

ISSN 2712-8326



НАУКА ONLINE
SCIENCE ONLINE

Электронный научный журнал
№ 2 (19) | 2022

<http://nauka-online.ru/>

НАУКА ONLINE, № 2 (19), 2022.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС 77 – 75253 от 01.04.2019 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN 2712-8326

Выходит 4 раза в год.

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Главный редактор: К. К. Алтунин.

Адрес редакции: Россия, 432071, г. Ульяновск, площадь Ленина, д. 4/5.

Официальный сайт: <http://nauka-online.ru/>

E-mail: nauka_online@ulspu.ru

Science online, issue 2 (19), 2022.

The certificate of registration of the mass media EL No. FS 77 – 75253 dated 01.04.2019 was issued by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskommnadzor).

ISSN 2712-8326

Published 4 times a year.

Founder: Ulyanovsk State Pedagogical University.

Editor-in-chief: K. K. Altunin.

Editorial office address: Russia, 432071, Ulyanovsk, Lenin Square, 4/5.

Official site: <http://nauka-online.ru/>

E-mail: nauka_online@ulspu.ru

Редакционная коллегия

Главный редактор — Алтунин Константин Константинович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Артемьева Елена Александровна, доктор биологических наук, профессор кафедры географии и экологии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Демин Максим Викторович, кандидат физико-математических наук, директор департамента по научной работе Балтийского федерального университета имени И. Канта, г. Калининград.

Идрисов Ринат Галимович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического моделирования Стерлитамакского филиала ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет».

Капитанчук Василий Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры информатики Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева.

Медетов Нурлан Амирович, доктор физико-математических наук, декан факультета информационных технологий Костанайского государственного университета имени А. Байтурсынова, г. Костанай, республика Казахстан.

Пестова Наталия Юрьевна, кандидат химических наук, доцент кафедры биологии и химии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Пырова Светлана Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии и химии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Федоров Владимир Николаевич, кандидат географических наук, профессор, доцент кафедры географии и экологии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Фёдорова Екатерина Александровна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Цыганов Андрей Владимирович, кандидат физико-математических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией математического моделирования, доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Червон Сергей Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Шишкарев Виктор Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Шубович Валерий Геннадьевич, доктор педагогических наук, кандидат технических наук, заведующий кафедрой информатики, профессор кафедры информатики ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Editorial team

Editor-in-Chief — Konstantin Konstantinovich Altunin, PhD, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Technical Disciplines of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Elena Aleksandrovna Artemyeva, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Geography and Ecology of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Maksim Viktorovich Demin, PhD, Candidate of Sciences in Physics and Mathematics, Director of the Research Department, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

Rinat Galimovich Idrisov, PhD, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Modeling of the Sterlitamak branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Bashkir State University”.

Vasily Vyacheslavovich Kapitanchuk, PhD, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics of the Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after the Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev.

Nurlan Amirovich Medetov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Dean of the Faculty of Information Technologies, Kostanay State University named after A. Baitursynov, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Nataliya Yurievna Pestova, PhD, Candidate of Chemistry Science, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry of the Ulyanovsk State Pedagogical University.

Svetlana Aleksandrovna Pyrova, PhD, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Vladimir Nikolaevich Fedorov, PhD, Candidate of Geographical Sciences, Professor, Associate Professor of the Department of Geography and Ecology of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Ekaterina Aleksandrovna Fedorova, PhD, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Andrey Vladimirovich Tsyganov, PhD, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Research Laboratory of Mathematical Modeling, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Sergey Viktorovich Chervon, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor of the Department of Physics and Technical Disciplines of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Viktor Vyacheslavovich Shishkarev, PhD, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physics and Technical Disciplines of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Valeriy Gennadievich Shubovich, Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Informatics, Professor of the Department of Informatics of Ulyanovsk State Pedagogical University.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Педагогические науки	1
Теория образования и преподавания физики	1
1 Результаты педагогического эксперимента по апробации методики проведения избранных занятий темы по электрическим явлениям в курсе физики основной школы <i>Т. Б. Аннамуродова</i>	
18 Разработка материалов занятия по оптике нанокompозитных материалов в курсе по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий <i>К. К. Алтунин, Е. О. Сорокина</i>	
31 Результаты педагогического эксперимента по апробации методики преподавания физики в техническом колледже <i>А. А. Лебедев</i>	
Физико-математические науки	46
Современные информационные технологии в физике	46
46 Разработка дистанционного курса по дисциплине по выбору по новейшим открытиям гравитационной физики <i>Е. Е. Волкова</i>	
60 Разработка дистанционного курса по нанофизике в системе управления обучением MOODLE <i>К. К. Алтунин, А. А. Лебедев</i>	
75 Разработка информационной системы поддержки изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике <i>К. К. Алтунин, Е. А. Шленкина</i>	
89 Разработка дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE <i>О. Н. Захарова</i>	
Авторский указатель	116

CONTENTS

Pedagogical sciences	1
Theory of education and teaching physics	1
1 The results of a pedagogical experiment on approbation of the methodology for conducting selected lessons on electrical phenomena in the physics course of the basic school <i>T. B. Annamuradova</i>	
18 Development of materials for classes on the optics of nanocomposite materials in the course on the optics of thin-layer and nanostructured coatings <i>K. K. Altunin, E. O. Sorokina</i>	
31 The results of a pedagogical experiment on approbation of the methods of teaching physics in a technical college <i>A. A. Lebedev</i>	
Physics and mathematics	46
Modern information technologies in physics	46
46 Development of a distance course in the discipline of choice on the latest discoveries of gravitational physics <i>E. E. Volkova</i>	
60 Development of a distance course on nanophysics in the learning management system MOODLE <i>K. K. Altunin, A. A. Lebedev</i>	
75 Development of an information support system for studying a topic on the optics of metamaterials as part of a course on nanooptics <i>K. K. Altunin, E. A. Shlenkina</i>	
89 Development of a distance course on optoelectronics in the learning management system MOODLE <i>O. N. Zakharova</i>	
Author's index	116

Секция 1

Педагогические науки

УДК 373.545
ББК 74.262.23
ГРНТИ 14.25.09
ВАК 13.00.02

Результаты педагогического эксперимента по апробации методики проведения избранных занятий темы по электрическим явлениям в курсе физики основной школы

Т. Б. Аннамурадова ¹

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 16 мая 2022 года
После переработки 20 мая 2022 года
Опубликована 7 июня 2022 года

Аннотация. Рассматриваются наиболее современные методы преподавания темы, посвящённой изучению электрических явлений, основанные на сочетании групповой и индивидуальной форм работы в курсе физики основной школы. Представлены основные результаты педагогического эксперимента по апробации методики преподавания темы, посвящённой изучению электрических явлений в курсе физики основной школы.

Ключевые слова: преподавание физики, курс физики, педагогический эксперимент, школа, методика преподавания физики

PACS: 01.40.-d

¹E-mail: tezagul12.25@icloud.com

Введение

Рассматриваются наиболее современные методы преподавания темы, посвящённой изучению электрических явлений, основанные на сочетании групповой и индивидуальной форм работы в курсе физики основной школы.

Целью исследования является апробация материалов для изучения темы по «Электрические явления» в курсе физики основной школы.

Задачей исследования является проведение анализа результатов педагогического эксперимента по апробации методики преподавания темы «Электрические явления» в курсе физики основной школы.

Объектом исследования является образовательный процесс по физике в курсе основной школы. Предметом исследования являются методические материалы обучения по теме «Электрические явления» в курсе физики основной школы.

Гипотеза исследования состоит в том, что если развить учебную деятельность обучающихся с применением современных методов изучения теоретического материала по физике, то это позволит успешно активизировать познавательную, творческую, поисковую деятельность учащихся и повысить качество обучения по теме «Электрические явления» в курсе физики основной школы.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что созданные методические материалы по теме, связанной с электрическими явлениями, которая изучается в курсе физики основной школы, могут быть использованы в создании новой методологии обучения электрическим явлениям в курсе физики основной школы, пополнении научной базы актуальными методическими материалами по преподаванию электрических явлений, выявлении особенностей изучения электрических явлений, систематизации и анализе научно-методических данных по теории и методике преподавания электрических явлений в курсе физики основной школы.

Практическая значимость исследования заключается в выявлении характерных особенностей преподавания темы по электрическим явлениям в курсе физики основной школы для создания и совершенствования методических материалов по теме, связанной с электрическими явлениями, которые могут быть использованы в качестве основных материалов на уроках физики в системе подготовки по физике в восьмом классе общеобразовательной школы.

Обзор работ по электрическим явлениям

Топологические фазы демонстрируют множество поразительных явлений, включая устойчивую к беспорядку локализацию и распространение волн различной природы. В то время как эта физика активно исследуется в бозонных и фермионных случаях, топологические фазы анионов – частиц с дробной квантовой статистикой – практически не изучены. В статье [1] раскрывается топологический переход, опосредованный квантовой статистикой частиц, который возникает для двухэнионных и трёхэнионных возбуждений в одномерном массиве, описываемом расширенной моделью Хаббарда. В статье [1] показано, что взаимодействие двухчастичных взаимодействий и процессов туннелирования делает возможным топологические краевые состояния любых пар, существование и локализация которых на том или ином краю одномерной системы определяется квантовой статистикой частиц. Поскольку прямая реализация предложенной системы является сложной задачей, разрабатывается строгий метод для имитации собственных мод и собственных энергий любых пар с резонансными электрическими цепями.

