаты при этом у всех различны, что исключает бездумное списывание друг у друга, но позволяет обсудить зависимость результатов от различающихся параметров и анализировать полученные результаты. Кроме того, фронтальное выполнение студентами лабораторных работ позволяет закреплять изученный по программе теоретический материал практически сразу после его изучения.



Рисунок 1 – Внешний вид базового стенда

Процесс выполнения лабораторной работы состоит из четырех этапов: допуск к выполнению лабораторной работы; выполнение лабораторной работы; обработка результатов эксперимента, оценка погрешностей, обобщение резуль-

татов с целью получения выводов по работе; защита лабораторной работы. Нумерацию и последовательность выполнения лабораторных работ студенты получают на первом занятии.

Эффективное проведение лабораторных занятий предполагает подготовку преподавателя [2, 3] и обязательную предварительную подготовку студентов.

В начале лабораторного занятия студент должен получить у преподавателя допуск к выполнению лабораторной работы. Для того студенту необходимо:

- заранее самостоятельно, с помощью методического пособия [4–6], оформить конспект данной лабораторной работы, состоящий из номера и названия лабораторной работы; цели работы; теоретического введения, которое должно содержать ответы на поставленные в лабораторной работе вопросы с использованием формулировок законов, определений основных физических величин и соотношений между ними (объем теоретической части не должен превышать 2–3 страницы); схематичного рисунка установки или принципиальной схемы установки с пояснением ее элементов; таблицу для занесения результатов измерений;

- ответить на вопросы преподавателя по теории, методике измерений, устройству установки и методике обработки результатов.

Цель проводимой проверки заключается в определении степени подготовленности к данной лабораторной работе и владения теоретическим материалом выполняемой работы. Если студент оказывается неподготовленным на данном этапе, то он не допускается к выполнению лабораторной работы.

На следующих этапах занятия студенты звеньями приступают к выполнению лабораторной работы. После окончания эксперимента каждый студент индивидуально проводит расчеты, строит графики (если это определено заданием проводимого эксперимента), оформляет выводы по выполненной лабораторной работе.

После проверки преподавателем произведенных вычислений и оценки правильности сформулированных выводов студент может приступить к защите выполненной лабораторной работы. Необходимо отметить, что данный момент является самым напряженным и интенсивным, так как преподаватель за малый промежуток времени должен оценить достоверность полученных результатов.

На заключительном этапе проводится защита выполненной лабораторной работы в виде индивидуального устного собеседования между преподавателем и студентом или в виде письменного опроса. Эффективность индивидуальной оценки знаний студентов проявляется при личном собеседовании. Это один из видов индивидуального общения преподавателя со студентом на занятиях, когда преподаватель может выяснить степень понимания студентом изучаемого материала, уровень его знаний, умение студента излагать изученный материал, умение делать выводы.

Выбор формы контроля знаний определяется преподавателем и основывается на количестве студентов в группе и их общей подготовленности. На данном этапе преподаватель оценивает степень усвоения изученного материала студентом, задавая теоретические вопросы на основные законы, закономерности и формулы по изучаемому курсу физики, на основании которых проводился эксперимент, или же для подтверждения которых выполнялась лабораторная работа. По окончании защиты лабораторной работы преподаватель определяет, защищена или не защищена данная работа и выставляет итоговую оценку.

В тех случаях, когда студент не защищает выполненную работу, то ее защита переносится на следующее лабораторное занятие и по желанию студента, следующее занятие он может начать с защиты предыдущей лабораторной работы. Накопление незащищенных работ ведет к несвоевременному выходу студента на экзаменационную сессию. Поэтому, если выполнены три лабораторные работы, но ни одна не защищена, то студент автоматически не допускается к выполнению следующей работы до тех пор, пока не будет защищена любая из выполненных работ.

Таким образом, применяемая методика проведения лабораторных работ позволяет безболезненно пройти процесс адаптации к выполнению лабораторного практикума, стимулирует приобретение знаний, заставляет систематически изучать теоретический материал и регулярно готовиться к занятиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондар, В. А. Логіка-метадалагічная паслядоўнасць дзеянняў пры рашэнні фізічных задач / В. А. Бондар, І. А. Вабішчэвіч // Весці БДПУ. Сер. 3, Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. – 2012. – № 2(72). – С. 33–37.
2. Кучеренко, Л. В. Постановка лабораторной работы по физике с профессиональной направленностью / Л. В. Кучеренко // CETERIS PARIBUS. – Москва. – 2016. – № 9. – С. 51–54.
3. Арсланов, Ш. Д. Об особенностях преподавания естественнонаучных дисциплин для различных специальностей в техническом вузе / Ш. Д. Арсланов, Д. Э. Арсланов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6.
4. Долгий, В. К. Физика. Лабораторный практикум : учеб. пособие : в 3 ч. / В. К. Долгий [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2016. – Ч. 1. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика. – 160 с.
5. Болодон, В. Н. Физика. Лабораторный практикум : учеб. пособие : в 3 ч. / В. Н. Болодон [и др.] – Минск : БГАТУ, 2018. – Ч. 2. Электричество и магнетизм. – 168 с.
6. Долгий, В. К. Физика. Лабораторный практикум : учеб. пособие : в 3 ч. / В. К. Долгий [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2020. – Ч. 3. Волновая оптика. Элементы квантовой физики – 172 с.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ КОМАНДНОГО ПРОФИЛЯ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ФИЗИКЕ

И. А. Иващенко, С. Н. Пастушок, Н. Л. Черкас

*Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Главными задачами изучения курса физики курсантами командных специальностей является создание базы физических знаний, необходимых для дальнейшего изучения военно-специальных и военно-технических дисциплин, знакомство с современной исследовательской аппаратурой, приобретение навыков

и умений проведения физического эксперимента, освоение физических методов исследования, методик, позволяющих эффективно освоить и эксплуатировать военно-технические устройства, решать поставленные задачи и возникающие проблемы.

Результаты обучения зависят от правильного определения целей и содержания образования и от способов достижения целей, т. е. методов обучения, используемых при этом, которые должны активизировать познавательную деятельность курсантов. В этой связи лабораторный физический практикум является неотъемлемой частью курса физики. Обеспечение прочного и сознательного овладения курсантами теоретическими знаниями, практическими умениями и навыками осуществляется, в том числе, посредством выполнения физических измерений, обработки их результатов, анализа и оценки достоверности полученных данных. Именно при выполнении лабораторных работ в физической лаборатории обеспечивается индивидуализация учебного процесса и его психолого-педагогическое сопровождение.

Для качественной реализации учебной программы по дисциплине при выполнении лабораторных работ были разработаны учебно-методические пособия [1, 2], в которых для каждой работы приведены примеры и возможные применения изучаемых тем в природе, военной технике и вооружении.

Лабораторные работы по разделу «Физические основы механики» (включая тему «Механические колебания и волны») посвящены наиболее полному пониманию особенностей поступательного и вращательного движения, законам кинематики и динамики этих движений, усвоению основных кинематических и динамических характеристик поступательного и вращательного движений, изучению элементарной теории гироскопа и исследованию его прецессионного движения. Для лучшего восприятия и запоминания теоретического материала в учебно-методическом пособии приведены величины, формулы, законы кинематики и динамики поступательного и вращательного движения с использованием аналогии между ними, формулы для расчета моментов инерции симметричных тел различной формы, а также изображены эти тела и оси, относительно которых работает данная формула. Вращательное движение осуществляют роторы электродвигателей, генераторов тока, винты, пропеллеры; снаряды, выпущенные из нарезных стволов, совершают при полете вращение вокруг своей оси, чем обеспечивают устойчивость траектории их движения и т. д. Работая с гироскопом, курсанты изучают закон сохранения момента импульса, проявление и использование этого закона в современной технике и в военном деле (гироскопические платформы стабилизации системы наведения, автоматическое управление самолетов, ракет, торпед и т. п.). Поэтому изучение вращательного движения является очень важным для курсантов военного вуза.

Также курсанты изучают новую (относительно школьного курса) колебательную систему – физический маятник, определяют период его колебаний, рассматривают теорему Штейнера, позволяющую определять момент инерции тела относительно произвольной оси, и по измерению периода колебаний маятника относительно оси, проходящей через точку подвеса, рассчитывают момент инерции фи-

зического маятника, что является важным при определении момента инерции тел сложной формы, например беспилотных летательных аппаратов.

В лабораторной работе, где изучаются закономерности и характеристики свободных, затухающих и вынужденных колебательных механических процессов, обосновывается важность их понимания в природе и технике, возможность экспериментального определения характеристик этих процессов (собственной частоты, частоты затухающих колебаний и резонансной частоты, коэффициента затухания, логарифмического декремента затухания линейного осциллятора), что является важным при рассмотрении вопросов вибраций крыльев самолетов, движения поршней и шатунов двигателей автомобилей, вращения валов и др.

Также курсанты знакомятся с общими представлениями о волнах в средах и с основными характеристиками звука, с применением звуковых волн в различных гидроакустических приборах, поскольку в отличие от электромагнитных волн, которые в воде быстро затухают на сравнительно небольших расстояниях, звук является пока единственным средством связи и гидролокации в водной среде.

Метод основан на получении стоячей звуковой волны. В лабораторной установке колебательной системой является столб воздуха в трубе (возникает стоячая звуковая волна), внешней вынуждающей силой – мембрана телефона, индикатором звучания трубы является слух экспериментатора, что и позволяет определить скорость звука в воздухе. Меняя частоту звукового генератора можно проследить зависимость скорости звука в воздухе от его частоты.

В другой лабораторной работе определяется длина звуковой волны и скорость звука в воздухе, доплеровский сдвиг частот для различных случаев перемещения (покоя) источника и приемника звука. Явление Доплера используется для обнаружения движущихся наземных и воздушных целей, определения скорости и направления их движения.

В рамках раздела «Основы молекулярной физики и термодинамики» на лабораторных занятиях закрепляются знания по понятиям физической кинетики (средняя длина свободного пробега молекул, эффективное сечение молекулы, среднее число столкновений молекулы в единицу времени и т. д.), с которыми курсанты знакомятся на лекции и без понимания которых невозможно понять явления переноса (диффузию, внутреннее трение, теплопроводность). В приведенной в пособии таблице можно увидеть связь между коэффициентами явлений переноса, одинаковость физической природы процессов и структуры уравнений переноса, что объясняется тепловым хаотическим движением молекул. Методы определения коэффициентов переноса, использование законов переноса играют огромное практическое значение при решении задач аэродинамики, баллистики, при создании полупроводниковых приборов, термодатчиков, лазерных систем.

Используемый в одной из работ метод Стокса позволяет определять коэффициент вязкости жидкости. В этой работе курсанты знакомятся с различными режимами течения жидкостей, с числом Рейнольдса, знание которого позволяет моделировать потоки в различных жидкостях и газах.

Усвоение основных понятий и законов термодинамики осуществляется при выполнении еще одной работы по данному разделу. Законы термодинамики лежат в основе проектирования и конструирования различного рода двигателей, позволяют понять процесс воспламенения смеси в двигателях внутреннего сгорания, способы получения низких температур и сжижения газов и т. д.

В рамках раздела «Электричество и магнетизм» на лабораторных занятиях изучаются и закрепляются наиболее важные понятия и законы электромагнетизма: характеристики и закономерности электрических и магнитных полей, явление электромагнитной индукции, электрический ток в полупроводниковых приборах.

При выполнении работы по изучению электрических полей курсанты знакомятся с методом моделирования электростатических полей, их характеристиками, строят графики зависимости потенциала и напряженности исследуемого электрического поля от расстояния между центральным электродом и точкой, в которой определяется поле. Это особенно актуально, когда возникает необходимость точного определения потенциалов и напряженности поля между электродами сложной конфигурации: при разработке и конструировании электровакуумных, электронно-лучевых, оптоэлектронных приборов, в том числе военного назначения.

Другая работа посвящена изучению полупроводников, используемых в выпрямителях переменного тока, в стабилитронах, варикапах и др., получению характеристик полупроводникового диода, анализу его выпрямляющих свойств.

В лабораторной работе, где подробно обсуждаются и изучаются свойства магнитных полей, приведены характеристики и законы, описывающие магнитное поле. Курсанты исследуют магнитное поле соленоида, который может служить элементом излучающих систем, приемных антенных устройств, используемых для радиосвязи, радиолокации, радиовещания, в металлодетекторах и т. д.

Явление электромагнитной индукции, на котором основана работа электромагнитных приборов, трансформаторов, генераторов переменного тока и т. д., изучается с помощью экспериментальной установки, состоящей из персонального компьютера, измерительно-управляющего устройства «ТехноЛаб», генератора, источника питания, электродвигателя. Исследуются зависимости ЭДС индукции генератора от величины тока подмагничивания при постоянной частоте вращения индуктора и от частоты вращения индуктора при постоянном токе подмагничивания. Курсанты строят графики, анализируют полученные результаты.