Спонтанная генерация электрической активности лежит в основе ряда важных физиологических процессов и наблюдается даже в тканях, где не идентифицированы специализированные клетки-пейсмекеры. В качестве возможного механизма, лежащего в

основе таких явлений, было предложено возникновение периодических колебаний в диффузно-связанных ансамблях возбудимых и электрически пассивных клеток (которые по отдельности не способны поддерживать автономную деятельность). В статье [2] исследуется динамика таких ансамблей, рассматривая простые мотивы связанных электрически активных и пассивных клеток. Результирующее поведение охватывает широкий спектр динамических явлений, включая хаос. Однако встраивание таких сборок в решётку даёт пространственно-временные паттерны, которые соответствуют либо состоянию покоя, либо частичным или глобально синхронизированным колебаниям. Результирующее снижение динамической сложности предполагает возникающую простоту в коллективной динамике таких больших, пространственно протяжённых систем. Кроме того, показано, что такие паттерны могут быть воспроизведены с помощью упрощённой модели, включающей только возбуждающие и колебательные элементы. Результаты предполагают обобщение механизма возникновения периодической активности в гетерогенной системе, состоящей из неколебательных элементов, путём их диффузионного связывания, при условии, что их стационарные состояния по отдельности достаточно различны.

Нелинейные и гистерезисные электрические устройства необходимы для приложений от защиты электрических цепи до вычислений следующего поколения. Широко изученные устройства для резистивного переключения основаны на переносе массы, таком как дрейф ионов в электрическом поле, и на коллективных явлениях, таких как переходы изолятор-металл. В статье [3] задаются вопросом, можно ли стимулировать большую фотопроводимость, известную во многих полупроводниках, в темноте и использовать её для разработки электрических устройств. В статье [3] разрабатываются и тестируются устройства на основе фотопроводящего CdS, и результаты согласуются с гипотезой о том, что резистивное переключение возникает из-за точечных дефектов, которые переключаются между конфигурациями глубоких и мелких доноров: переключение на уровне дефектов. Этот принцип проектирования электронных устройств, фотопроводимость без фотонов, основан на десятилетиях исследований фотопроводимости и спектроскопии дефектов. Он легко обобщается и позволит рационально проектировать нелинейные гистерезисные устройства для электроники будущего.

Недавно было показано, что неэрмитовость из-за невязимных перескоков демонстрирует неэрмитов скин-эффект при открытых граничных условиях. В статье [4] изучается взаимодействие этого эффекта и локализации Андерсона в невязимной квазипериодической решетке, получившей название невязимной модели Обри-Андре, и точно доказывается перемасштабированная точка перехода. Невязимность может вызывать не только неэрмитовы скин-эффекты, но и асимметрию в локализованных состояниях, характеризующуюся двумя показателями Ляпунова. Между тем, этот переход также является топологическим в смысле числа витков, связанного с комплексными собственными энергиями при периодических граничных условиях, устанавливая соответствие объём-объём. Это взаимодействие может быть реализовано непосредственно с помощью электрической цепи только с линейными пассивными RLC -компонентами вместо невязимных квазипериодических решёток, показывая, что передача непрерывной волны претерпевает переход между изоляцией и усилением. Эта парадигматическая схема может быть немедленно использована в экспериментах даже для более невязимных моделей и определенно вдохновит на изучение взаимодействия неэрмитовых скин-эффектов и локализаций Андерсона, а также других квантовых топологических явлений в различных системах.

Хотя переходы Джозефсона можно рассматривать как сильно нелинейные импедансы для сверхпроводящих квантовых технологий, они также обладают внутренней динамикой, которая может сильно влиять на их поведение. В статье [5] построена

вычислительная основа, которая включает микроскопическое описание перехода (полное рассмотрение как сверхпроводящего конденсата, так и квазичастиц) в присутствии окружающей электрической цепи. Подход обобщает стандартную модель резистивно-конденсатора Джозефсона на произвольные соединения (включая, например, многополюсники и соединения, включающие топологические или магнитные элементы) и произвольные электрические цепи, рассматриваемые на классическом уровне. Рассматривая сверхпроводящий конденсат и квазичастицы на равных основаниях, фиксируются неравновесные явления, такие как многократное андреевское отражение. Показано, что взаимодействие между динамикой квазичастиц и электрическим окружением приводит к возникновению новых явлений. В RC -цепи, подключенной к одноканальному джозефсоновскому переходу, обнаруживаются неравновесные фазо-токовые соотношения, сильно искаженные по отношению к (почти синусоидальному) равновесному, что свидетельствует о наличии высокогармонического переменного эффекта Джозефсона. В RLC -цепи, подключенной к переходу, обнаружено, что форма резонанса сильно изменяется динамикой квазичастиц: вблизи резонанса ток может быть меньше, чем без резонатора. Подход обеспечивает путь для количественного моделирования схем на основе сверхпроводников.

Появление потоков нематических жидких кристаллов вновь привлекло внимание в связи с явлениями микрожидкостного переноса. Среди различных транспортных процессов электроосмос является одним из эффективных механизмов запуска потока через узкие полости. В статье [6] исследовано электрически активируемое течение упорядоченной нематической жидкости с ионными включениями, принимая во внимание влияние поверхностно-индуцированной упругости и явления двойного электрического слоя. Для этого разрабатываются управляющие уравнения связанного потока на основе фундаментального анализа свободной энергии, учитывая вклады первого и второго порядка упругой, диэлектрической, флексоэлектрической, заряженной поверхностной поляризации, ионной и энтропийной энергий. В статье [6] представлены результаты исследования, которое фокусируется на влиянии поверхностного заряда и эффектов эластичности на возникающий в результате линейный электроосмос через микроканал целевого типа, поверхности которого химически обработаны для проявления состояния слабого закрепления гомеотропного типа. Наблюдалась оптическая периодическая полосковая конфигурация директора нематика, особенно для более высоких электрических полей, где число Эриксона для динамического исследования ограничено порядком единицы. В отличие от изотропных электролитов потенциал двойного электрического слоя в этом случае оказался зависимым от напряженности внешнего поля. Путём систематического исследования мы выявили тот факт, что длина волны колебательных узоров определяется в основном внешним полем, тогда как амплитуда зависит от большинства физических переменных, начиная от силы сцепления и флексоэлектрических коэффициентов и заканчивая плотностью поверхностного заряда и толщины двойного электрического слоя.

В статье [7] предсказано, что эффекты электронной корреляции многих тел в одномерных системах, таких как углеродные нанотрубки, сильно изменяют природу фотовозбужденных состояний. В статье [7] непосредственно исследуется этот эффект, используя широкополосное упругое рассеяние света от отдельных подвешенных углеродных нанотрубок в условиях электростатического стробирования. Наблюдаются значительные сдвиги в энергиях оптических переходов, а также уширение линий по мере увеличения плотности носителей. Результаты демонстрируют роль экранирования многочастичных электронных взаимодействий на разных масштабах длины, свойственную квазиодномерным системам. Результаты также демонстрируют возможность электрической настройки оптических переходов и обеспечивают основу для понимания различных оп-

тических явлений в углеродных нанотрубках и других квазиодномерных системах в присутствии легирования носителей заряда.

В статье [8] показано, что нетривиальные взаимодействия между стерическим эффектом и явлениями перекрытия двойного электрического слоя могут в значительной степени увеличить эффективную степень перекрытия двойного электрического слоя в узких жидкостных ограничениях благодаря передаче потенциала центральной линии канала, стремящегося к ζ -потенциалу в предельном смысле, поскольку стерический эффект прогрессивно усиливается. Такое поведение может привести к практически однородной (незаниженной) величине потенциала двойного электрического слоя по всей высоте канала и может вызвать снижение общего заряда внутри двойного электрического слоя.

Сильная связь между внешним напряжением, электрохимическими потенциалами, концентрацией электронных и ионных частиц и деформациями является повсеместной особенностью твердотельных смешанных ионно-электронных проводников, материалов выбора в устройствах, начиная от электрорезистивных и мемристивных элементов и заканчивая ионными батареями и топливными элементами. В статье [9] подробно анализируются механизмы электромеханической связи и выводятся обобщённые уравнения смещения, концентрации, деформации для смешанных ионно-электронных проводников, включая вклад химического расширения, вызванного концентрацией, деформационного потенциала и флексоэлектрического эффекта. Этот анализ распространяется на деформации, вызванные смещением, в однородной геометрии и геометрии, подобной сканирующей зондовой микроскопии. Примечательно, что ранее не рассматривался вклад электрон-фононной и флексоэлектрической связи в локальное смещение поверхности смешанного ионно-электронного проводника, вызванное иглой сканирующего зондового микроскопа электрического поля. Развитый термодинамический подход позволяет развить теоретическое описание механических явлений, индуцированных электрическими полями (электромеханический отклик) в ионике твёрдого тела, в сторону аналитической теории и моделирования фазового поля смешанных ионно-электронных проводников различной геометрии и при различных электрических, химических, и механических граничных условиях.

В статье [10] рассматриваются ионные токи из раствора электролита в твёрдое тело с селективным зарядом, такое как электрод, ионообменная мембрана или массив наноканалов в микрожидкостной системе. Все системы такого рода имеют характерные вольт-амперные характеристики с участками, в которых ток почти достигает насыщения при некоторых значениях плато из-за концентрационной поляризации – образования градиентов концентрации растворенного вещества при прохождении постоянного тока. Ряд, казалось бы, различных явлений, происходящих в этом диапазоне, таких как аномальная ректификация при катодном осаждении меди из раствора сульфата меди, сверхбыстрые вихри вблизи ионообменной гранулы, сверхпределная проводимость при электродиализе и наблюдаемая в последнее время неравновесная электроосмотическая неустойчивость, являются результатом образования дополнительного протяжённого слоя пространственного заряда рядом с классическим двойным электрическим слоем на границе раздела твёрдого тела и жидкости или, скорее, от особенностей протяжённого пространственного заряда, отличающих его от обычного диффузного двойного электрического слоя. В статье [10] обсуждается природа и происхождение протяжённого пространственного заряда, анализируется его специфические стационарные и зависящие от времени свойства, важные для понимания неравновесных электрокинетических явлений в ионных системах.