Важное прикладное значение имеет изучаемый раздел «Оптика». Микроскопы различного рода, лупы, бинокли, телескопы, перископы и другие приборы, используемые для изменения хода световых лучей, получения изображений, размеры которых отличаются от размеров предметов, содержат линзы. В одной из лабораторных работ рассмотрены законы геометрической оптики, явление полного внутреннего отражения, виды линз, построение и характеристика изображений в

линзах, определяется оптическая сила собирающей и рассеивающей линз, после чего проводится анализ полученных результатов.

Вращение плоскости поляризации света под действием внешнего магнитного поля используется для модуляции светового сигнала (в частности, излучения лазера), в технике СВЧ для модуляции мощности сигнала. Явление вращения плоскости поляризации света в оптически активных средах лежит в основе методов определения концентрации растворов и т. д., что находит отражение в лабораторной работе с использованием сахариметра.

Знания в «Фотометрии» позволяют осуществлять светомаскировку и различать замаскированные объекты, принимать световые сигналы в условиях плохой видимости, способствовать наведению снарядов по инфракрасному излучению цели и т. д. В работе по исследованию фотометрических характеристик источника света приведены энергетические и соответствующие им световые фотометрические величины, единицы их измерения. Люксметром измеряется освещенность, рассчитывается световой поток, значение светоотдачи лампы накаливания.

Одной из важных составных частей образования военного командира являются знания в области теории ионизирующих излучений и практической дозиметрии для проведения точного дозиметрического контроля и связанного с ним прогноза радиационной обстановки в случае радиоактивного заражения местности. Выполнение лабораторной работы по изучению ионизирующих излучений позволяет ознакомиться с видами и характеристиками ионизирующих излучений, различными дозами и мощностями доз, единицами их измерения, дозиметрическими приборами. При выполнении данной работы особенное значение имеет анализ полученных данных в плане оценки радиационной безопасности.

В приложении учебно-методических пособий приведены таблицы физических величин, определяемых в лабораторных работах, что позволяет проанализировать полученные при эксперименте результаты, сравнивая их с табличными значениями, и формулировать выводы.

Таким образом, в лабораторном практикуме действующей учебной программы по физике для курсантов командных специальностей отражены наиболее значимые для будущих военных специалистов прикладные темы и вопросы по физике, что позволяет осуществлять практико-ориентированную подготовку по дисциплине «Физика».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иващенко, И. А. Физика. Лабораторные работы для курсантов командных специальностей: учеб.-метод. пособие : в 2 ч. / И. А. Иващенко [и др.]. – Минск : ВА РБ, 2019 – Ч. 1. Механика. Механические колебания и волны. – 102 с.

2. Иващенко, И. А. Физика. Лабораторные работы для курсантов командных специальностей: учеб.-метод. пособие : в 2 ч. / И. А. Иващенко [и др.]. – Минск : ВА РБ, 2020. – Ч. 2. Молекулярная физика и термодинамика. Электричество и магнетизм. Оптика. Атомная и ядерная физика. – 190 с.

**РАЗВИТИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА:
ОТ КЛАССИЧЕСКОГО К ДИСТАНЦИОННОМУ ОБУЧЕНИЮ**

А. А. Онищенко, О. С. Филиппенко

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Лабораторный практикум является одним из основных способов формирования академических компетенций (например, АК–3. Владеть исследовательскими навыками), базовых профессиональных компетенций (например, БПК–7. Владеть основными понятиями и представлениями термодинамического подхода к описанию физических систем, обладать базовыми навыками экспериментальных исследований газов, жидкостей и твердых тел) и иных компетенций [1]. Благодаря физическому практикуму студенты получают возможность реализовывать и развивать исследовательские навыки, на практике изучать явления и процессы.

Не вызывает сомнений, что классическая форма проведения лабораторных работ является эффективной и интересной для студентов. На кафедре общей физики (КОФ) реализация указанного подхода происходит следующим образом.

Два первых занятия посвящены расчету погрешностей измерений и обучению оформления протоколов лабораторных работ. Последующие лабораторные работы происходят по схеме: два занятия студенты выполняют работы физического практикума в специализированных лабораториях КОФ (механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики). В рамках лабораторной работы студент должен:

- получить набор экспериментальных данных;
- осмыслить полученные результаты;
- обсудить с преподавателем результаты и контрольные расчеты;
- произвести проверку адекватности полученных значений путем расчета погрешностей.

Далее следует отчетное занятие, так нелюбимое некоторыми студентами. На этих занятиях студенты должны представить отчеты по лабораторным работам, оформленные в соответствии с двумя начальными выполненными работами. Однако это не самое главное и не самое сложное для студентов. Они должны осознать полученные результаты и теоретически обосновать их по теме лабораторной работы. И, что также трудно, уметь последовательно и грамотно излагать свои мысли на языке физики.

Таким образом, выполнение лабораторных работ и отчеты о проделанной работе помогают при подготовке к зачету и экзамену, а главное, помогают усвоить лучше теоретический материал.

Однако в условиях пандемии традиционные подходы в образовании оказались малоэффективными. Указанная проблема также актуализировалась в ходе проведения физического практикума. Так в последние два года отработать лабораторные по классической схеме не удалось. Появилась необходимость в по-

СЕКЦИЯ 2

Техническое и методическое обеспечение физического лабораторного практикума

иске новых форм работы, которые позволили бы реализовывать физический практикум удаленно.

На КОФ было принято решение максимально быстро проделать ту часть лабораторных работ, которая требует нахождения студентов и преподавателя в лаборатории. Проверка протоколов и отчетные занятия студентов проводились дистанционно. Преимущественно использовался портал дистанционного обучения физического факультета.

Решение по переходу на удаленную работу в некоторых аспектах сказалось негативно, прежде всего на дисциплине в выполнении заданий студентами, особенно на первом курсе. В то же время, за всеми очевидными негативными моментами, возникшими в этой связи, есть и позитивное начало. Что же хорошего предложило дистанционное обучение?

К положительному можно отнести тот факт, что преподаватели попытались обобщить теоретические отчеты по отдельным работам и представить в виде не отдельных разрозненных тем, а одной укрупненной, что позволило по-новому взглянуть на вопросы, изучаемые в классической схеме.

В качестве таких обобщений в таблице 1 представлены некоторые темы физического практикума «Молекулярная физика».

Таблица 1 – Явления переноса

Лабораторные работы (тематика)	Темы	Обобщенная тема
Метод Стокса	Явление внутреннего трения	Явления переноса
Метод Пуазейля		
Зависимость коэффициента внутреннего трения от температуры		
Теплопроводность	Теплопроводность	
Мысленный эксперимент по диффузии (для дистанционного также можно дать задание на разработку такого эксперимента)	Диффузия	
Удельная теплота плавления сплава Вуда		Фазовые переходы 1-го рода
Влажность воздуха		
Определение поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца		Явления поверхностного натяжения
Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от температуры		

Обобщение тем, приведенных в таблице 1, можно продолжать и для других разделов.

Формат проведения завершающего занятия также изменился, появились новые варианты. Наиболее часто используемыми и эффективными оказались за-

нения – защита проектов с использованием презентации (онлайн). Студенты выбирали темы самостоятельно и оформляли их для наглядности с помощью презентаций. Возникающая дискуссия оказывала существенную помощь в лучшей проработке и понимании материала. Такая форма отчетности еще полезна потому, что является первым опытом выступления перед академической аудиторией с докладом и вопросами.

Таким образом, внешняя эпидемическая обстановка, развитие современных технологий требуют нового подхода в проведении лабораторного практикума. На наш взгляд, не стоит полностью отказываться от классической схемы проведения лабораторных работ, однако стоит использовать для лучшей и эффективной работы тот инструментарий, который предоставляют информационные технологии (телемосты, проекты, демонстрационный имитационный эксперимент и т. д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Молекулярная физика: учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности : 1-31 04 08 «Компьютерная физика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/239157/1/Edu-program-7602%20%282019%29.pdf>. – Дата доступа: 6.09.2021.

2. Филиппенко, О. С. Куратор на удаленке / О. С. Филиппенко, А. А. Онищенко // Женщины-ученые Беларуси и России : материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26 марта 2021 г. / БГУ ; редкол.: И. В. Казакова (отв. ред.) [и др.]. – Минск , 2021. – С. 401–405.

СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА НА ПРИМЕРЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ»

А. И. Пинчук, В. И. Гладковский

*Учреждение образования «Брестский государственный
технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

Известно, что проектирование теплотехнических установок включает их технологический и теплотехнический расчет, назначение оптимальных режимов тепловой обработки, позволяющих экономить тепловую энергию и повышать эффективность работы агрегатов. Существуют две разновидности теплового расчета теплообменных аппаратов: тепловой конструкторский и тепловой поверочный расчёты [1, с. 420].

Конструктивные (проектные) тепловые расчеты выполняются при проектировании новых аппаратов, целью расчета является определение поверхности теплообмена. Поверочные тепловые расчеты выполняются в случае, если известна поверхность нагрева теплообменного аппарата и требуется определить количество переданной теплоты и конечные температуры рабочих жидкостей.

Тепловой расчет теплообменных аппаратов сводится к совместному решению уравнений теплового баланса и теплопередачи. Эти два уравнения лежат в основе любого теплового расчета [2, с. 246].

Уравнение теплового баланса справедливо в случае стационарного режима работы аппарата, а также в том случае, когда можно пренебречь потерями теплоты в окружающую среду и изменением кинетической энергии теплоносителей.

По своей сути, уравнение теплового баланса есть следствие из закона сохранения энергии для процессов теплообмена в замкнутых системах, для которых сумма всех видов энергии в замкнутой системе постоянна. Энергетический (тепловой) баланс любого аппарата может быть составлен в виде уравнения, связывающего приход и расход тепловой энергии:

$$\sum Q_{\text{ПРИХ}} = \sum Q_{\text{РАСХ}} \quad (1)$$

Левая часть уравнения (1) представляет собой количество подведенного к аппарату тепла, правая – сумму отведенного тепла и тепловых потерь. Иначе говоря, закон сохранения энергии в данном случае формулируется следующим образом: приход теплоты в данном аппарате (или производственной операции) должен быть равен расходу теплоты в том же аппарате (или операции).

Схема лабораторной установки, используемая на кафедре физики Брестского государственного технического университета для обучения учащихся теплотехнических специальностей, имеет вид, показанный на рисунке 1.

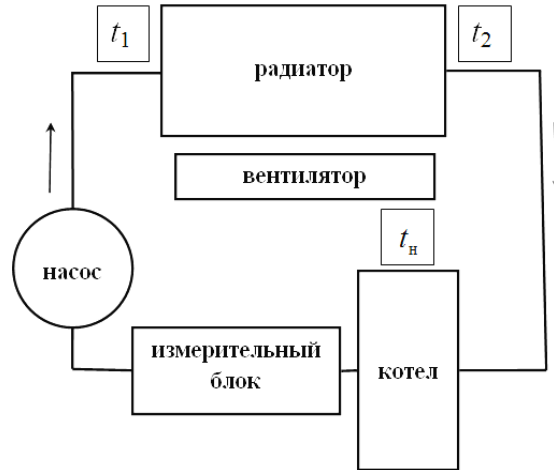


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки

Стрелками показано направление движения теплоносителя (воды) в контуре. Подогрев воды в котле осуществляется электрическим нагревательным элементом.

Установка функционирует следующим образом. Нагретая в котле вода насосом подается в радиатор. Там теплоноситель отдает часть своей тепловой энергии окружающей среде и возвращается обратно в котел.

В нашем случае

$$\sum Q_{\text{ПРИХ}} = UI, \quad (2)$$

где U – напряжение на электрическом нагревателе, находящемся внутри котла, I – сила тока, проходящего через нагреватель.

$$\sum Q_{\text{РАСХ}} = Q_{\text{К}} + Q_{\text{Н}} + Q_{\text{Р}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{К}}$ – мощность тепловых потерь для котла; $Q_{\text{Н}}$ – мощность тепловых потерь для насоса; $Q_{\text{Р}}$ – мощность выделения тепла в радиаторе.

Согласно закону Ньютона-Рихмана мощности тепловых потерь для котла и насоса могут быть найдены по формулам:

$$Q_{\text{К}} = \alpha_{\text{К}} S_{\text{К}} (t_{\text{К}} - t_{\text{Ж}}), \quad (4)$$

$$Q_{\text{Н}} = \alpha_{\text{Н}} S_{\text{Н}} \left(\frac{t_{\text{К}} + t_1}{2} - t_{\text{Ж}} \right). \quad (5)$$

Мощность выделения тепла в радиаторе находится из известного соотношения:

$$Q_{\text{В}} = c_{\text{В}} G (t_1 - t_2). \quad (6)$$

С учётом соотношений (4–6), уравнение (1) может быть переписано в виде

$$UI = \alpha_{\text{К}} S_{\text{К}} (t_{\text{К}} - t_{\text{Ж}}) + \alpha_{\text{Н}} S_{\text{Н}} \left(\frac{t_{\text{К}} + t_1}{2} - t_{\text{Ж}} \right) + c_{\text{В}} G (t_1 - t_2), \quad (7)$$

где $\alpha_{\text{К}}$ – коэффициент теплообмена поверхности котла с окружающим воздухом, Вт/(м²·К); $S_{\text{К}}$ – площадь поверхности котла (м²); $\alpha_{\text{Н}}$ – коэффициент теплообмена поверхности насоса с окружающим воздухом, Вт/(м²·К); $S_{\text{Н}}$ – площадь поверхности насоса (м²); t_1 – температура воды на входе в радиатор, °С; t_2 – температура воды на выходе из радиатора, °С; $t_{\text{Ж}}$ – комнатная температура (температура жидкости), °С; $c_{\text{В}} = 4200$ Дж/(кг·К) – удельная теплоемкость воды; G – массовый расход воды в системе, кг/с.

Подставляя в уравнение (7) полученные на опыте численные значения параметров (для первых трех выбранных тепловых режимов), учащиеся получают систему из трёх уравнений. Из полученной системы уравнений находят численные значения трех неизвестных величин: $\alpha_{\text{К}}$, $\alpha_{\text{Н}}$ и G .

С целью контроля правильности произведенных расчетов, учащиеся подставляют в уравнение (7) полученные на опыте численные значения параметров для четвертого теплового режима, а так же рассчитанные ранее численные значения $\alpha_{\text{К}}$, $\alpha_{\text{Н}}$ и G . Расчёт правилен в том случае, если левая часть уравнения численно равна правой.

Фактическое полезное действие тепловой системы определяется по следующей формуле:

$$\eta = \frac{Q_{\text{ПЕРЕД}}}{\sum Q_{\text{ЗАТР}}},$$

где η – КПД, $\sum Q_{\text{ЗАТР}}$ — количество затрачиваемой энергии на нагрев теплоносителя, $Q_{\text{ПЕРЕД}}$ – фактическая передача тепла воздуху (жидкости) в помещении.

Очевидно, что в данном случае $Q_{\text{ПЕРЕД}} = Q_{\text{В}}$, а $\sum Q_{\text{ЗАТР}} = \sum Q_{\text{ПРИХ}}$. Или, с учетом формул (2) и (6), получим:

$$\begin{aligned}\sum Q_{\text{ЗАТР}} &= UI, \\ Q_{\text{ПЕРЕД}} &= c_{\text{В}}G(t_1 - t_2).\end{aligned}$$

Окончательно КПД установки для каждого из четырех режимов в случае естественной и вынужденной конвекции определяется по формуле:

$$\eta = \frac{c_{\text{В}}G(t_1 - t_2)}{UI}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хрусталеv, Б. М. Тепло- и массообмен : учебное пособие для вузов по строительным, энергетическим и машиностроительным специальностям : в 2 ч. / Б. М. Хрусталеv [и др.] ; под общ. ред. А. П. Несенчука. – Минск : БНТУ, 2007. – Ч. 2. – 607 с.
2. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – 2-е изд. – М. : Энергия, 1977. – 344 с.

СЕКЦИЯ 3

**Современные научные исследования в области
физико-математических и технических дисциплин****ФОРМИРОВАНИЕ ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ МЕТОДОМ
ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НИТРИДОВ
ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

М. М. Барковская, О. Ф. Савчук, Р. А. Пуляшко

*Учреждение образования «Брестский государственный
технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

Как известно, в создании покрытий, обладающих самой разнообразной структурой и уникальными прочностными свойствами, достигнуты значительные успехи. Кроме этого их функциональные характеристики в значительной степени определяются структурой, составом и методами получения. Однако к покрытиям, эксплуатируемым в экстремальных условиях (при высоких температурах и/или в химически агрессивных средах), предъявляются особые требования. В настоящее время активно ведется поиск оптимальных режимов их осаждения либо создаются многослойные покрытия комбинированными методами, позволяющими за счет введения дополнительного слоя придавать покрытиям в целом совершенно новые свойства. Целью работы являлось установление закономерностей и особенностей формирования структурно-фазового состояния, изменения элементного состава и свойств покрытий на основе системы Ti-Cr-N, сформированных вакуумно-дуговым методом при совмещении потоков титана и хрома.

Покрытия TiCrN наносились на сталь Ст3 на технологической установке ВУ-2МБС, которая позволяет реализовать процесс ионно-плазменной модификации поверхности материалов в едином цикле, включающем ионную очистку и напыление покрытий [1]. В результате ионной очистки происходит разогрев образцов до температуры 400–500 °С, активация поверхностного слоя и его очистка, обеспечивающая улучшение адгезии наносимого покрытия к подложке. Стадия осаждения осуществлялась сразу же после стадии «ионной очистки» путем уменьшения значения потенциала, подаваемого на основу. Изменение технологических параметров вакуумно-дугового осаждения – тока дуги хромового катода и потенциала, подаваемого на подложку, позволило сформировать две серии образцов.

Для первой серии образцов методом Оже-электронной спектроскопией было обнаружено, что в процессе вакуумно-дугового осаждения формируются покрытия TiCrN, в которых металлические компоненты (Ti и Cr), а также азот равномерно распределены по глубине. При росте тока дуги хромового катода от 80 до 130 А концентрация хрома увеличивается от 25 до 35 ат. %, что обусловлено изменением характеристик плазменных потоков: происходит увеличение потока однозарядных ионов Cr⁺, сопровождаемое снижением доли двух-

зарядных ионов Cr^{2+} в плазме, за счет их перезарядки на молекулах азота по следующей схеме.

В случае вариации потенциала, подаваемого на подложку, от 0 до -60 В в покрытиях TiCrN концентрация хрома преобладает над титаном и составляет 30–32 ат. %. Дальнейший рост потенциала от -120 до -230 В приводит к перераспределению соотношения металлических компонентов в покрытии – содержание хрома уменьшается до 18–20 ат. % при одновременном возрастании концентрации титана до 30–32 ат. %. Уменьшение концентрации хрома в покрытиях $\text{Ti}_{1-x}\text{Cr}_x\text{N}$ ($0,36 < x < 0,64$) обусловлено увеличением средней кинетической энергии осаждаемых ионов Ti и Cr, влияющей на процессы осаждения и распыления на поверхности.

Проведенные рентгеноструктурные исследования выявили, что во всем исследуемом концентрационном диапазоне в покрытиях $\text{Ti}_{1-x}\text{Cr}_x\text{N}$ ($0,36 < x < 0,70$) образуется однофазное состояние – твердый раствор $(\text{Ti,Cr})\text{N}$ с ГЦК-решеткой (структурный тип NaCl), образованный на базе кристаллической решетки TiN , в которой часть атомов Ti замещено атомами Cr [2, 3]. Установлено, что в покрытиях TiCrN формируется преимущественная ориентация плоскости (200), параллельно поверхности стальной основы и обладающей наибольшей ретикулярной плотностью, что отвечает минимуму поверхностной энергии. Этот критерий является определяющим при зарождении ориентации кристаллитов при относительно высокой поверхностной энергии, но невысоком действии деформационного фактора в результате осаждения покрытий.

Следует отметить, что разработка новых составов защитных покрытий может осуществляться только на основе анализа их механических характеристик. Применение метода Оливера-Фарра для анализа кривых «нагрузка-глубина» ($P-h$ диаграмм), полученных методом непрерывного индентирования, в сочетании с методикой определения истинной твердости позволяет определить твердость покрытий, исключая влияние стальной основы. Обнаружено, что в покрытиях $\text{Ti}_{1-x}\text{Cr}_x\text{N}$ ($0,36 < x < 0,64$) твердость составляет 32,5–35,9 ГПа. Упрочнение покрытий обусловлено суммарным воздействием нескольких факторов: (1) формированием твердого раствора, (2) уменьшением размеров кристаллитов (6–8 нм), (3) наличием сжимающих остаточных напряжений, величина которых достигает $-4,0$ – $(-6,2)$ ГПа в зависимости от условий осаждения, а также (4) изменением характера химических связей системы из-за увеличения содержания атомов хрома. Все механизмы действуют одновременно, при этом наибольший вклад в эффект упрочнения вносит твердорастворный механизм.

Исследование трибологических свойств покрытий показало, что добавление в покрытие TiN хрома с концентрацией 18–32 ат. % приводит к уменьшению коэффициента трения до 1,3–1,8 раз, причем наиболее низкие значения наблюдаются для покрытий $\text{Ti}_{1-x}\text{Cr}_x\text{N}$, в которых концентрация хрома составляет 18–20 ат. %. Основным видом изнашивания покрытий $\text{Ti}_{1-x}\text{Cr}_x\text{N}$ ($0,36 < x < 0,64$) является изнашивание в результате упругопластического деформирования, сопровождаемое окислительным и абразивным износами. Таким образом, наилучшими трибомеханическими характеристиками с точки зрения практического применения обладают покрытия TiCrN с концентрацией

хрома 18-20 ат. %, имеющие высокую твердость, износостойкость, а также низкий коэффициент трения.

Поскольку механизмы работают не только в обычных условиях, но и в различных химически агрессивных средах, необходимо чтобы наносимые покрытия обладали повышенной стойкостью к окислению и коррозии. В результате изотермических отжигов выявлено, что в интервале температур 600–800 °С рост сплошных оксидных слоев на поверхности покрытий $Ti_{1-x}Cr_xN$ ($0,36 < x < 0,64$) происходит по параболическому временному закону. Это свидетельствует о том, что образующиеся оксидные слои несут защитный характер и оказывают сопротивление проникновению кислорода вглубь покрытия, а скорость окисления определяется диффузионными процессами через них.

Совокупность экспериментальных данных [3, 4], полученных в результате изохронных отжигов, свидетельствует о стойкости покрытий $TiCrN$ к окислению в диапазоне температур 500–900 °С. Кроме этого, при низких температурах (500–600 °С) на поверхности покрытий формируются одиночные наноразмерные кристаллиты оксидов титана (структура рутил) и хрома, которые с ростом температуры (до 900 °С) образуют плотный защитный оксидный слой, представляющего собой слоистую структуру, состоящую из (1) внешнеповерхностного рыхлого слоя рутила, образованного вследствие диффузии титана, направленной наружу, (2) под которым находится внутренний смешанный оксидный ($TiO_2 + Cr_2O_3$) слой, формирование которого происходит за счет диффузии кислорода вглубь, а его толщина ограничена конкурентным зародышеобразованием и ростом кристаллитов рутила и оксида хрома. Следует отметить, что расслоение формируемых оксидов титана и хрома происходит из-за их разницы в коэффициентах объемного расширения и более высокой скорости роста рутила.

Нанесение покрытий $Ti_{1-x}Cr_xN$ ($0,36 < x < 0,64$) на стальную основу способствует увеличению ее коррозионной стойкости до 1,5 раз в солевой и до 2,7 раз в сернокислой средах, о чем свидетельствует снижение плотности анодных токов растворения [5]. Следует отметить, что вакуумно-дуговые покрытия защищают от коррозии поверхность стали Ст3 только механически, а увеличение коррозионной стойкости связано с изменением микроструктуры покрытий и со снижением их пористости.

Проведенные микроскопические исследования морфологии покрытий $Ti_{1-x}Cr_xN$ ($0,36 < x < 0,64$) после коррозионных испытаний показали, что образуемые очаги коррозии представляют собой язвы, которые частично закупорены нерастворимыми соединениями железа. Формирование очагов коррозии связано с дефектами покрытия (крошечные отверстия, поры и трещины), которые действуют как прямые сквозные каналы и способствуют проникновению солевого раствора к стальной основе и активному ее растворению.

Таким образом, обобщение полученных результатов позволило сформулировать особенности изменения свойств покрытий на основе системы $Ti-Cr-N$, заключающиеся в увеличении твердости в 1,2 раза и упругого восстановления до 58–64 %; уменьшении коэффициента трения до 1,8 раз (по сравнению с TiN); увеличении стойкости к окислению до температуры 900 °С и коррозионной

стойкости до 1,5 раз в солевой (3 %-ный раствор NaCl) и до 2,7 раз в сернокислой (1 М H₂SO₄) средах по сравнению со сталью Ст3, что обусловлено твердо-растворным, зернограничным и деформационным механизмами упрочнения, и которые могут быть рекомендованы для упрочнения рабочих конструкций, узлов и механизмов, применяемых на предприятиях машиностроения, деревообрабатывающей и горнодобывающей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Combined Vacuum-Arc Deposition of Protective Coatings on Basis of Transition Metals Nitrides Solid Solution / V. V. Uglov [et al.] // Proceedings of 9th Internat. Conf. on modification of materials with particle beams and plasma flows, Tomsk, Russia, 21–26 September 2008. – Tomsk, 2008. – P. 491–494.

2. Барковская, М. М. Влияние величины тока горения хромового катода на элементный и фазовый состав покрытий на основе системы Ti-Cr-N / М. М. Барковская, В. В. Ходасевич // Современные методы и технологии создания и обработки материалов. Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки: в 3 кн. / редкол.: С. А. Астапчик (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ФТИ НАН Беларуси 2014. – Кн. 2. – С. 55–64.

3. Thermal stability of nitride coatings formed by ion-plasma deposition / V. V. Uglov [et al.] // Vacuum. – 2007. – Vol. 81. – P. 1345–1347.

4. Термостабильность поверхностных слоев нитридов титана и хрома, сформированных конденсацией с ионной бомбардировкой на твердом сплаве Т5К10 / А. К. Кулешов [и др.]. // Перспективные материалы. – 2009. – № 2. – С. 68–73.