Результаты проведения первой части педагогического эксперимента по апробации методики преподавания темы по электрическим явлениям в курсе физики основной школы

Тема «Электрические явления» изучается по физике в восьмом классе общеобразовательной школы на базовом уровне. Первый уровень изучения темы «Электрические явления» включает изучение электростатического взаимодействия, электрического заряда, двух типов электрических зарядов, электроскопа, дискретности электрического заряда, строения атома, электрона и протона, элементарного электрического заряда, электризации тел, закона сохранения электрического заряда, электрического поля, напряжённости электрического поля, линий напряжённости электрического поля, проводников, диэлектриков и полупроводников, учёта и использования электростатических явлений в быту, технике, их проявление в природе. Второй уровень изучения темы «Электрические явления» включает дополнительно к материалам первого уровня изучения закона Кулона и электростатической индукции. На первом уровне изучения темы «Электрические явления» могут быть использованы лабораторные опыты по наблюдению электризации тел и взаимодействия наэлектризованных тел, изготовлению простейшего электроскопа.

В рабочих программах первого типа тема «Электрические явления» изучается по физике в восьмом классе общеобразовательной школы на базовом уровне в объёме 6 часов. Распределение тем уроков в рамках темы «Электрические явления» в объёме 6 часов строится следующим образом. На первом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Электростатическое взаимодействие. Электрический заряд. Два рода электрических зарядов. Электроскоп». На втором уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Дискретность электрического заряда. Строение атома. Электрон и протон. Элементарный электрический заряд». На третьем уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Электризация тел. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона». На четвёртом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Электрическое поле. Напряжённость электрического поля. Линии напряжённости электрического поля». На пятом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Электризация через влияние. Проводники, диэлектрики и полупроводники. Учёт и использование электростатических явлений в быту, технике, их проявление в природе. Электростатическая индукция». На шестом уроке по теме «Электрические явления» проводится контрольное тестирование по теме «Электрические явления».

В рабочих программах второго типа тема «Электрические явления» изучается по физике в восьмом классе общеобразовательной школы на базовом уровне в объёме от 22 часов до 28 часов. В рабочих программах второго типа тема «Электрические явления» включает в себя не только изучение электризации тел и электростатики, но и изучение постоянного электрического тока. По итогам изучения темы «Электрические явления» проводится одна контрольная работа, включающая задачи по электростатике и постоянному электрическому току. Рассмотрим распределение тем уроков для рабочей программы для темы «Электрические явления» в объёме 26 часов. На первом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Электризация тел». На втором уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Электрический заряд». На третьем уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Два вида электрических зарядов». На четвёртом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Взаимодействие зарядов». На пятом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Закон сохранения электрического заряда». На шестом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Электрическое поле». На седьмом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Действие электрического поля на элек-

трические заряды». На восьмом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Проводники, диэлектрики и полупроводники». На девятом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Постоянный электрический ток». На десятом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Источники постоянного тока». На одиннадцатом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Действия электрического тока». На двенадцатом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Сила тока». На тринадцатом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Напряжение». На четырнадцатом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Электрическое сопротивление». На пятнадцатом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Электрическая цепь». На шестнадцатом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Закон Ома для участка электрической цепи». На семнадцатом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Последовательное и параллельное соединения проводников». На восемнадцатом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Работа и мощность электрического тока». На девятнадцатом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Закон Джоуля–Ленца». На двадцатом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Носители электрических зарядов в металлах, полупроводниках, электролитах и газах». На двадцать первом уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Полупроводниковые приборы». На двадцать втором уроке по теме «Электрические явления» изучается тема «Опыт Эрстеда». На двадцать третьем уроке по теме «Электрические явления» проводится кратковременная самостоятельная работа по теме «Электрические явления». На двадцать четвертом уроке по теме «Электрические явления» выполняется лабораторная работа № 5 «Сборка электрической цепи и измерение силы тока на её различных участках». На двадцать пятом уроке по теме «Электрические явления» выполняется лабораторная работа № 6 «Измерение напряжения на различных участках электрической цепи». На двадцать шестом уроке по теме «Электрические явления» проводится контрольная работа по теме «Электрические явления». В процессе углубленного изучения темы по электрическим явлениям широко используются знаковые и символические способы преобразования учебного материала по электрическим явлениям такие, как классические конспекты, опорные конспекты, опорные сигналы, структурные логические схемы, систематизирующие таблицы, логические конспекты, стенограммы.

В ходе изучения физики в восьмом классе основной школы в рамках темы по электрическим явлениям учащиеся учатся выделять в тексте учебника, хрестоматии по физике основные структурные элементы системных научных знаний по электрическим явлениям такие, как научные факты об электризации тел, положительных и отрицательных зарядах тел и частиц, понятия об электрическом заряде и напряжённости электрического поля, закон Кулона для электрического взаимодействия двух покоящихся точечных зарядов, теорию электрического взаимодействия заряженных тел. При решении задач учащиеся учатся работать с графиками и таблицами данных по электрическим явлениям. При подготовке к занятиям и участию в обсуждении заданий на занятиях учащиеся учатся пользоваться планами обобщённого характера по электрическим явлениям.

Опишем методические элементы для планирования урока по выполнению лабораторной работы по теме «Сборка электрической цепи и измерение силы тока в её различных участках». Целью урока является научить учащихся собирать электрическую цепь, пользоваться амперметром, измерять силу тока; закрепить у учащихся навыки решения задач: расчётных, качественных и экспериментальных задач; формировать навыки коллективной работы в сочетании с самостоятельной работой учащихся; научить учащихся применять знания в новой ситуации, развить умение объяснять окружающие явления.

Критерии оценивания отражают, что учащийся умеет самостоятельно правильно определять цель лабораторной работы; самостоятельно грамотно использует физические приборы; выполняет измерения и вычисления физических величин; грамотно оформляет ход выполнения лабораторной работы; анализирует полученный результат; самостоятельно делает выводы. Воспитание ценностей заключается в формировании навыков совместной творческой работы и бережного отношения к своему здоровью. В качестве приборов и материалов используются источник питания, низковольтная лампа на подставке, ключ, амперметр, соединительные провода. Работа учащихся на уроке состоит из четырёх этапов: подготовительный этап, проведение эксперимента по лабораторной работе, рефлексия деятельности, домашнее задание. В ходе подготовительного этапа в начале урока проводится инструктаж по технике безопасности. Затем обучающимся выдаются заранее приготовленные бланки. На экране интерактивной доски презентация к лабораторной работе, где написана тема урока и оборудование. Цель урока ученики пишут самостоятельно, после чего она обсуждается. В ходе основного этапа урока учащиеся должны самостоятельно собрать электрическую цепь, как показано на первой схеме. Пишут показания амперметра. Затем включают амперметр так, как показано на схеме в описании лабораторной работы, потом, как показано на первой схеме в методическом описании лабораторной работы. Сравните все полученные показания амперметра. Нарисуйте в тетради электрические схемы соединения приборов. Сделайте вывод. На этапе рефлексии деятельности на уроке учащиеся отвечают письменно на все контрольные вопросы по лабораторной работе. В качестве домашнего задания было задано повторение способов измерения тока и напряжения в электрической цепи.

Педагогический эксперимент проходил в МБОУ «Гимназия №34» в городе Ульяновске. Во время педагогического эксперимента проводились занятия по физике в 8 А и 8 Б классах. Во время педагогического эксперимента, проходившего в МБОУ «Гимназия №34», проводили лабораторную работу по теме: «Сборка электрической цепи и измерение силы тока на её различных участках». Лабораторная работа состояла из трёх этапов. На первом этапе ученики изучали теорию, выяснили, обсуждали и написали краткий конспект теории. На втором этапе ученики выполняли лабораторную работу с помощью приборов по описанию в лабораторной работе под присмотром учителя. Записали результаты измерений и выполнения лабораторной работы в тетрадь. На третьем этапе ученики сформулировали и написали вывод. Ученики 8 А класса дома не подготовили теорию. Когда начали обсуждать теорию, они быстро разобрались и начали проводить лабораторную работу. Однако ещё не все знают, как подключить амперметр и вольтметр для измерения в электрическую цепь. Ученики 8 Б класса дома подготовились, написали краткий конспект теории по лабораторной работе, начертили электрическую схему, затем начали проводить эксперимент. Некоторые ученики подключили неправильно амперметр, поэтому лампочка не горела в электрической цепи. Ещё есть ученики, которые не знают, что такое вольтметр, как его использовать для проведения измерений. Все старались. Сравнение 8 А и 8 Б классов показывает, что успеваемость 8 Б класса больше, чем 8 А. Хотя оба класса готовились в одинаковых условиях к лабораторной работе. После выполнения лабораторных работ собирали тетради, проверяли и сравнивали результаты учениках 8 А и 8 Б классов.

Ученики 8 А класса дома не подготовили теорию, необходимую для выполнения лабораторной работы. Когда начали обсуждать теорию, они быстро разобрали и начали проводить лабораторную. И ещё не все знают, как подключить амперметр и вольтметр для проведения измерений в электрической цепи. Ученики 8 Б класса дома подготовились, написали краткий конспект работы, начертили электрическую схему. Начали проводить эксперимент. Некоторые ученики подключили неправильно амперметр, поэтому не горит лампочка. Есть ученики, которые не знают, что такое вольтметр, как

использовать вольтметр для измерения напряжения в электрической цепи. Все ученики старались.