5. Барковская, М. М. Состав и коррозионная стойкость покрытий на основе нитридов титана и хрома / М. М. Барковская, В. В. Углов, В. В. Ходасевич // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2011. – № 4. – С. 104–109.

ФУНКЦИИ ГРИНА РЕЛЯТИВИСТСКИХ ДВУХЧАСТИЧНЫХ КВАЗИПОТЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В СЛУЧАЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЭНЕРГИИ

А. В. Бужан, В. Н. Капшай

*Учреждение образования «Гомельский государственный университет
имени Ф. Скорины», г. Гомель, Республика Беларусь*

Двухчастичная система может быть описана в рамках квазипотенциального подхода квантовой теории поля. Релятивистские уравнения для сферически симметричных волновых функций, описывающие состояния рассеяния системы двух частиц равной массы m в импульсном представлении могут быть записаны в виде [1]:

$$\Psi_{(j)}(\chi_q, \chi) = \frac{\pi}{2m} \delta(\chi_q - \chi) - \frac{2m}{\pi} G_{(j)}(\chi_q, \chi) \int_0^{\infty} d\chi' V(\chi_q, \chi') \Psi_{(j)}(\chi_q, \chi'), \quad (1)$$

где индекс $j = \overline{1,4}$ соответствует одному из вариантов квазипотенциального подхода: $j=1$ ($j=3$) – уравнение Логунова–Тавхелидзе (модифицированное), $j=2$ ($j=4$) – уравнение Кадышевского (модифицированное). В данной работе рассмотрим случай $j=2$, в котором функция Грина уравнения Кадышевского в импульсном представлении имеет вид [2]

$$G_{(2)}(\chi_q, \chi) = \frac{1}{m^2 \operatorname{ch} \chi (2 \operatorname{ch} \chi - 2 \operatorname{ch} \chi_q - i0)}, \quad (2)$$

в котором $2m \operatorname{ch} \chi_q = 2E_q$ есть энергия двухчастичной системы.

Волновые функции, функции Грина и потенциалы в импульсном представлении связаны с соответствующими величинами в релятивистском конфигурационном представлении следующими соотношениями:

$$\psi_{(j)}(\chi_q, r) = \int_0^{+\infty} d\chi \sin(\chi mr) \Psi_{(j)}(\chi_q, \chi), \quad (3)$$

$$\begin{aligned} G_{(j)}(\chi_q, r, r') &= -\frac{2m}{\pi} \int_0^{+\infty} d\chi \sin(\chi mr) G_{(j)}(\chi_q, \chi) \sin(\chi mr') = \\ &= -\frac{m}{\pi} \left[\int_0^{+\infty} d\chi \cos(\chi m(r-r')) G_{(j)}(\chi_q, \chi) - \int_0^{+\infty} d\chi \cos(\chi m(r+r')) G_{(j)}(\chi_q, \chi) \right], \quad (4) \end{aligned}$$

$$V(\chi, \chi') = \int_0^{+\infty} dr \sin(\chi mr) V(r) \sin(\chi' mr). \quad (5)$$

После перехода к релятивистскому конфигурационному представлению, полученные интегральные уравнения могут быть решены численно. Например, для поиска резонансов сечений рассеяния может быть использован метод комплекс-скейлинга [3], в котором выполняется комплексный поворот переменной интегрирования и значения энергий, а значит и быстроты χ_q также становятся комплексными.

Отметим, что функция Грина (2) является периодической в комплексной плоскости по переменной χ_q с периодом $2i\pi$. Поэтому функцию Грина достаточно рассмотреть в области

$$0 \leq \operatorname{Im} \chi_q < 2\pi. \quad (6)$$

Для нахождения функции Грина $G_{(2)}(\chi_q, r, r')$ в релятивистском конфигурационном представлении воспользуемся свойством периодичности функции Грина (2) также по переменной χ .

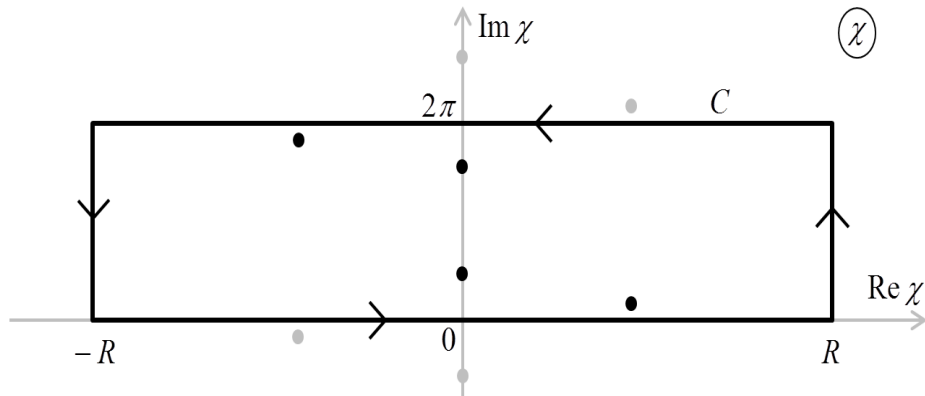


Рисунок 1 – Полюса функции Грина (2) при $\text{Re } \chi_q > 0, \text{Im } \chi_q > 0$

Для того чтобы вычислить интегралы в выражении (4), рассмотрим интеграл от функции $\cos(\chi mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi)$, по замкнутому контуру C , имеющему вид прямоугольника со сторонами $2R$ и 2π (см. рисунок 1). Для интеграла справедливо соотношение

$$\oint_C d\chi \cos(\chi mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi) = \int_{-R}^{+R} d\chi \cos(\chi mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi) + \int_{+R}^{+R+2i\pi} d\chi \cos(\chi mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi) + \int_{+R+2i\pi}^{-R+2i\pi} d\chi \cos(\chi mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi) + \int_{-R+2i\pi}^{-R} d\chi \cos(\chi mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi). \quad (7)$$

Третье слагаемое можно представить в виде

$$\int_{+R+2i\pi}^{-R+2i\pi} d\chi \cos(\chi mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi) = -\text{ch}(2\pi mr) \int_{-R}^{+R} d\chi \cos(\chi mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi). \quad (8)$$

При переходе к пределу $R \rightarrow \infty$ второе и четвёртое слагаемые выражения (7) стремятся к нулю. С учётом (8) интеграл по замкнутому контуру связан с искомыми интегралами выражения (4) соотношением

$$\oint_C d\chi \cos(\chi mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi) = (1 - \text{ch}(2\pi mr)) 2 \int_0^{+\infty} d\chi \cos(\chi mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi). \quad (9)$$

Левую часть этого равенства можно вычислить, используя теорему о вычетах:

$$\oint_C d\chi \cos(\chi mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi) = 2\pi i \sum_n \text{Res}[\cos(\chi_n mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi_n)]. \quad (10)$$

После преобразований интегралы выражения (4) могут быть записаны в виде

$$\int_0^{+\infty} d\chi \cos(\chi mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi) = -\frac{\pi i}{2\text{sh}^2(\pi mr)} \sum_n \text{Res}[\cos(\chi_n mr)G_{(2)}(\chi_q, \chi_n)], \quad (11)$$

где быстроты χ_q удовлетворяют условию (6).

Окончательно получим следующее выражение для функции Грина в релятивистском конфигурационном представлении

$$G_{(2)}(\chi_q, r, r') = G_{(2)}(\chi_q, r_d) - G_{(2)}(\chi_q, r_u), \quad (12)$$

$$G_{(2)}(\chi_q, r) = -\frac{m}{\pi} \int_0^{\infty} d\chi \cos(\chi mr) G_{(2)}(\chi_q, \chi) = i m \frac{\sum \text{Res}[\cos(\chi_n mr) G_{(2)}(\chi_q, \chi_n)]}{2 \text{sh}^2(\pi mr)}. \quad (13)$$

В уравнении (12) введена замена $r_d = r - r'$, $r_u = r + r'$.

Конечное выражение для функции Грина уравнения Кадышевского ($j = 2$) может быть найдено путём вычисления вычетов в полюсах первого порядка и имеет следующий вид:

$$G_{(2)}(\chi_q, r) = \frac{1}{4m \text{ch} \chi_q \text{ch}\left(\frac{\pi mr}{2}\right)} - \frac{i}{m \text{sh}(2\chi_q)} \frac{\text{sh}[(\pi + i\chi_q)mr]}{\text{sh}(\pi mr)}. \quad (14)$$

В случае действительных отрицательных значений быстроты функция Грина может быть представлена как

$$G'_{(2)}(\chi_q, r) = \frac{1}{4m \text{ch} \chi_q \text{ch}\left(\frac{\pi mr}{2}\right)} - \frac{i}{m \text{sh}(2\chi_q)} \frac{\text{sh}[-\pi + i\chi_q)mr]}{\text{sh}(\pi mr)}. \quad (15)$$

Функция (15) отличается от известной функции (14) знаком перед π . В этом особом случае функция Грина оказывается чётной по отношению к вещественной части быстроты χ_q .

Продолжая рассмотрение полюсов функции Грина (2), заметим, что при чисто мнимых значениях χ_q может происходить вырождение полюсов функции Грина. Так, например, при значениях быстроты $\chi_q = i\frac{\pi}{2}$, $\chi_q = i\frac{3\pi}{2}$ происходит вырождение полюсов функции Грина уравнения Кадышевского и число полюсов уменьшается вдвое, а их порядок увеличивается до второго.

Рассматриваемая функция Грина в таком случае равна

$$G_{(2)}\left(i\frac{\pi}{2}, r\right) = G'_{(2)}\left(i\frac{3\pi}{2}, r\right) = -\frac{r}{4 \text{ch}\left(\frac{\pi mr}{2}\right)}. \quad (16)$$

При значении быстроты $\chi_q = i\pi$ происходит частичное вырождение полюсов функции Грина (2), а сама функция принимает следующий вид

$$G_{(2)}(i\pi, r) = \frac{1}{2m \text{sh}(\pi mr)} \left[mr - \text{sh}\left(\frac{\pi mr}{2}\right) \right]. \quad (17)$$

Функции (16) и (17) также могут быть получены путём раскрытия неопределённости вида (0/0) функции (14) при соответствующих значениях быстроты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гришечкин, Ю. А. Метод комплексного поворота для двухчастичных уравнений в импульсном представлении и резонансные состояния / Ю. А. Гришечкин, М. С. Данильченко, В. Н. Капшай // Проблемы физики, математики и техники. – 2014. – № 3(20). – С. 21–25.

2. Kadyshevsky, V. G. Quasipotential type equation for there lativistics cattering amplitude / V. G. Kadyshevsky // Nucl. Phys. – 1968. – Vol. B6, № 1. – P. 125–148.

3. Lazauskas, R. Application of the complex scaling method in quantum scattering theory: habilitation thesis / R. Lazauskas. – Strasbourg, 2019. – 133 p.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЩНОЙ МАТРИЦЫ СВЕТОДИОДОВ С ПОМОЩЬЮ РАДИАТОРА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

В. И. Гладковский, В. В. Борушко

*Учреждение образования «Брестский государственный
технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

Рабочие параметры светодиодов в большой степени зависят от температуры. При возрастании температуры прямое напряжение р-п перехода светодиода уменьшается, что может приводить к ухудшению работоспособности и разрушению схемы. Перечисленные факторы приводят к необходимости установления жестких ограничений на рабочий диапазон температур светодиодных элементов, создания специальных цепей температурной защиты и совершенствования способов отвода тепла [1]. Объектом данного исследования являлась светодиодная матрица размерами 1,5·0,6 см², расположенная на алюминиевой подложке. Для повышения эффективности охлаждения светодиодная матрица изначально помещалась в стеклянную трубку с прокачиваемой по ней насосом охлаждающей жидкостью, в качестве которой использовался этиловый спирт [2–5]. Цель работы заключалась в оценке возможности охлаждения рассматриваемой матрицы светодиодов с помощью воздушного радиатора и соответствующий расчёт.

Для проведения вычислений задаём следующие исходные данные:

$\Theta_p = 330$ К – средняя температура основания радиатора;

$Z = 31$ – число ребер радиатора;

$B = 0,025$ м – размер радиатора поперёк рёбер;

$H = 0,03$ м – высота ребра радиатора;

$L = 0,085$ м – размер радиатора вдоль ребра;

$\delta = 0,0005$ м – толщина ребра;

$b = 0,000125$ м – расстояние между рёбрами;

$A = 0,01$ м – толщина основания радиатора;

$\Theta_c = 293$ К – температура окружающей среды;

$\lambda_m = 235$ Вт/(м·К) – коэффициент теплопроводности материала радиатора;

$v = 2$ м/с – скорость прокачиваемого воздуха в каналах радиатора;

$\varepsilon_p = 0,7$ – степень черноты радиатора;

$q_0 = 600000$ Вт/м² – тепловой поток;

$S = 1 \cdot 10^{-6}$ м² – площадь одного тепловыделяющего элемента;

$P_M = q_0 SN = 19,8$ Вт – мощность, выделяемая охлаждаемой матрицей, где

$N = 33$ – количество светодиодов;

$C_p = 1005$ Дж/(кг·К) – теплоёмкость воздуха;

$\rho = 1,14$ кг/м³ – плотность воздуха;

$\nu = 0,00001506$ м²/с – коэффициент кинематической вязкости;

$\lambda_B = 0,0259$ Вт/(м·К) – коэффициент теплопроводности воздуха.

Вычисления проводились по следующей схеме:

1. Сначала определялась общая площадь сечения каналов между рёбрами с помощью формулы

$$S_k = (Z - 1) b N = 0,00011 \text{ м}^2.$$

2. Далее находилась температура перегрева основания радиатора относительно окружающей среды:

$$\nu_p = \Theta_p - \Theta_c = 37 \text{ К}.$$

3. Затем вычислялась температура $\Theta = \Theta_c + \frac{P}{2\nu S_k \rho C_p}$, необходимая для рас-

чета критериев Нуссельта (Nu) и Рейнольдса (Re). Здесь ρ и C_p – плотность и теплоёмкость воздуха при температуре равной Θ_{cp} , которая находилась по формуле:

$$\Theta_{cp} = 0,5(\Theta_p - \Theta_c).$$

После вычислений получаем: $\Theta_{cp} = 311,5$ К и $\Theta = 331,404$ К.

4. Значение критерия Рейнольдса, необходимое для расчета коэффициента теплоотдачи ребер радиатора, определялось по формуле: $R_e = \frac{\nu L}{\nu}$, где ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха при Θ_c . Значение числа Рейнольдса оказалось равным $R_e = 1128,82$. Значение числа Нуссельта вычисляем по формуле Михеева $Nu = 0,032 Re^{0,8} = 8,85624$.

5. Коэффициент конвективного теплообмена ребер радиатора определялся из формулы:

$$\alpha_k = \frac{Nu \lambda_B}{L},$$

где λ_B – коэффициент теплопроводности воздуха при температуре Θ_c . Это значение получилось равным: $\alpha_k = 26,986$ Вт/(м²·К).

6. Вычислялся вспомогательный коэффициент:

$$m = \sqrt{\frac{\alpha_k 2}{\lambda_m \delta}} = 21,4319.$$

7. Количество тепла, снимаемое с ребер радиатора в процессе конвективного теплообмена, определялось по формуле:

$$P_{pk} = Z\lambda_m m S_p v_p \tanh(mH),$$

где $\tanh(mH)$ – гиперболический тангенс, S_p – площадь поперечного сечения ребра радиатора: $S_p = L\delta = 0,0000425 \text{ м}^2$. После вычислений получаем значение: $P_{pk} = 13,9186 \text{ Вт}$.

8. Средняя температура ребра радиатора равна:

$$\Theta_{cp} = \frac{\Theta_p}{2} \left(1 + \frac{1}{\cosh(mH)} \right) = 300,920 \text{ К}.$$

Здесь $\cosh(mH)$ – гиперболический косинус.

9. Используя формулу $\alpha_l = \varepsilon_p 0,23 \left(0,005(\Theta_{cp} + \Theta_c) \right)^3 \frac{b}{b + 2h}$, определяем коэффициент лучистого теплообмена: $\alpha_l = 0,00877 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

10. Находим площадь излучающей поверхности:

$$S_l = 2L[(Z - 1)(b + \delta) + \delta] + 2HLZ_l = 0,01614 \text{ м}^2.$$

11. Мощность теплового излучения:

$$P_l = \alpha_l S_l (\Theta_{cp} - \Theta_c)^4 = 0,556934 \text{ Вт}.$$

Таким образом, полная мощность, отводимая радиатором: $P = P_k + P_l$, оказывается равной 14,48 Вт, что в сравнении с мощностью 19,8 Вт, выделяемой охлаждаемой матрицей [3], составляет приемлемую величину.

Для получения величины отводимой мощности, удовлетворяющей условиям длительного использования, можно увеличить скорость обдува радиатора. Результаты, полученные при расчётах с различными скоростями обдува, представлены на рисунке 1 как зависимость отводимой мощности от скорости обдува.

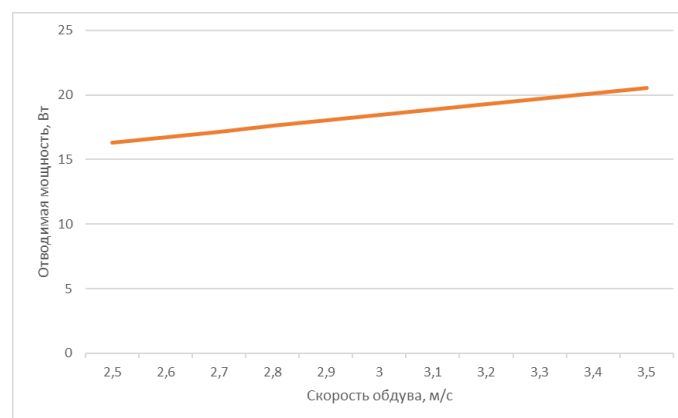


Рисунок 1 – Зависимость отводимой мощности от скорости обдува

Из графика видно, что при скорости обдува радиатора, равной около 3,4 м/с, отводимая мощность становится равной мощности, которую необходимо отводить от подложки матрицы для её работы в нормальном режиме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козынко, П. А. Разработка подсистем электротеплового моделирования БИС и печатных плат в среде промышленной САПР: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12 / П. А. Козынко. – Москва, 2010. – 109 с.
2. Данильчик, А. В. Матрица светодиодов с принудительным охлаждением / А. В. Данильчик [и др.]. // Полупроводниковые лазеры и системы на их основе : сб. науч. ст. 9-го Белорусско-Российского семинара / НАН Беларуси, Институт физики им. Б. И. Степанова, РАН, Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе; науч. ред. Г. П. Яблонский. – Минск : Ковчег, 2013. – 258 с.
3. Гладковский, В. И. Оптимизация теплового режима светодиодной матрицы / В. И. Гладковский, В. В. Борушко // Вестник Брестского гос. техн. ун-та. – 2019. – № 5. – С. 58–59.
4. Борушко, В. В. Технология моделирования мощной матрицы светодиодов / В. В. Борушко, В. И. Гладковский // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых) : сборник докладов Международной молодёжной научной конференции, Казань, 7–8 ноября 2019 г. : в 6 т. – Казань, 2019. – Т. 5. – С. 146–150.
5. Гладковский, В. В. Моделирование тепловых условий работы мощных светодиодов / В. В. Борушко, В. И. Гладковский // Инженерные решения. – Электронный научный журнал. – 2019. – № 1(2). – С. 17–20.

РАСЧЕТ ПОЛЮСНЫХ ПЛОТНОСТЕЙ ДИФРАКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ФОЛЬГ СПЛАВА $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, ПОЛУЧЕННЫХ СПИННИНГОВАНИЕМ

А. В. Демидчик

Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь

Установленное свойство однородного распределения компонентов в исследуемых фольгах, которое сохраняется при термической обработке, делает их перспективными для использования в микроэлектронике.

Рентгеноструктурный анализ фольг был выполнен на дифрактометре ДРОН-3 в медном излучении. Полусные плотности дифракционных линий, приведенных в таблице, рассчитывались по методу Харриса. Изотермический отжиг проводился при температурах 120 °С, 180 °С и 220 °С в течение 1 часа.

Значения полусных плотностей фольг для зеркальной поверхности (контакт при затвердевании с диском-кристаллизатором) и шероховатой поверхности (контакт с воздухом) приведено в таблице (1 – исходное состояние, 2 – отжиг 120 °С, 3 – отжиг 180 °С, 4 – отжиг 220 °С).

СЕКЦИЯ 3

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин

	Дифракционные линии										
	10 $\bar{1}2$	10 $\bar{1}4$	11 $\bar{2}0$	10 $\bar{1}5$	20 $\bar{2}0$	20 $\bar{2}2$	10 $\bar{1}7$	20 $\bar{2}5$	21 $\bar{3}0$	12 $\bar{3}2$	0009
Зеркальная поверхность											
1	5,1	0,0	0,0	0,1	4,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	5,0	0,0	0,0	0,1	4,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	4,9	0,1	0,0	0,0	4,2	0,5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
4	1,3	0,1	0,2	0,7	5,6	0,6	0,0	0,0	0,2	1,4	0,9
Шероховатая поверхность											
1	6,5	0,1	0,1	0,2	1,1	0,8	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1
2	6,5	0,1	0,1	0,2	1,4	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
3	5,4	0,1	0,1	0,2	2,9	0,7	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
4	1,1	0,1	0,2	0,7	5,9	0,6	0,0	0,0	0,2	1,4	0,9

Исходные фольги имеют выраженную двойную текстуру (10 $\bar{1}2$) + (20 $\bar{2}0$). Компонент текстуры (10 $\bar{1}2$) при температурах отжига выше 180 °С ослабевает, а компонент текстуры (20 $\bar{2}0$) усиливается. Указанная закономерность наблюдалась ранее и для фольг такого же состава, но полученных двухсторонним охлаждением (прокаткой между двух дисков).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗИ КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ МАССЫ С ОБЩЕЙ ЖИДКОСТЬЮ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА МЕТОДАМИ БИОИМПЕДАНСНОГО АНАЛИЗА

О. А. Жарнова, Н. З. Башун, В. А. Лоташинская, В. В. Вашина
 Учреждение образования «Гродненский государственный университет
 им. Я. Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь

Анализируется связь некоторых параметров биологических объектов, полученных методом биоимпедансометрии, а именно скелетно-мышечной массы с общей жидкостью, состоящей из двух компонентов – клеточной и внеклеточной. На основе статистической обработки биоимпедансных параметров составлены регрессионные уравнения для определения скелетно-мышечной массы по содержанию жидкости в организме и активному сопротивлению на частоте 5 кГц тела человека.

Введение

Скелетно-мышечная масса является одним из важнейших параметров для оценки физического развития и работоспособности человека. Ее масса уменьшается с возрастом, так как мышцы уменьшаются в размерах, а кости становятся более хрупкими. Уменьшение массы мышц связано с изменением содержания мышечных волокон в теле человека. Проблема анализа скелетно-мышечной массы с учетом возрастных изменений заключается в том, что существует немного способов ее определения. На современном этапе стало актуальным изучение состава тела человека, которое обладает определенными физическими свойствами из-за наличия в нем различных биологических тканей с использованием биоимпедансного анализа. Биоимпедансный анализ является дешевым и широко ис-

пользуемым подходом в диагностике тела человека, а также применяется в медицине. Используя биоимпедансный анализ, стало возможным легко и быстро определить содержание основных компонентов тела человека, не прибегая к инвазивным процедурам [1]. Биоимпедансный анализ можно отнести к контактным методам измерения электрической проводимости биологических тканей. Самые распространенные методы оценки состава тела человека по параметрам биоимпеданса включают в себя определение жировой, тощей, активной клеточной и скелетно-мышечной масс, а также содержание воды в организме. Оценка скелетно-мышечной массы используется в спортивной медицине наряду с антропометрическими оценками для характеристики физического развития [2].

Цель исследования

Определить связь между скелетно-мышечной массой, общей жидкостью организма и, при наличии такой связи, составить регрессионные уравнения для оценки скелетно-мышечной массы тела человека по заданным параметрам, полученным методом биоимпедансного анализа.

Материалы и методы исследования

В исследованиях на добровольной основе принимали участие 143 женщины в возрасте от 36 до 59 лет и 55 мужчин в той же возрастной категории. С использованием анализатора АВС-01 «Медасс» определялись скелетно-мышечная масса, масса внеклеточной жидкости, внутриклеточной жидкости и электрические характеристики: активные и реактивные сопротивления. Принцип работы анализатора АВС-01 «Медасс» заключается в следующем: аппарат работает по четырехэлектродной схеме. На два электрода, которые закреплены на голеностопе правой ноги и запястье правой руки, подается переменное напряжение двух частот: 5 кГц и 50 кГц. Другие два электрода позволяют определить напряжение на выходе, которое снимается и подается в анализатор. Особенность протекания электрического тока по биологическим объектам заключается в том, что ток протекает не вдоль всего тела человека, а только по определенным частям тела. Полученный импеданс цепи будет определяться именно для этой части тела, вдоль которой протекает электрический ток. В ходе обработки экспериментальных результатов и получении основных физиологических параметров состава тела абсолютные значения как для активной, так и реактивной составляющей, будут немного завышены, поскольку электрические сопротивления обратно пропорциональны площадям, через которые протекает ток.

С использованием анализатора АВС-01 «Медасс» по известным антропометрическим и электрическим параметрам определяются внеклеточная жидкость и скелетно-мышечная масса.

Формула для оценки массы внеклеточной жидкости для женщин определяется из соотношения:

$$M_{ВКЖ} = 1.51894 + 0.120451 \frac{L^2}{R_{50}} + 0.0051494 \frac{L^2}{X_{C50}} + 0.101299 \cdot m - 0.0497512 \cdot t, \quad (1)$$

где L – рост (в см), R_{50} – активное сопротивление на частоте 50 кГц, X_{C50} – емкостное сопротивление на частоте 50 кГц, m – масса тела, t – возраст человека.