В ходе педагогического эксперимента в МБОУ «Гимназия № 34» 8 А класс состоял из 31 ученика. На занятии по выполнению первой лабораторной работы по теме «Электрические явления» ученики получили следующие отметки: 6 человек получили отметку «отлично», 10 человек получили отметку «хорошо», 9 человек получили отметку «удовлетворительно», 3 человека получили отметку «неудовлетворительно», 3 человека отсутствовали на занятии и не были аттестованы по занятию, что требует отработки занятия. Абсолютная успеваемость учеников 8 А класса на занятии по выполнению первой лабораторной работы по теме «Электрические явления» составила 80.6 %. Качество знаний или качественная успеваемость учеников 8 А класса на занятии по выполнению первой лабораторной работы по теме «Электрические явления» составила 51.6 %. Степень обученности учащихся учеников 8 А класса на занятии по выполнению первой лабораторной работы по теме «Электрические явления» составила 52.7 %. Средний балл отметок на занятии по выполнению первой лабораторной работы по теме «Электрические явления» составил 3.32 балла по пятибалльной шкале отметок.

В ходе педагогического эксперимента в МБОУ «Гимназия № 34» 8 Б класс состоял из 33 учеников. На занятии по выполнению первой лабораторной работы по теме «Электрические явления» ученики получили следующие отметки: 5 человек получили отметку «отлично», 11 человек получили отметку «хорошо», 8 человек получили отметку «удовлетворительно», 2 человека получили отметку «неудовлетворительно», 7 человек отсутствовали на занятии и не были аттестованы по занятию, что требует отработки занятия. Абсолютная успеваемость учеников 8 Б класса на занятии по выполнению первой лабораторной работы по теме «Электрические явления» составила 72.7 %. Качество знаний или качественная успеваемость учеников 8 Б класса на занятии по выполнению первой лабораторной работы по теме «Электрические явления» составила 48.5 %. Степень обученности учащихся учеников 8 Б класса на занятии по выполнению первой лабораторной работы по теме «Электрические явления» составила 47.7 %. Средний балл отметок на занятии по выполнению первой лабораторной работы по теме «Электрические явления» составил 2.94 балла по пятибалльной шкале отметок. Для занятия 1 по теме «Электрические явления» в 8 А классе первый или высший уровень требований составляет 50.5 %, второй или средний уровень требований составляет 28.6 %, третий или низший уровень требований составляет 13.3 %. Для занятия 1 по теме «Электрические явления» в 8 Б классе первый или высший уровень требований составляет 45.2 %, второй или средний уровень требований составляет 25.6 %, третий или низший уровень требований составляет 11.8 %.

На рис. 1 приведены результаты распределения количества отметок на первом занятии по физике в ходе педагогического эксперимента. Можно сделать вывод о том, что сравнение между 8 А классом и 8 Б классом показывает, что успеваемость учеников обоих классов находится на достаточном уровне. Для занятия 1 по теме «Электрические явления» в 8 А классе экспериментальное значение суммы хи-квадрат принимает значение 6.903, что меньше критического значения хи-квадрат 15.08627 при уровне значимости 0.010 и числе степеней свободы 5. Поэтому для занятия 1 в 8 А классе подтверждена основная гипотеза об эффективности использования материалов занятия 1 в образовательном процессе по теме «Электрические явления». Для занятия 1 по теме «Электрические явления» в 8 Б классе экспериментальное значение суммы хи-квадрат принимает значение 6.848, что меньше критического значения хи-квадрат 15.08627 при уровне значимости 0.010 и числе степеней свободы 5. Поэтому для занятия 1 в 8 Б классе подтверждена основная гипотеза об эффективности использования материалов занятия 1 в образовательном процессе по теме «Электрические явления».

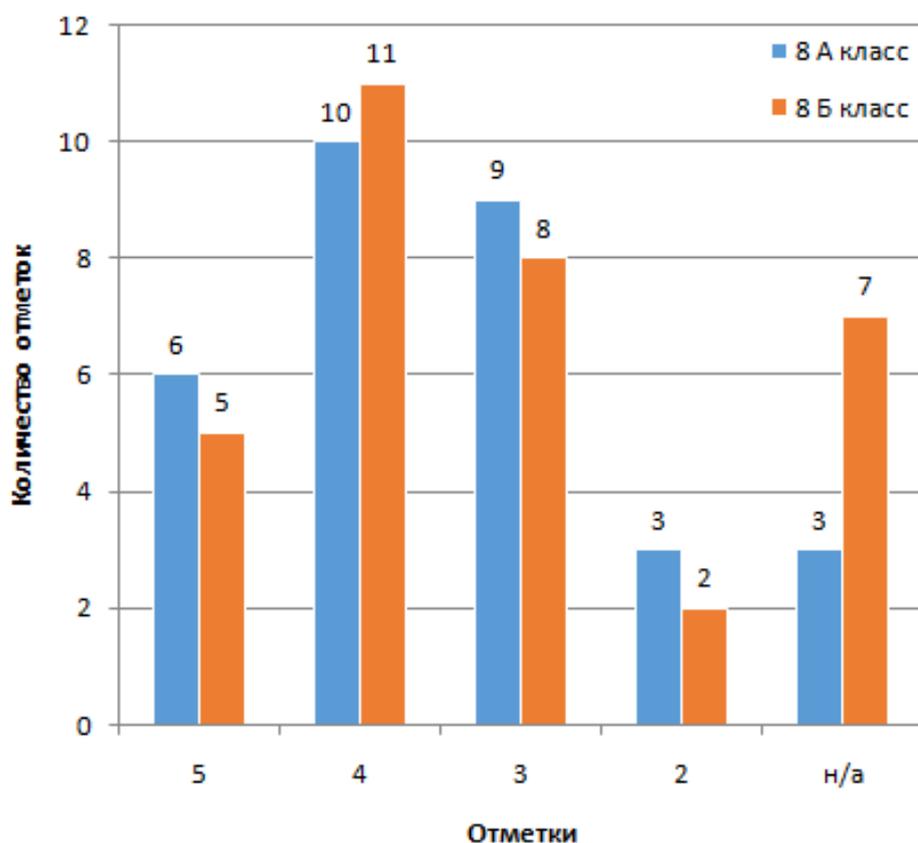


Рис. 1. Результат распределения количества отметок на первом занятии по физике в ходе педагогического эксперимента.

Результаты проведения второй части педагогического эксперимента по апробации методики преподавания темы по электрическим явлениям в курсе физики основной школы

В ходе педагогического эксперимента проводили вторую лабораторную работу по теме «Измерение напряжения на различных участках электрической цепи», также сравнивали успеваемости учеников двух классов. Во время урока ученики с интересом проводили лабораторную работу. На опыте ученики убедились, что на различных участках цепи напряжение разное в зависимости от сопротивления лампы или резистора, то есть к чему параллельно присоединяется вольтметр.

В ходе педагогического эксперимента в МБОУ «Гимназия № 34» 8 А класс состоит из 31 ученика. На занятии по выполнению второй лабораторной работы по теме «Электрические явления» ученики получили следующие отметки: 7 человек получили отметку «отлично», 9 человек получили отметку «хорошо», 12 человек получили отметку «удовлетворительно», 2 человека получили отметку «неудовлетворительно», 1 человек отсутствовал на занятии и не был аттестован по занятию, что требует отработки занятия. Абсолютная успеваемость учеников 8 А класса на занятии по выполнению второй лабораторной работы по теме «Электрические явления» составила 90.3%. Качество знаний или качественная успеваемость учеников 8 А класса на занятии по выполнению второй лабораторной работы по теме «Электрические явления» составила 51.6%. Степень обученности учащихся учеников 8 А класса на занятии по выполнению второй лабораторной работы по теме «Электрические явления» составила 56.4%. Средний балл отметок на занятии по выполнению второй лабораторной работы по теме «Электрические явления» составил 3.58 балла по пятибалльной шкале отметок.

В ходе педагогического эксперимента в МБОУ «Гимназия № 34» 8 Б класс состоит из 33 учеников. На занятии по выполнению второй лабораторной работы по теме «Электрические явления» ученики получили следующие отметки: 8 человек получили отметку “отлично”, 10 человек получили отметку “хорошо”, 9 человек получили отметку “удовлетворительно”, 4 человека получили отметку “неудовлетворительно”, 2 человека отсутствовали на занятии и не были аттестованы по занятию, что требует отработки занятия. Абсолютная успеваемость учеников 8 Б класса на занятии по выполнению второй лабораторной работы по теме «Электрические явления» составила 81.8%. Качество знаний или качественная успеваемость учеников 8 Б класса на занятии по выполнению второй лабораторной работы по теме «Электрические явления» составила 54.5%. Степень обученности учащихся учеников 8 Б класса на занятии по выполнению второй лабораторной работы по теме «Электрические явления» составила 55.8%. Средний балл отметок на занятии по выполнению второй лабораторной работы по теме «Электрические явления» составил 3.48 балла по пятибалльной шкале отметок.

Для занятия 2 по теме «Электрические явления» в 8 А классе первый или высший уровень требований составляет 55.1%, второй или средний уровень требований составляет 31.1%, третий или низший уровень требований составляет 14.3%. Для занятия 2 по теме «Электрические явления» в 8 Б классе первый или высший уровень требований составляет 53.5%, второй или средний уровень требований составляет 30.8%, третий или низший уровень требований составляет 14.7%.

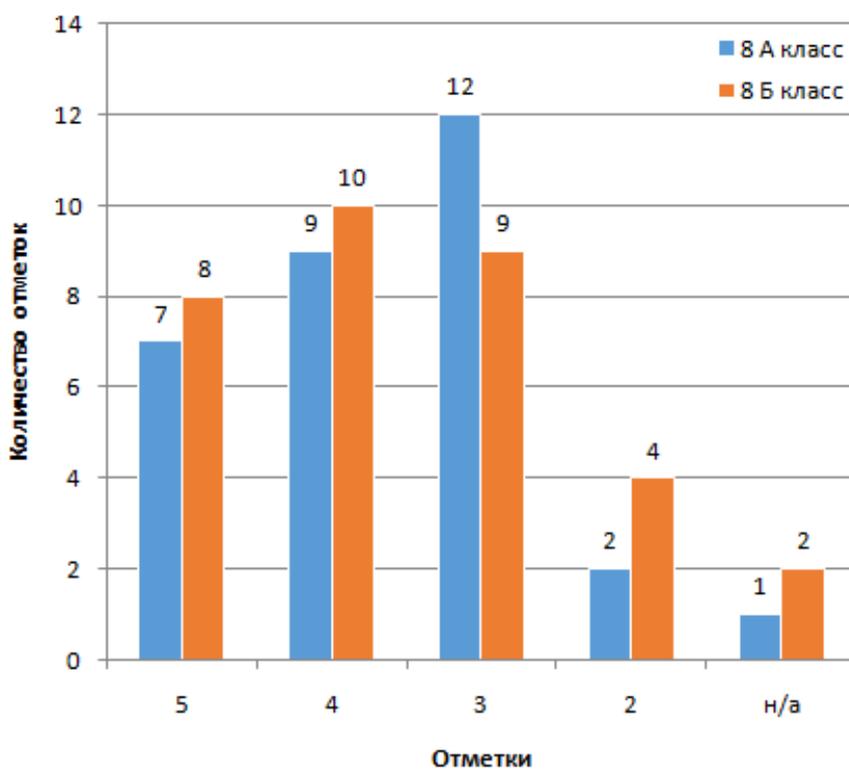


Рис. 2. Результат распределения количества отметок на втором занятии по физике в ходе педагогического эксперимента.

На рис. 2 приведены результаты распределения количества отметок на втором занятии по физике в ходе педагогического эксперимента.

На рис. 3 приведены результаты абсолютной успеваемости учащихся 8 А и 8 Б классов на двух занятиях по физике.

На рис. 4 приведена гистограмма качества знаний учащихся 8 А и 8 Б классов на двух занятиях по физике во время педагогического эксперимента.

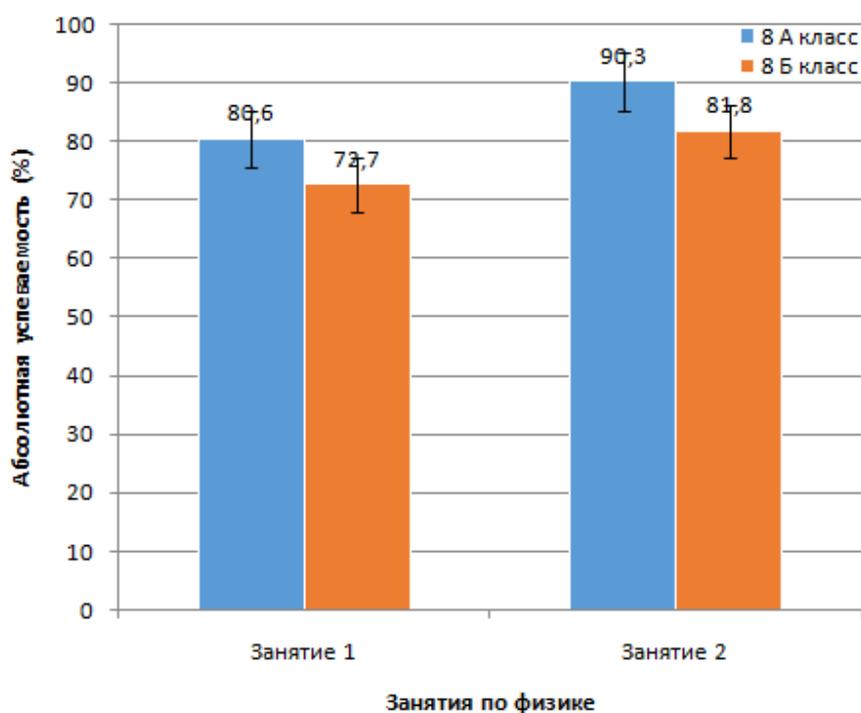


Рис. 3. Абсолютная успеваемость учащихся 8 А и 8 Б классов на двух занятиях по физике во время педагогического эксперимента.

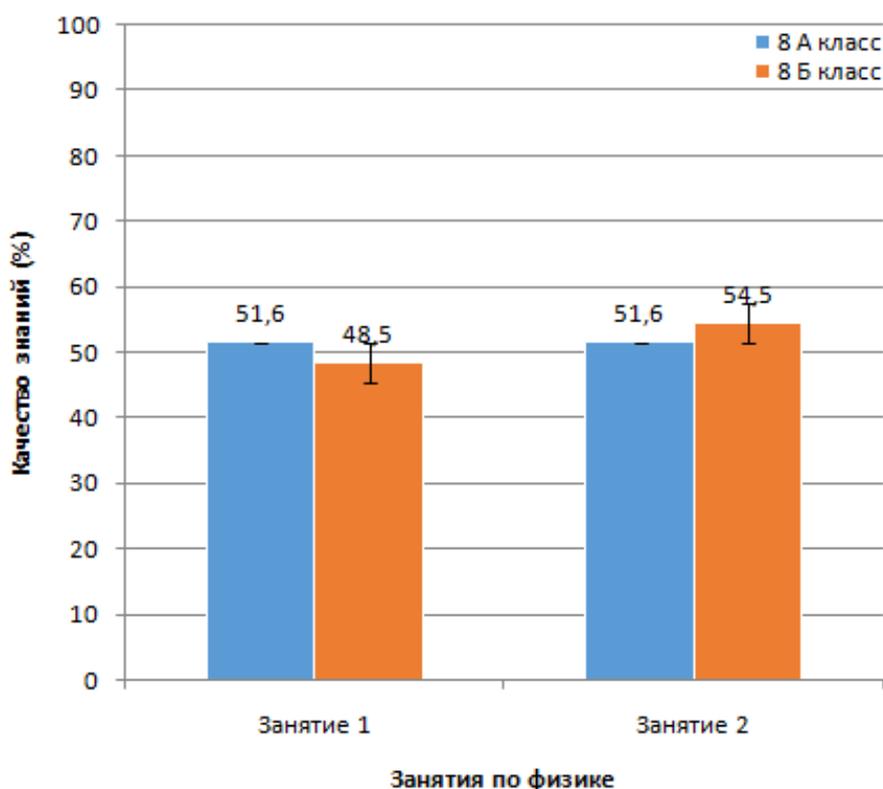


Рис. 4. Качество знаний учащихся 8 А и 8 Б классов на двух занятиях по физике во время педагогического эксперимента.

На рис. 5 приведена гистограмма степени обученности учащихся 8 А и 8 Б классов на двух занятиях по физике во время педагогического эксперимента.

На рис. 6 приведены результаты средних значений отметок учащихся 8 А и 8 Б

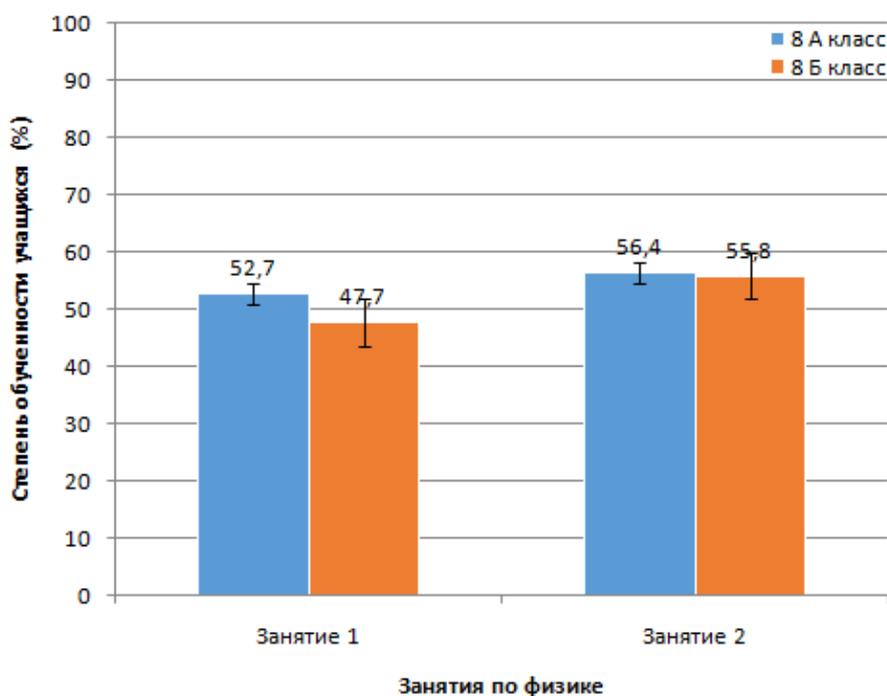


Рис. 5. Степень обученности учащихся 8 А и 8 Б классов на двух занятиях по физике во время педагогического эксперимента.