Скелетно-мышечная масса определяется уравнением:

$$M_{СММ} = 4.997 + 0.40095 \cdot \frac{L^2}{R_{50}} - 0.066 \cdot t. \quad (2)$$

Результаты и обсуждение

Регрессионные уравнения для оценки скелетно-мышечной массы по параметрам биоимпедансометрии были составлены для одной возрастной группы. В данной возрастной категории наблюдается изменение скелетно-мышечной массы. У всех испытуемых был проведен анализ корреляционных связей между скелетно-мышечной массой и содержанием воды, а также между скелетно-мышечной массой и активным сопротивлением на частоте 5 кГц.

У женщин возрастной категории 36–59 лет коэффициент корреляции между скелетно-мышечной массой и содержанием воды в организме составил $r = 0,817$, скелетно-мышечной массой и активным сопротивлением переменному току на частоте 5 кГц коэффициент корреляции $r = 0,657$.

В качестве примера приведено уравнение полиномиальной регрессии третьей степени для расчета скелетно-мышечной массы у женщин возрастной категории 36–59 лет:

$$M_{СММ} = 4 - 0.0022m_{ж}^3 + 0.1595m_{ж}^2 - 2.58056m + 38.233, \quad (3)$$

где $m_{ж}$ – масса общей жидкости в организме, полученная с помощью биоимпедансного анализа.

Регрессионные полиномиальные уравнения второй степени для расчета абсолютной костной массы по параметрам биоимпедансометрии, в частности, активным сопротивлением на частоте 5 кГц.

$$M_{СММ} = 0.8647R_5^2 - 60.482R_5 + 1546, \quad (4)$$

где R_5 – активное сопротивление переменному току на частоте 5 кГц.

У мужчин этой же возрастной категории коэффициент корреляции между скелетно-мышечной массой и общим содержанием жидкости $r = 0,864$, скелетно-мышечной массой и активным сопротивлением переменному току на частоте 5 кГц коэффициент корреляции $r=0,602$. Из всех возможных методов регрессионного анализа именно данные модели имели наиболее высокий критерий точности аппроксимации. Каждый из вышеперечисленных параметров может быть использован для построения регрессионных моделей оценки скелетно-мышечной массы данных возрастных категорий.

Была проведена проверка достоверности полученных уравнений регрессии для оценки скелетно-мышечной массы по известным параметрам биоимпедансометрии, с использованием контрольного обследования выборки из 50 человек.

Заключение

Для женщин и мужчин возрастной категории 36–59 лет проведен анализ связи между скелетно-мышечной массой, общей жидкостью организма и активным сопротивлением тела человека на частоте 5 кГц. Определены регрессионные уравнения связи данных параметров. Коэффициент корреляции между скелетно-мышечной массой и общим содержанием жидкости у мужчин составляет $r = 0,864$, у женщин $r = 0,817$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башун, Н. З. Методы исследования состава тела человека на современном этапе / Н. З. Башун, О. А. Жарнова, А. М. Жарнов // Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер. 5, Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 119–130.

2. Николаев, Д. В. Биоимпедансный анализ состава тела / Д. В. Николаев [и др.]. – М. : Наука, 2009. – 392 с.

АРОМАТИЧНОСТЬ И КОНТУР СОПРЯЖЕНИЯ В МАКРОЦИКЛЕ СВОБОДНЫХ ОСНОВАНИЙ КОРРОЛОВ

Н. Н. Крук¹, Д. В. Клеицкий¹, И. В. Вершиловская¹, Л. Л. Гладков²

¹Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь

Молекулы корролов относятся к группе сокращенных тетрапиррольных соединений, поскольку один из метиновых мостиков между пиррольными кольцами макроцикла отсутствует и два соседних пиррольных фрагмента соединены C_a-C_a связью. При переходе к сокращенному макроциклу корролов правило Хюккеля $[4n+2]$ для количества электронов в контуре макроциклического сопряжения удовлетворяется, как и для порфиринов, при значениях n , равных 6, 5 и 4, потому что макроцикл молекулы свободного основания коррола также обладает 26 π -электронами. Отсутствие одного атома углерода компенсируется тем, что макроцикл содержит три пиррольных и одно пирролениновое кольцо, по сравнению с макроциклом порфиринов, содержащим по два пиррольных и пирролениновых кольца. Молекулярная структура тетрапиррольного макроцикла с восемью точками ветвления допускает существование нескольких вариантов контура π -сопряжения. Для собственно порфиринов можно предложить несколько контуров сопряжения, содержащих все 26, 22 или 18 π -электронов. На основании анализа квантово-химических расчетов предложено, что контур сопряжения, определяющий ароматические свойства молекулы, формируется не одним из вышеупомянутых контуров, а представляет их линейную комбинацию [1]. Различная степень вовлечения отдельных молекулярных фрагментов в формирование макроциклического ароматического контура сопряжения нашла отражение в дифференциации молекул порфиринов и их аналогов, согласно числу π -электронов, в самом коротком возможном контуре сопряжения [2].

Сокращение размеров макроцикла в свободных основаниях корролов приводит к тому, что π -электроны обобществляются меньшим количеством скелетных атомов. Поэтому макроцикл корролов считают π -электронно-избыточным по сравнению с макроциклом порфиринов. Кроме этого, асимметрия макроцикла обуславливает некоторую «неравномерность» распределения скелетных атомов, которая может приводить к определенным изменениям в формировании π -сопряженного макроциклического контура. В результате макроциклический кольцевой ток может по-разному разветвляться в дипиррометеновом и дипиррольном фрагментах макроцикла. Отмечается, что такие различия могут привести к некоторому снижению ароматичности макроцикла корролов [3].

До недавнего времени вопрос о формировании контура сопряжения в макроцикле свободных оснований корролов не рассматривался. Как правило, авторы ограничивались общими соображениями, причем игнорировался факт существенного различия электронной структуры NH-таутомеров свободных оснований коррола, обусловленного асимметрией макроцикла. По существу, необходимо рассматривать формирование контура π -сопряжения в каждом из NH-таутомеров отдельно. Таутомеризация протекает и в макроцикле порфиринов, но из-за их высокой симметрии электронная структура у двух NH-таутомеров тождественна и на формирование контура π -сопряжения в макроцикле не влияет. А в свободных основаниях корролов электронная структура оказывается различной из-за асимметричного строения макроцикла.

Ароматичность не является непосредственно измеряемой физической величиной. Для количественной оценки ароматичности применяются различные критерии либо параметры-дескрипторы, которые отражают влияние ароматичности на энергию молекулы, ее структурные параметры и магнитные свойства, стабильность и реакционную способность в определенных (тестовых) реакциях [2].

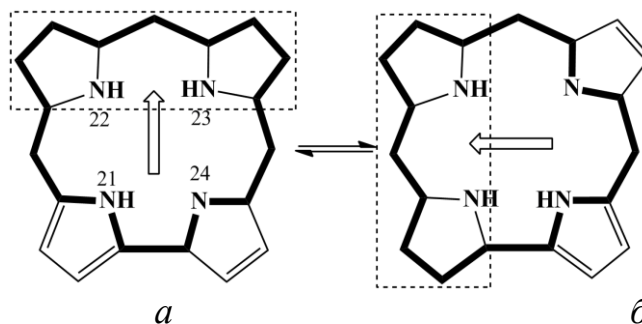
Одними из наиболее важных критериев ароматичности являются структурные критерии, поскольку характер ароматичности существенно связан с молекулярной структурой. Экспериментальной характеристикой, чувствительной к характеру ароматичности молекулы, является длина связей в контуре сопряжения. Например, для неароматической (или антиароматической) системы наблюдается значительное альтернирование длин связей, в то время как в ароматических системах обнаруживается тенденция к выравниванию длин связей. Характер альтернирования длин связей связывается с величиной ароматичности и рассчитывается с использованием модели гармонического осциллятора (*англ.* НОМА – harmonic oscillator model of aromaticity) [4]:

$$I_{\text{НОМА}} = 1 - \frac{\alpha_i}{n} \sum_{i=1}^n (R_{\text{опт}} - R_i)^2,$$

где: $\alpha_i = 257,7$ – параметр для С–С связей, $R_{\text{опт}} = 1,388 \text{ \AA}$ – оптимальная длина С–С связи, $\alpha_i = 93,52$ – параметр для С–N связей, $R_{\text{опт}} = 1,334 \text{ \AA}$ оптимальная длина С–N связи. Параметры выбраны таким образом, чтобы обеспечить для молекулы бензола индекс ароматичности НОМА, равный 1. Для ароматических тетрапиррольных макроциклов индекс ароматичности оказывается равным 0,87–0,90, при этом длины связей C_a-C_m практически одинаковы: 1,40–1,41 \AA , в то время как для антиароматических тетрапиррольных молекул индекс ароматичности может существенно снижаться до 0,5 и ниже, а длины связей C_a-C_m заметно альтернированы: 1,36–1,49 \AA .

У свободных оснований корролов могут формироваться восемь различных контуров сопряжения: один, включающий весь макроцикл, четыре 18-электронных и четыре 22-электронных контура. Различие в значениях индекса ароматичности $I_{\text{НОМА}}$, полученные для 18-электронных и 22-электронных контуров указывают на существенно различное вовлечение скелетных атомов макроцикла в формирование контура π -сопряжения. Нами получены бóльшие значения индекса ароматичности $I_{\text{НОМА}}$ для 18-электронного контура сопряжения по сравнению с 22-членным, которые позволяет считать 18-электронный контур доминирующим для каждого из двух NH-таутомеров. При этом индекс ароматичности для двух таутомерных форм

различается, а именно: в основном электронном S_0 состоянии длинноволновой таутомер Т1 менее ароматичен, чем коротковолновой таутомер Т2. Для длинноволнового таутомера Т1 доминирующим контуром сопряжения следует считать 18-электронный контур, для которого получено максимальное значение индекса ароматичности $I_{НОМА} = 0,616$ (рис. 1а). Для коротковолнового таутомера Т2 наибольшая величина $I_{НОМА} = 0,642$ рассчитана для другого контура (рис. 1б). У 22-членных контуров получены $I_{НОМА} = 0,424$ и $0,490$ соответственно для таутомеров Т1 и Т2. Представленные данные указывают на то, что ароматичность двух NH-таутомеров, хоть и незначительно, но достоверно различается.



а – длинноволновой таутомер Т1; *б* – коротковолновой таутомер Т2

Штриховой прямоугольник обозначает дипиррометиновый фрагмент макроцикла.

Стрелка указывает направление смещения электронной плотности в макроцикле

Рисунок 1 – Доминирующие 18-электронные контура сопряжения двух NH-таутомеров корролов

Возникает вопрос о причинах различия контуров сопряжения в NH-таутомерах. В макроцикле коррола при описании структуры обычно выделяют дипиррометиновый фрагмент (содержащий пиррольные атомы азота 22 и 23) и дипиррольный фрагмент (содержащий пиррольные атомы азота 21 и 24). Однако, у таутомера Т2 также можно выделить дипиррометиновый фрагмент, включающий в себя пиррольные кольца с атомами азота 21 и 22. В этом случае формирование контуров сопряжения у двух таутомеров можно считать подобным, поскольку они оба включают в себя некоторый дипиррометиновый фрагмент, причем контур сопряжения проходит по его внешней стороне. Если только в контур вовлекаются атомы азота (т. е. C_a-NH-C_a фрагменты), то индекс ароматичности резко падает во всех возможных вариантах контуров (до $I_{НОМА} = 0,383$ и $0,352$ соответственно у 18- и 22-электронных контуров).

Дипиррометиновый фрагмент «оголяет» со своей стороны ядро макроцикла от электронов, делая периферию макроцикла электроноизбыточной и оттягивая электронную плотность из ядра. Соответственно происходит поляризация на противоположных пиррольных кольцах, где обнаруживается тенденция к смещению электронной плотности от периферии к центру (см. рисунок 1).

Таким образом, на основании полученных результатов можно предложить способ стабилизации одного либо другого таутомера. Так, для стабилизации таутомера Т1 необходимо «насытить» электронодонорными заместителями положения 7, 8, 10, 12 и 13 макроцикла (все либо какие-то из них). В первом приближении введение электронодонорных групп в эти положения макроцикла способно сместить равновесие в сторону стабилизации Т1 таутомера, что мож-

но будет наблюдать в виде перераспределения интенсивностей полос, принадлежащих индивидуальным NH-таутомерам в спектре поглощения.

Данную гипотезу проверили с помощью анализа спектров поглощения двух свободных оснований корролов, исследованных нами ранее [5]. Первый из них – H_3OAlkK , макроцикл которого по всем четырем пиррольным кольцам замещен алкильными группами, являющимися донорами электронной плотности как по π -, так и по σ -связям. Второй – H_3TAlkK содержит такие же алкильные группы, но только в 7, 8, 12 и 13 положениях макроцикла. Совместный анализ спектров показывает, что, действительно, доля таутомера T1 в суммарном спектре H_3TAlkK оказалась большей.

Таким образом, в работе определены контуры π -сопряжения для двух таутомеров коррола, и показано, что они различаются. На основе полученных результатов предложен и экспериментально апробирован способ преимущественной стабилизации одного из таутомеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fliegl, H. Aromatic pathways of porphyrins, chlorins and bacteriochlorins / H. Fliegl, D. Sundholm // J. Org. Chem. – 2012. – Vol. 77, № 9. – P. 3408–3414.
2. Крук, Н. Н. Строение и оптические свойства тетрапиррольных соединений / Н. Н. Крук. – Минск : БГТУ, 2019. – 216 с.
3. Березин, Д. Б. Корролы и их производные: синтез, свойства, перспективы практического применения / Д. Б. Березин, Д. Р. Каримов, А. В. Кустов. – Москва : ЛЕНАНД, 2018. – 303 с.
4. Krygowski, T. M. Aromaticity from the viewpoint of molecular geometry: application to planar systems / T. M. Krygowski [et al.] // Chem. Rev. – 2014. – V. 114. – P. 6383–6422.
5. Ajeeb, Y. H. Spectral and luminescent properties and NH-tautomerism of alkylated corrole free bases / Y. H. Ajeeb [et al.] // Journal of Appl. Spectr. – 2020. – Vol. 87, Issue 3. – P. 421–427.

ДАЛЬНЕЕ ПОЛЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР С КВАНТОВЫМИ ЯМАМИ InGaN

Н. П. Тарасюк

*Учреждение образования «Брестский государственный
технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

Применение гетероструктур InGaN/GaN являются перспективными для создания оптоэлектронных устройств, работающих в ультрафиолетовой – синезеленой области спектра [1, 2].

В данной работе рассчитана полуширина лазерного излучения в дальней зоне различных дизайнов гетероструктур с активной областью, содержащей пять и десять квантовых ям InGaN. Использовалась модель одномерной планарной структуры. Амплитуда напряженности электрического вектора E_j TE-волны удовлетворяет волновому уравнению:

$$\frac{\partial^2 E_j(x)}{\partial x^2} - (\beta^2 - k_0^2 n_j^2) E_j(x) = 0, \quad (1)$$

где β – проекция волнового вектора k_0 на плоскость гетероструктуры, n_j – комплексный показатель преломления j -го слоя. Нахождение β осуществлялось по алгоритму скоростного спуска [3, 4].

В дальней зоне отношение интенсивности излучения, распространяющегося в направлении, определяемом углом θ , к интенсивности излучения в направлении $\theta = 0$, равно [5]:

$$\frac{I(\theta)}{I(0)} = \frac{|E(\theta)|^2}{|E(0)|^2} = \frac{K^2(\theta) \left| \int_{-\infty}^{\infty} E_y(x,0) e^{ik_0 x \sin(\theta)} dx \right|^2}{K^2(0) \left| \int_{-\infty}^{\infty} E_y(x,0) dx \right|^2}, \text{ где } K(\theta) = \cos(\theta). \quad (2)$$

Для расчетов были выбраны 4 дизайна гетероструктур с активной областью из 5 и 10 квантовых ям InGaN. В гетероструктурах дизайна 1 в качестве обкладочных слоев выбирались воздух и $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ и изменялась толщина волноводных слоев GaN. В гетероструктурах дизайна 2 в качестве обкладочных слоев выбирались GaN и GaN и изменялась толщина волноводных слоев $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$. В гетероструктурах дизайна 3 в качестве обкладочных слоев выбирались $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ и $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ и изменялась толщина волноводных слоев GaN. В гетероструктурах дизайна 4 состав аналогичен предыдущей, только волновод формировался из слоев GaN и $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$. За счет такого волновода улучшается транспорт неравновесных носителей заряда в активную область. При этом толщина слоя $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ фиксировалась, а изменялась толщина GaN. Значения показателей преломления, соответствующие значениям ширины запрещенной зоны компонентного состава тройных соединений AlGaIn, были взяты из работы [6], значения показателя преломления Al_2O_3 из [7]. Дизайны данных гетероструктур представлены на рисунках 1–4. Аналогичные дизайны выбирались для гетероструктур с 10 квантовыми ямами InGaN.

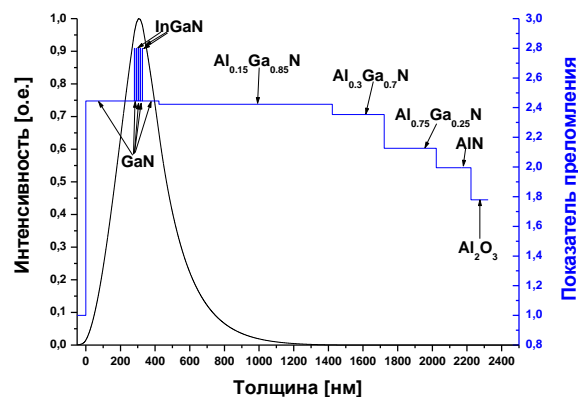


Рисунок 1 – Профили показателя преломления и интенсивности моды нулевого порядка гетероструктуры, содержащей 5 квантовых ям дизайна 1

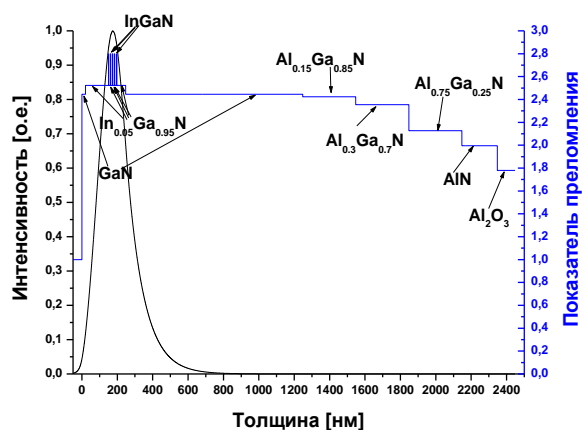


Рисунок 2 – Профили показателя преломления и интенсивности моды нулевого порядка гетероструктуры, содержащей 5 квантовых ям дизайна 2

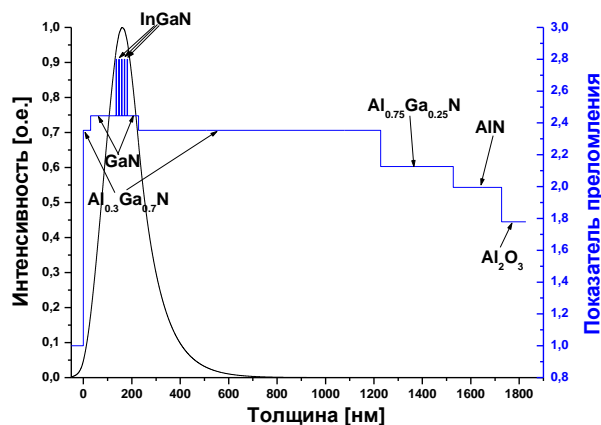


Рисунок 3 – Профили показателя преломления и интенсивности моды нулевого порядка гетероструктуры, содержащей 5 квантовых ям дизайна 3

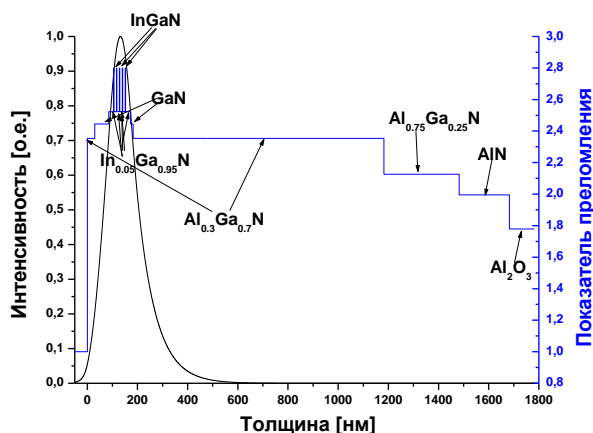


Рисунок 4 – Профили показателя преломления и интенсивности моды нулевого порядка гетероструктуры, содержащей 5 квантовых ям дизайна 4

Для данных структур рассчитаны полуширина на половине интенсивности и полуширина (на уровне $1/e^2$ от максимума) лазерного излучения фундаментальной моды в дальней зоне излучения в зависимости от длины волны. Результаты расчетов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Зависимость полуширины на половине интенсивности от длины волны

λ , нм	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4	
	5 КЯ	10 КЯ	5 КЯ	10 КЯ	5 КЯ	10 КЯ	5 КЯ	10 КЯ
400	14.2	15.3	19.0	19.9	19.9	21.1	25.4	25.9
450	11.8	13.4	17.6	18.7	18.0	19.2	20.0	22.3
500	11.1	12.7	16.3	17.8	17.0	18.4	19.8	23.0
550	10.9	12.4	15.7	16.8	16.6	18.0	18.6	20.9
580	11.0	12.4	15.5	16.7	16.4	17.5	18.0	19.3

Таблица 2 – Зависимость полуширины от длины волны

λ , нм	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4	
	5 КЯ	10 КЯ	5 КЯ	10 КЯ	5 КЯ	10 КЯ	5 КЯ	10 КЯ
400	28.7	30.9	36.6	37.6	39.2	40.8	46.2	47.2
450	22.7	26.3	33.8	35.4	35.5	37.3	39.3	42.7
500	20.2	24.2	32.4	34.7	33.4	35.5	37.6	43.0
550	19.2	22.9	31.1	33.2	31.6	34.3	35.7	40.3
580	19.0	22.5	30.5	32.8	31.0	32.6	34.6	38.5

Из таблиц 1 и 2 видно, что полуширины на половине интенсивности и полуширины, соответственно на $0,5-1,6^\circ$ и $1,0-5,4^\circ$ больше для гетероструктур с активной областью, содержащей 10 квантовых ям, чем содержащей 5 квантовых ям. Наибольшие значения полуширины соответствуют гетероструктуре дизайна 4, наименьшие – гетероструктуре дизайна 1. У гетероструктур дизайна 4 значения полуширины на половине интенсивности соответственно для 5 и 10 квантовых ям на $7,0-11,2^\circ$ и $6,9-10,6^\circ$ больше, чем у гетероструктур дизайна 1. Полуширина у гетероструктур дизайна 4 соответственно для 5 и 10 квантовых ям на $15,6-17,6^\circ$ и $16,3-18,8^\circ$ больше, чем у гетероструктур дизайна 1. Значения полуширины уменьшаются с увеличением длины волны излучения. Так, для длины волны равной 400 нм значения полуширины на половине интенсивности для гетероструктур с 5 и 10 квантовыми ямами соответственно на $3,2-7,4^\circ$ и $2,9-6,6^\circ$ больше, чем для длины волны равной 580 нм. Значения полуширины для длины волны равной 400 нм для гетероструктур с 5 и 10 квантовыми ямами соответственно на $6,1-11,6^\circ$ и $4,8-8,7^\circ$ больше, чем для длины волны равной 580 нм.

Далее по кривым излучения в дальней зоне были определены значения угла, при котором доля интенсивности изменяется от 95 до 99 %. Для расчетов выбраны гетероструктуры с минимальными и максимальными значениями полуширины (дизайны 1 и 4). Результаты расчетов представлены на рисунках 5–8.