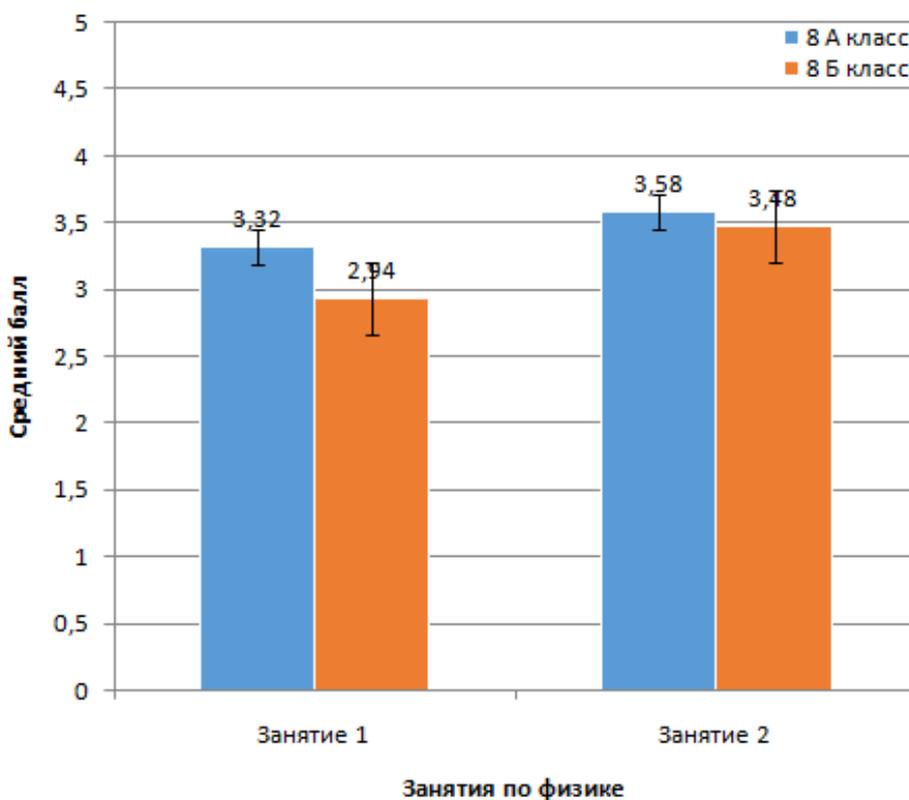


Рис. 6. Среднее значение оценок учащихся 8 А и 8 Б классов на двух занятиях по физике во время педагогического эксперимента.

классов на двух занятиях по физике во время педагогического эксперимента. Показатель средних значений оценок учеников из 8 А класса оказался выше показателя средних значений оценок учеников 8 Б класса. Ученики из двух классов были готовы

к выполнению заданий на занятиях.

Для занятия 2 по теме «Электрические явления» в 8 А классе экспериментальное значение суммы хи-квадрат принимает значение 14,0, что меньше критического значения хи-квадрат 15,08627 при уровне значимости 0,010 и числе степеней свободы 5. Поэтому для занятия 2 в 8 А классе подтверждена основная гипотеза об эффективности использования материалов занятия 2 в образовательном процессе по теме «Электрические явления». Для занятия 2 по теме «Электрические явления» в 8 Б классе экспериментальное значение суммы хи-квадрат принимает значение 7,152, что меньше критического значения хи-квадрат 15,08627 при уровне значимости 0,010 и числе степеней свободы 5. Поэтому для занятия 2 в 8 Б классе подтверждена основная гипотеза об эффективности использования материалов занятия 2 в образовательном процессе по теме «Электрические явления».

В результате проведённого педагогического эксперимента в МБОУ «Гимназия № 34» по апробации методики преподавания темы «Электрические явления» в курсе физики основной школы подтверждена эффективность системы теоретических и контрольных материалов по теме «Электрические явления» в курсе физики основной школы.

Заключение

Использование современных методов преподавания физики при изучении темы по электрическим явлениям не только обеспечивает более глубокое усвоение учащимися учебного материала по электрическим явлениям, но и повышает качество знаний, экспериментальных умений, интерес к физике и творческую активность в области физики у учащихся, развивает навыки коллективной работы, логическое мышление и творческие способности у учащихся.

По результатам исследования можно сформулировать выводы:

1. написанный обзор литературы по использованию современных методов обучения физике в курсе физики основной школы по теме «Электрические явления» показал актуальность выбранной темы исследования для развития методики преподавания физики в основной школе,
2. в результате проведённого педагогического эксперимента по проведению апробации методики преподавания темы по электрическим явлениям в курсе физики основной школы показана возможность использования системы теоретических и контрольных материалов по теме «Электрические явления» в курсе физики основной школы.

Поставленная в работе гипотеза исследования о том, что если развить учебную деятельность обучающихся с применением современных методов изучения теоретического материала по физике, то это позволит успешно активизировать познавательную, творческую, поисковую деятельность учащихся и повысить качество обучения по теме «Электрические явления» в курсе физики основной школы, подтверждена полностью.

Результаты педагогического эксперимента, проведённого в МБОУ «Гимназия № 34», по апробации методики преподавания темы «Электрические явления» в курсе физики основной школы подтвердили эффективность системы теоретических и контрольных материалов по теме «Электрические явления» в курсе физики основной школы. Сложность организации процесса обучения физике с использованием современных методов преподавания с использованием наглядных средств обучения физике на примере темы, посвящённой изучению электрических явлений, возникает именно в слабой разработанности такого подхода преподавания физики в основной школе, а современная концепция образования гласит, что необходимо сочетание различных форм обучения физике в зависимости от типа уроков и этапов урока.

Список использованных источников

1. Topological transitions driven by quantum statistics and their electrical circuit emulation / N. A. Olekhno [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 20. — P. 205113. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.205113>.
2. Ghosh R., Menon Sh. N. Spontaneous generation of persistent activity in diffusively coupled cellular assemblies // *Physical Review E*. — 2022. — jan. — Vol. 105, no. 1. — P. 014311. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.105.014311>.
3. Defect-level switching for highly nonlinear and hysteretic electronic devices / H. Yin [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2021. — jan. — Vol. 15, no. 1. — P. 014014. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.15.014014>.
4. Interplay of non-Hermitian skin effects and Anderson localization in nonreciprocal quasiperiodic lattices / H. Jiang [et al.] // *Physical Review B*. — 2019. — aug. — Vol. 100, no. 5. — P. 054301. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.100.054301>.
5. Rossignol B., Kloss Th., Waintal X. Role of quasiparticles in an electric circuit with Josephson junctions // *Physical Review Letters*. — 2019. — may. — Vol. 122, no. 20. — P. 207702. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.207702>.
6. Poddar A., Dhar J., Chakraborty S. Electro-osmosis of nematic liquid crystals under weak anchoring and second-order surface effects // *Physical Review E*. — 2017. — jul. — Vol. 96, no. 1. — P. 013114. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.96.013114>.
7. Tunable electronic correlation effects in nanotube-light interactions / Yu. Miyauchi [et al.] // *Physical Review B*. — 2015. — nov. — Vol. 92, no. 20. — P. 20540. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.92.205407>.
8. Das S., Chakraborty S. Steric-effect-induced enhancement of electrical-double-layer overlapping phenomena // *Physical Review E*. — 2011. — jul. — Vol. 84, no. 1. — P. 012501. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.84.012501>.
9. Thermodynamics of electromechanically coupled mixed ionic-electronic conductors: deformation potential, Vegard strains, and flexoelectric effect / A. N. Morozovska [et al.] // *Physical Review B*. — 2011. — may. — Vol. 83, no. 19. — P. 195313. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.83.195313>.
10. Rubinstein I., Zaltzman B. Dynamics of extended space charge in concentration polarization // *Physical Review E*. — 2010. — jun. — Vol. 81, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.81.061502>.

Сведения об авторах:

Тазагуль Бабахановна Аннамурадова — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: tezagul12.25@icloud.com

ORCID iD  0000-0003-0117-1891

Web of Science ResearcherID  CAG-0792-2022

The results of a pedagogical experiment on approbation of the methodology for conducting selected lessons on electrical phenomena in the physics course of the basic school

T. B. Annamuradova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted May 16, 2022

Resubmitted May 20, 2022

Published June 7, 2022

Abstract. The most modern methods of teaching the topic devoted to the study of electrical phenomena, based on a combination of group and individual forms of work in the physics course of the basic school, are considered. The main results of the pedagogical experiment on approbation of the methodology of teaching the topic devoted to the study of electrical phenomena in the physics course of the basic school are presented.

Keywords: teaching physics, physics course, pedagogical experiment, school, methods of teaching physics

PACS: 01.40.-d

References

1. Topological transitions driven by quantum statistics and their electrical circuit emulation / N. A. Olekhno [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 20. — P. 205113. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.205113>.
2. Ghosh R., Menon Sh. N. Spontaneous generation of persistent activity in diffusively coupled cellular assemblies // *Physical Review E*. — 2022. — jan. — Vol. 105, no. 1. — P. 014311. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.105.014311>.
3. Defect-level switching for highly nonlinear and hysteretic electronic devices / H. Yin [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2021. — jan. — Vol. 15, no. 1. — P. 014014. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.15.014014>.
4. Interplay of non-Hermitian skin effects and Anderson localization in nonreciprocal quasiperiodic lattices / H. Jiang [et al.] // *Physical Review B*. — 2019. — aug. — Vol. 100, no. 5. — P. 054301. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.100.054301>.
5. Rossignol B., Kloss Th., Waintal X. Role of quasiparticles in an electric circuit with Josephson junctions // *Physical Review Letters*. — 2019. — may. — Vol. 122, no. 20. — P. 207702. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.207702>.
6. Poddar A., Dhar J., Chakraborty S. Electro-osmosis of nematic liquid crystals under weak anchoring and second-order surface effects // *Physical Review E*. — 2017. — jul. — Vol. 96, no. 1. — P. 013114. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.96.013114>.
7. Tunable electronic correlation effects in nanotube-light interactions / Yu. Miyauchi [et al.] // *Physical Review B*. — 2015. — nov. — Vol. 92, no. 20. — P. 20540. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.92.205407>.

8. Das S., Chakraborty S. Steric-effect-induced enhancement of electrical-double-layer overlapping phenomena // *Physical Review E*. — 2011. — jul. — Vol. 84, no. 1. — P. 012501. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.84.012501>.
9. Thermodynamics of electromechanically coupled mixed ionic-electronic conductors: deformation potential, Vegard strains, and flexoelectric effect / A. N. Morozovska [et al.] // *Physical Review B*. — 2011. — may. — Vol. 83, no. 19. — P. 195313. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.83.195313>.
10. Rubinstein I., Zaltzman B. Dynamics of extended space charge in concentration polarization // *Physical Review E*. — 2010. — jun. — Vol. 81, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.81.061502>.