СЕКЦИЯ 3

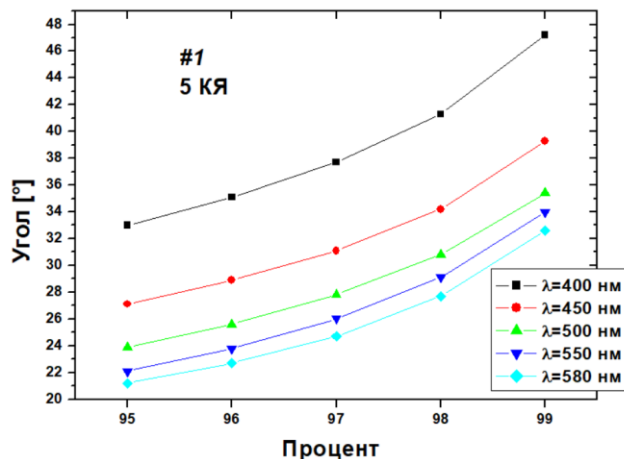


Рисунок 5 – Значения угла, при котором доля интенсивности изменяется от 95 до 99 % для гетероструктуры, содержащей 5 квантовых ям дизайна 1

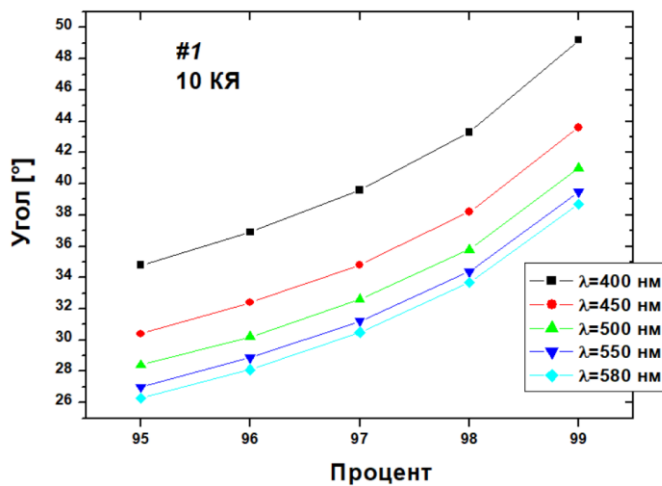


Рисунок 6 – Значения угла, при котором доля интенсивности изменяется от 95 до 99 % для гетероструктуры, содержащей 10 квантовых ям дизайна 1

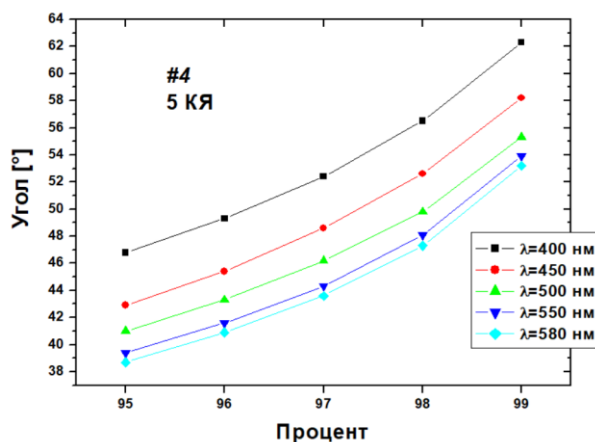


Рисунок 7 – Значения угла, при котором доля интенсивности изменяется от 95 до 99 % для гетероструктуры, содержащей 5 квантовых ям дизайна 4

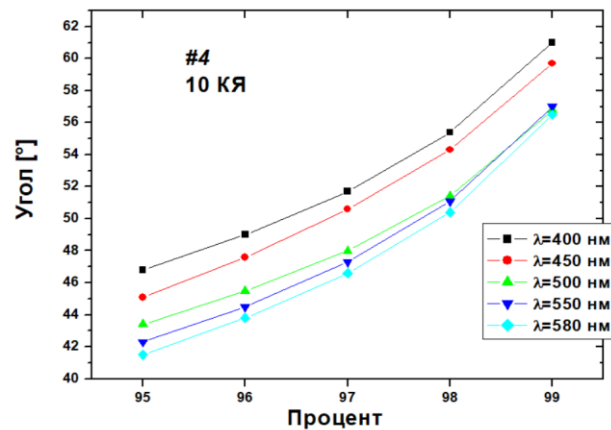


Рисунок 8 – Значения угла, при котором доля интенсивности изменяется от 95 до 99 % для гетероструктуры, содержащей 10 квантовых ям дизайна 4

Из рисунков 5–8 видно, что значения углов при возрастании доли интенсивности от 95 до 99 % для гетероструктур с 5 и 10 квантовыми ямами увеличиваются соответственно примерно в 1,3–1,5 и 1,3–1,4 раза. При возрастании длины волны от 400 до 580 нм значения углов уменьшаются примерно в 1,1–1,5 раза и 1,1–1,3 раза соответственно для гетероструктур с 5 и 10 квантовыми ямами. Наибольшие значения углов соответствуют гетероструктуре дизайна 4, а наименьшие – гетероструктуре дизайна 1.

Рассчитана полуширина лазерного излучения в дальней зоне различных дизайнов гетероструктур с активной областью, содержащей пять и десять квантовых ям InGaN.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lutsenko, E. V. Optically Pumped InGaN/GaN MQW Wet Etched Lift-Off Lasers Grown on Silicon / E. V. Lutsenko, A. V. Danilchuk, N. P. Tarasuk and etc // Superlattices and Microstructures. – 2007. – № 41. – P. 400–406.
2. Lutsenko, E. V. Laser threshold and optical gain of blue optically pumped InGaN/GaN multiple quantum wells (MQW) grown on Si / E. V. Lutsenko, A. V. Danilchuk, N. P. Tarasuk and etc // Phys. Stat. Sol. (c). – 2008. – Vol. 5, Iss. 6. – P. 2263–2266.
3. Bergmann, M. J. Optical-field calculations for lossy multiple-layer $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ laser diodes / M. J. Bergmann, and H. C. Casey, Jr. // J. Appl. Phys. – 1998. – Vol. 84, Iss. 3. – P. 1196–1203.
4. Калиткин, Н. Н. Численные методы / Н. Н. Калиткин. – Москва : Наука, 1978. – 512 с.
5. Casey, H. C. Heterostructure Lasers, Quantum Electronics Principles and Applications / H. C. Casey, M. B. Panish. – N. Y., 1978. – part A.
6. Optical constants of epitaxial AlGaIn films and their temperature dependence. / D. Brunner [et al.] // J. Appl. Phys. – 1997. – Vol. 82, № 10. – P. 5090–5096.
7. Weber, M. J. Handbook of Optical Materials. / M. J. Weber. – Boca Raton, Flo. : CRC Press – 2003. – P. 499.

АЛФАВИТНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

<i>Барковская Марина Михайловна</i> кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Брестского государственного технического университета	42, 83, 108
<i>Башун Наталья Зигмундовна</i> кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии, физиологии и гигиены питания Гродненского государственного университета им. Я. Купалы	119
<i>Боровкова Евгения Сергеевна</i> старший преподаватель кафедры физики Полоцкого государственного университета	6
<i>Борушко Вадим Васильевич</i> старший преподаватель кафедры физики Брестского государственного технического университета	115
<i>Бужан Андрей Вадимович</i> аспирант Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины	111
<i>Вабищевич Сергей Ананьевич</i> кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой физики Полоцкого государственного университета	9
<i>Вабищевич Наталья Вячеславовна</i> старший преподаватель кафедры физики Полоцкого государственного университета	9
<i>Вашина Виолетта Владимировна</i> студент 3 курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета им. Я. Купалы	119
<i>Вершиловская Ирина Вацлавовна</i> кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры физики Белорусского государственного технологического университета	122
<i>Ветрова Валентина Тихоновна</i> кандидат технических наук, доцент	94
<i>Ворсин Николай Николаевич</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики Брестского государственного технического университета	42, 84, 89, 91
<i>Величко Любовь Алексеевна</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики Брестского государственного технического университета	42
<i>Габрусёнок Светлана Владимировна</i> учитель физики и астрономии государственного учреждения образования «Лицей г. Новополоцка»	13
<i>Гладков Лев Львович</i> доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры физики и высшей математики Белорусской государственной академии связи	122
<i>Гладковский Виктор Иванович</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики Брестского государственного технического университета	42, 104, 115
<i>Гладыщук Анатолий Антонович</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики Брестского государственного технического университета	17, 42, 83

<i>Глебович Валентина Ивановна</i> аспирант Гродненского государственного университета им. Я. Купалы	20
<i>Демидчик Александр Владимирович</i> кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой общей и теоретической физики Брестского государственного университета им. А. С. Пушкина	118
<i>Долгий Валерий Казимирович</i> кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой физики Белорусского государственного аграрного технического университета	94
<i>Жарнова Ольга Александровна</i> кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теоретической физики и теплотехники Гродненского государственного университета им. Я. Купалы	119
<i>Жолнеревич Иван Иосифович</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры общей физики Белорусского государственного университета	73
<i>Завадская Виктория Михайловна</i> старший преподаватель кафедры медицинской и биологической физики Гродненского государственного медицинского университета	24
<i>Иващенко Инга Анатольевна</i> кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой физики и инженерных дисциплин Военной академии Республики Беларусь	28, 97
<i>Кандилян Генрик Сергеяевич</i> старший преподаватель кафедры физики Брестского государственного технического университета	42
<i>Капуцкая Ирина Александровна</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры общей физики Белорусского государственного университета	74
<i>Капшай Валерий Николаевич</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры теоретической физики Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины	111
<i>Кембровская Наталия Геннадьевна</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры общей физики Белорусского государственного университета	32
<i>Клеицкий Дмитрий Викентьевич</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики Белорусского государственного технологического университета	122
<i>Козич Александр Касьянович</i> учитель физики государственного учреждения образования «Тобульская средняя школа» Пинского района	36
<i>Костенко Людмила Валентиновна</i> учитель физики государственного учреждения образования «Средняя школа № 3 г. Калинковичи»	39
<i>Крук Николай Николаевич</i> доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой физики Белорусского государственного технологического университета	122

<i>Кушнер Татьяна Леонидовна</i> кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой физики Брестского государственного технического университета	17, 42, 84
<i>Лакизо Ирина Андреевна</i> учитель физики государственного учреждения образования «Средняя школа № 66 г. Гомеля»	46
<i>Лоташинская Виктория Александровна</i> магистрант Гродненского государственного университета им. Я. Купалы	119
<i>Маркевич Константин Михайлович</i> старший преподаватель кафедры физики Брестского государственного техни- ческого университета	89, 91
<i>Медведь Ирина Николаевна</i> кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры общей физики Белорусского государственного университета	32
<i>Мижиевский Болеслав Фадеевич</i> учитель физики государственного учреждения образования «Учебно-педагогический комплекс Молчадская детский сад-средняя школа Барановичского района»	50
<i>Мусницкая Анна Станиславовна</i> учитель физики государственного учреждения образования «Средняя школа № 18 им. Евфросинии Полоцкой г. Полоцка»	53
<i>Окунев Дмитрий Олегович</i> старший преподаватель кафедры физики Полоцкого государственного уни- верситета	6
<i>Онищенко Алла Александровна</i> старший преподаватель кафедры общей физики Белорусского государственного университета	102
<i>Пастушонок София Николаевна</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики и инженерных дисциплин Военной академии Республики Беларусь	28, 97
<i>Пинчук Александр Иванович</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики Брестского государственного технического университета	42, 104
<i>Плетюхов Владимир Анестиевич</i> доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры общей и теоретической физики Брестского государственного универ- ситета им. А. С. Пушкина	56, 58
<i>Пуляшко Роман Андреевич</i> студент 2 курса строительного факультета Брестского государственного технического университета	108
<i>Равуцкая Жанна Ивановна</i> кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физики и математики Мозырского государственного педагогического университета им. И. П. Шамякина	59
<i>Роговский Сергей Иванович</i> студент 2 курса факультета компьютерных наук и электроники Полоцкого государственного университета	9

<i>Родин Сергей Васильевич</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники	63
<i>Савилова Юлия Ивановна</i> кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники	63
<i>Савчук Оксана Фёдоровна</i> старший преподаватель кафедры физики Брестского государственного технического университета	108
<i>Свентецкая Галина Дмитриевна</i> учитель физики государственного учреждения образования «Козенская средняя школа Мозырского района»	66
<i>Серый Алексей Игоревич</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры общей и теоретической физики Брестского государственного университета им. А. С. Пушкина	58, 69
<i>Соловей Валентина Николаевна</i> учитель физики государственного учреждения образования «Средняя школа № 16 г. Полоцка»	71
<i>Танана Ольга Валерьевна</i> старший преподаватель кафедры физики Полоцкого государственного университета	9
<i>Тарасюк Николай Петрович</i> старший преподаватель кафедры физики Брестского государственного технического университета	125
<i>Филипп Андрей Романович</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры общей физики Белорусского государственного университета	73
<i>Филиппенко Ольга Сергеевна</i> старший преподаватель кафедры общей физики Белорусского государственного университета	102
<i>Харазян Оксана Гагиковна</i> кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры теоретической физики и теплотехники Гродненского государственного университета им. Я. Купалы	20, 24
<i>Черкас Надежда Леонидовна</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики и инженерных дисциплин Военной академии Республики Беларусь	28, 97
<i>Чернявский Валерий Антонович</i> кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики и высшей математики Белорусской государственной академии связи	94

<i>Чертко Наталья Викторовна</i> старший преподаватель кафедры общей физики Белорусского государственного университета	74
<i>Чугунов Сергей Владимирович</i> старший преподаватель кафедры физики Брестского государственного технического университета	42, 78
<i>Чугунова Элеонора Валерьевна</i> учитель физики государственного учреждения образования «Гимназия № 4 г. Бреста»	78
<i>Чугунов Андрей Сергеевич</i> студент 4 курса факультета инженерных систем и экологии Брестского государственного технического университета	78

Научное издание

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
Республиканской научно-методической
конференции
«Физика в учреждениях общего среднего
и высшего образования:
традиции и инновации»

14–15 октября 2021 года
г. Брест, Республика Беларусь

Ответственный за выпуск: Кушнер Т. Л.
Редактор: Митлошук М. А.
Компьютерная вёрстка: Рогожина Ю. А.
Корректор: Дударук С. А.

ISBN 978-985-493-538-6



Издательство БрГТУ.
Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных
изданий № 1/235 от 24.03.2014 г., № 3/1569
от 16.10.2017 г. Подписано в печать 15.12.2021 г.
Гарнитура «Times New Roman». Формат 60×84^{1/16}.
Бумага «Performer». Уч. изд. л. 8,50. Усл. печ. л. 7,91.
Заказ № 1422. Тираж 40 экз. Отпечатано на ризографе
Учреждения образования «Брестский
государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.