Information about authors:

Tazagul Babakhanovna Annamuradova — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: tezagul12.25@icloud.com

ORCID iD  0000-0003-0117-1891

Web of Science ResearcherID  CAG-0792-2022

УДК 378.145
ББК 74.489
ГРНТИ 14.35.09
ВАК 13.00.02

Разработка материалов занятия по оптике нанокompозитных материалов в курсе по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий

К. К. Алтунин , Е. О. Сорокина  ¹

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 7 апреля 2022 года

После переработки 12 апреля 2022 года

Опубликована 7 июня 2022 года

Аннотация. Разработаны теоретические материалы и материалы контроля знаний для занятия по оптическим свойствам нанокompозитов в курсе оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий, которые готовы к началу использования в учебном процессе бакалавриата педагогического университета с профилем подготовки по физике и математике. Проанализированы результаты педагогического эксперимента по преподаванию учебной дисциплины по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий с использованием технологии смешанного обучения.

Ключевые слова: оптика, покрытие, тонкослойное покрытие, наноструктурное покрытие, оптика покрытий, наноструктура, нанокompозит, бакалавриат, университет, теоретические материалы, материалы контроля знаний, педагогический эксперимент

PACS: 01.40.-d

Введение

Целью исследования является создание материалов занятия по оптическим свойствам нанокompозитов в курсе оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий. Задачей исследования является разработка материалов занятия по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий для добавления новых теоретических сведений по оптическим свойствам нанокompозитов в образовательный процесс в университетах.

Объектом исследования является образовательный процесс по курсу оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий в университетах. Предметом исследования является совокупность материалов занятия по оптическим свойствам нанокompозитов в курсе оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий.

Занятие по оптическим свойствам нанокompозитов в курсе оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий будет содержать новые сведения из оптики наноструктур, нанокompозитов и нанокompозитных покрытий на основе теории смещения для нанокompозитов, находящихся во внешнем поле оптического излучения.

¹E-mail: elena2000sor@mail.ru

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать материалы занятия по оптическим свойствам нанокompозитов в курсе оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий, то можно повысить познавательный интерес студентов университета к курсу оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий.

В качестве методов исследования используется анализ материалов по оптическим свойствам нанокompозитов в курсе оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий, синтез различных концепций описания гетерогенных нанокompозитных систем на основе формул смешения, проектирование занятия по оптическим свойствам нанокompозитов в курсе оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий.

В качестве материалов исследования используются теоретические материалы по оптическим свойствам нанокompозитов в курсе оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий.

Обзор работ по физическим свойствам нанопокpытий

В статье [1] продемонстрировано, что графеновое покрытие может обеспечить эффективную защиту от окисления, создавая высокоэнергетический барьер на пути атома кислорода, который мог бы проникнуть от верхней части графена к реакционной поверхности под ним. Двухслойный графен, который блокирует диффузию кислорода с относительно более высоким энергетическим барьером, обеспечивает ещё лучшую защиту от окисления. В то время как молекула кислорода слабо связана с оголённой поверхностью графена и, следовательно, становится довольно неактивной, она может легко диссоциировать на два атома кислорода, адсорбированных на низкокоординированных атомах углерода на краях вакансии. Для этих атомов кислорода снижается барьер окисления и, следовательно, ослабляется защита от окисления, обеспечиваемая графеновыми покрытиями. Прогнозы, полученные на основе современных расчётов электронной структуры, фононной плотности состояний и пути реакции, помогут понять, как графен можно использовать в качестве коррозионно-стойкого покрытия, и направят дальнейшие исследования, направленные на разработку более эффективные нанопокpытия.

Металлополимерные нанокompозиты представляют собой гибридные материалы, сочетающие в себе превосходные плазмонные, электрические и термические свойства металлов с хорошей эластичностью и технологичностью полимеров. Это делает металлополимерные нанокompозиты многообещающими кандидатами для применения в качестве проводящих наполнителей и покрытий, где механические свойства связаны опто-термически. В статье [2] изучается взаимодействие наноструктуры, термоплазмоники и эластичных механических свойств нанокompозитов серебро-полистирол с помощью просвечивающей электронной микроскопии, малоуглового рентгеновского рассеяния, бриллюэновского светорассеяния и других дополнительных методов. В статье [2] используется известная архитектура частиц-щёток, чтобы обеспечить однородное и изотропное распределение наночастиц по всему гибриднему материалу. Установлено, что эффективный продольный модуль упругости свежеприготовленных образцов снижается с 5.7 до 4.8 ГПа при увеличении содержания серебра от 0 до 4.4 об.%. Измерения бриллюэновского светорассеяния в зависимости от температуры показывают уникальный вклад локального термоплазмонного нагрева, который зависит от состава наночастиц Ag. Этот термоплазмонный эффект приводит к более низкой кажущейся температуре стеклования (T_g) и более сильной зависимости скорости звука от мощности лазера. Превышение умеренных температур термического отжига ($> 150^\circ\text{C}$) приводит к сильной структурной перестройке внутри однородного нанокompозитного материала со своеобразным эффектом кластеризации-редисперсии, что также приводит к изменению механических свойств. Вызванная отжигом агрегация наночастиц серебра

приводит к ещё более сильному термоплазмонному эффекту. Подтверждены экспериментальные результаты дополнительными термографическими измерениями и моделированием методом конечных элементов. В целом работа [2] демонстрирует комбинированное влияние состава и (обратимой) агрегации на механические и термоплазмонные свойства металлополимерных нанокомпозитов. Это не только углубляет понимание взаимодействия между светом, температурой и механическими свойствами в металлополимерных нанокомпозитах, но также даёт руководство по настройке нанокомпозитов серебро-полистирол для потенциальных применений.

В статье [3] исследован шум потрескивания из-за царапания сверхтвёрдых нанокомпозитных покрытий с использованием простой модели прерывистого скольжения. Оптимальная информация, полученная в результате статистического анализа с точки зрения информационного критерия Акаике, хорошо согласуется с реальными тестами. Когда нанокомпозитное покрытие приближается к оптимальным характеристикам, энергия акустической эмиссии подчиняется степенному закону распределения, и её поведение, вероятно, не зависит от микроскопических и макроскопических деталей. Результаты показывают, что специфическое деформационное поведение из-за конкуренции между различными механизмами деформации, такими как скопления дислокаций в нанокристаллических зёрнах и вращение зёрен скольжения внутри аморфных границ, играет жизненно важную роль в наноструктуре со сверхтвёрдостью.

В статье [4] исследован нанокомпозит из полиакриламида, водорастворимого полимера и нанокристаллического CdS, приготовленный химическим путём. Наблюдение с помощью просвечивающего электронного микроскопа показывает, что частицы прикрепляются через полимерные клубки. Снижение вязкости композита, несмотря на увеличение концентрации, указывает на уменьшение межцепочечного переплетения между клубками композита. Ультратонкие плёнки были изготовлены из нанокомпозита и чистого полиакриламида методом центрифугирования на подложке Si(100) в диапазоне скоростей от 500 до 5000 об/мин. Рентгеновские исследования отражательной способности чистых полимерных и композитных плёнок проводились в вакууме. Толщина композитных плёнок изменяется немонотонно со скоростью вращения и находится в дискретных «полосах» толщины, разделённых «запретными областями». Также было обнаружено, что степенной закон зависимости толщины от скорости вращения для композитных плёнок отличается от полимерных. Для объяснения явления была предложена модель с дискретным количеством слоёв, состоящих из полимерных катушек, прикрепленных к CdS.

Магнитные наноструктуры с нетривиальными трёхмерными формами позволяют создавать сложные конфигурации намагничённости и множество новых явлений. До настоящего времени в качестве нетривиальных трёхмерных наноструктур рассматривались преимущественно магнитные металлы, хотя в металлах магнитный и электронный транспортные отклики переплетаются. В статье [5] сообщается о первом успешном изготовлении магнитного изолятора железо-иттриевого граната ($Y_3Fe_5O_{12}$) методом атомно-слоевого осаждения и показываем, что конформное покрытие трёхмерных объектов возможно. В статье [5] используется подход суперцикла, основанный на сочетании субнанометровых тонких слоёв бинарных систем Fe_2O_3 и Y_2O_3 в правильном атомном соотношении с последующей стадией отжига для изготовления атомно-слоевого осаждения плёнок иттрий-железного граната на подложках $Y_3Al_5O_{12}$. Процесс устойчив к типичным отклонениям, связанным с ростом, обеспечивая хорошую воспроизводимость. Атомно-слоевое осаждение тонких плёнок иттрий-железного граната демонстрирует высокое кристаллическое качество, а также магнитные свойства, сравнимые с образцами, полученными другими методами осаждения. Показано, что атомно-слоевое осаждение тонких плёнок иттрий-железного граната является конформным. Это поз-

воляет создавать трёхмерные наноструктуры иттрий-железного граната после разработки соответствующих немагнитных трёхмерных шаблонов. Такие трёхмерные структуры иттрий-железного граната создают основу для экспериментального исследования вызванных искривлением изменений чисто спиновых токов и эффектов переноса магнов.

В статье [6] исследован лазерный пробой высококачественного зеркала, состоящего из чередующихся $\lambda/4$ слоёв Ta_2O_5 , а также SiO_2 и одна тонкая плёнка толщиной 500 нм из Ta_2O_5 с усиленными и неусиленными фемтосекундными импульсами. Экспериментальные данные могут быть аппроксимированы моделью, учитывающей многофотонное поглощение, ударную ионизацию и локальное усиление интенсивности из-за интерференционных эффектов в плёнках. Инкубационные эффекты наблюдаются при повреждении покрытий многократными импульсами фемтосекундного генератора. Результаты показывают, что современные высококачественные тонкие плёнки демонстрируют поведение при повреждении, аналогичное объемным материалам. Дефекты и примеси играют незначительную роль.

В статье [7] наблюдались огромные сдвиги пика оптического поглощения во время восстановления частиц сульфида золота (Au_2S) до частиц золота. Для синтеза наночастиц используется двухстадийный коллоидный метод. Можно объяснить выводы, предположив, что коллоидные частицы имеют на поверхности золотое покрытие. Это также согласуется с данными просвечивающей электронной микроскопии, показывающими структуру ядро-оболочка, и данными электронной дифракции. Пик оптического поглощения сначала смещается в красную, а затем в синюю сторону. Контролируя начальный размер частиц сульфида золота, сдвиг резонанса коррелирует с теоретической моделью, которая включает как квантовое ограничение, так и резонансные эффекты (так называемый поверхностный плазмонный резонанс). Использование покрытых металлом частиц с неметаллическим материалом ядра дает два преимущества для изучения размерного квантования. Во-первых, частицы изначально большие и обладают большой поляризуемостью и, следовательно, большим поперечным сечением поглощения, а во-вторых, тонкий металлический слой удерживает электрон в одном измерении и может расширяться в двух других измерениях.

Результаты разработки материалов занятия

Курс по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий рассчитан на три зачётные единицы или 108 часов общей трудоёмкости и предназначен для студентов бакалавриата педагогических направлений подготовки с профилем по физике и математике.

Занятие по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий посвящено изучению оптического преломления и поглощения в приближении эффективной среды. Целью занятия является знакомство с определением оптического показателя преломления и поглощения композита с сферическими наночастицами в теории эффективной среды. Задачами занятия являются повторение структуры композитного материала, формирование представления о теории эффективной среды, формирование умения находить эффективный показатель преломления и поглощения, развить навыки самостоятельной работы, развить способность устанавливать связь между ранее изученным материалом и новой темой; развить навыки поиска информации и применения её при решении задач, воспитать активность при работе, воспитать аккуратность и системность при решении задач оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий.

Рассмотрим образовательные результаты данного занятия: студент знает теорию оптических композитных материалов с сферическими наночастицами и имеет представление об эффективном показателе преломления и поглощения композита; студент умеет решать задачи по нахождению эффективного показателя преломления и поглощения

для нанокompозитов с сферическими металлическими включениями; студент владеет способами решения задач по нахождению эффективного показателя преломления и поглощения для нанокompозитов с сферическими металлическими включениями. По плану занятие состоит из повторения, изучения нового материала, решение задачи, закрепления, рефлексии.

Опишем ход занятия по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий.

Первым этапом занятия является повторение.

Определение. Прозрачная среда, содержащая включения из инородных материалов образует оптический композитный материал. Изменяя материал, форму и размер инородных включений можно получать среды с определённым показателем преломления и коэффициентом поглощения. Также это позволяет получать среды с новыми нелинейно-оптическими свойствами и разного цвета.

Применение. Композиты благодаря различным свойствам имеют широкое применение в оптике. Примерами оптических композитов являются стекла, содержащие наночастицы полупроводников или металлов, стеклокерамики, суспензии наночастиц в жидкостях.

Вторым этапом занятия является изучение нового материала.

Расчёт оптических характеристик композитной среды в рамках теории эффективной среды основан на вычислении её эффективной диэлектрической проницаемости. Данная теория предполагает два допущения: размер частиц много меньше длины волны излучения, между частицами отсутствует электромагнитное взаимодействие. Из первого допущения получаем, что светорассеяние в среде пренебрежимо мало. Из второго допущения получаем, что концентрация частиц в среде мала. Применять приближение эффективной среды для нанокompозитной среды можно даже когда один компонент имеет высокий коэффициент поглощения. Примером может служить композит с металлическими наноразмерными включениями. Согласно теории Максвелл-Гарнетта, эффективная диэлектрическая проницаемость двухкомпонентной среды, содержащей сферические наночастицы, определяется выражением:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_h \left(1 - \frac{3f_1 (\varepsilon_h - \varepsilon_p)}{2\varepsilon_h + \varepsilon_p + f_1 (\varepsilon_h - \varepsilon_p)} \right), \quad (1)$$

где ε_p – диэлектрическая проницаемость наночастиц с объёмной концентрацией f_1 , ε_h – диэлектрическая проницаемость матрицы. Определив эффективную диэлектрическую проницаемость композита, можно вычислить его эффективный показатель преломления и эффективный коэффициент поглощения.

$$n'_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\operatorname{Re} \varepsilon_1 + \sqrt{(\operatorname{Re} \varepsilon_1)^2 + (\operatorname{Im} \varepsilon_1)^2}}, \quad (2)$$

$$n''_1 = -\frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\operatorname{Re} \varepsilon_1 + \sqrt{(\operatorname{Re} \varepsilon_1)^2 + (\operatorname{Im} \varepsilon_1)^2}}, \quad (3)$$

Квадрат показателя преломления вычисляется по формуле

$$n_1^2 = \varepsilon_1 \mu_1. \quad (4)$$

В оптическом приближении в эффективной среде

$$\mu_1 = 1, \quad (5)$$

тогда получаем:

$$n_1^2 = \varepsilon_1 \quad (6)$$

показатель преломления и диэлектрическая проницаемость являются комплексными переменными

$$n_1 = n'_1 + in''_1 \quad (7)$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon'_1 + i\varepsilon''_1. \quad (8)$$

$$(n'_1 + in''_1)^2 = \varepsilon'_1 + i\varepsilon''_1, \quad (9)$$

$$n'^2_1 + 2in'_1n''_1 - n''^2_1 = \varepsilon'_1 + i\varepsilon''_1, \quad (10)$$

$$(n'^2_1 - n''^2_1) + 2in'_1n''_1 = \varepsilon'_1 + i\varepsilon''_1, \quad (11)$$

$$\varepsilon'_1 = n'^2_1 - n''^2_1 \quad (12)$$

$$\varepsilon''_1 = 2n'_1n''_1. \quad (13)$$

Найдём эффективный показатель преломления, для этого решим систему методом подстановки:

$$n''_1 = \frac{\varepsilon''_1}{2n'_1}. \quad (14)$$

$$n'^2_1 - \frac{\varepsilon''^2_1}{4n'^2_1} = \varepsilon'_1, \quad (15)$$

$$4n'^4_1 - \varepsilon''^2_1 - \varepsilon'_1n'^2_1 = 0. \quad (16)$$

Пусть

$$n'^2_1 = t, \quad (17)$$

тогда

$$4t^2 - 4\varepsilon'_1t - \varepsilon''^2_1 = 0, \quad (18)$$

$$t = \frac{\varepsilon'_1 + \sqrt{\varepsilon'^2_1 + \varepsilon''^2_1}}{2}, \quad (19)$$

учитывая замену, получаем, что эффективный показатель преломления равен

$$n'_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\varepsilon'_1 + \sqrt{\varepsilon'^2_1 + \varepsilon''^2_1}}, \quad (20)$$

при рассмотрении учитываем только положительный корень показателя преломления.

Для метаматериалов имеем:

$$n'_1 = -\frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\varepsilon'_1 + \sqrt{\varepsilon'^2_1 + \varepsilon''^2_1}}. \quad (21)$$

$$n'_1 = \frac{\varepsilon''_1}{2n''_1}, \quad (22)$$

$$-n''^2_1 + \frac{\varepsilon''^2_1}{4n''^2_1} = \varepsilon'_1, \quad (23)$$

$$4n''^4_1 + 4\varepsilon'_1n''^2_1 - \varepsilon'^2_1 = 0. \quad (24)$$

Пусть

$$n''^2_1 = t, \quad (25)$$

тогда

$$4t^2 + 4\varepsilon't - \varepsilon''^2 = 0. \quad (26)$$

$$t = \frac{-\varepsilon' + \sqrt{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2}}{2}, \quad (27)$$

учитывая замену, получаем, что эффективный показатель поглощения равен

$$n''_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\varepsilon'_1 + \sqrt{\varepsilon'^2_1 + \varepsilon''^2_1}}, \quad (28)$$

при рассмотрении учитываем только положительный корень показателя поглощения. А для метаматериалов получаем выражение:

$$n''_1 = -\frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\varepsilon'_1 + \sqrt{\varepsilon'^2_1 + \varepsilon''^2_1}}. \quad (29)$$

Амплитудный коэффициент отражения для поляризованной волны

$$r_1^p = \frac{\sqrt{\varepsilon_1} \cos \theta_0 - \sqrt{\varepsilon_1 - \sin^2 \theta_0}}{\sqrt{\varepsilon_1} \cos \theta_0 + \sqrt{\varepsilon_1 - \sin^2 \theta_0}}. \quad (30)$$

Амплитудный коэффициент поглощения для поляризованной волн

$$t_1^p = \frac{2\sqrt{\varepsilon_1} \cos \theta_0}{\sqrt{\varepsilon_1} \cos \theta_0 + \sqrt{\varepsilon_1 - \sin^2 \theta_0}}. \quad (31)$$

Диэлектрическая проницаемость является комплексной функцией

$$r_1^p = \frac{\sqrt{\varepsilon'_1 + i\varepsilon''_1} \cos \theta_0 - \sqrt{(\varepsilon'_1 + i\varepsilon''_1) - \sin^2 \theta_0}}{\sqrt{\varepsilon'_1 + i\varepsilon''_1} \cos \theta_0 + \sqrt{(\varepsilon'_1 + i\varepsilon''_1) - \sin^2 \theta_0}}, \quad (32)$$

$$t_1^p = \frac{2\sqrt{(\varepsilon'_1 + i\varepsilon''_1) \cos \theta_0}}{\sqrt{\varepsilon'_1 + i\varepsilon''_1} \cos \theta_0 + \sqrt{(\varepsilon'_1 + i\varepsilon''_1) - \sin^2 \theta_0}}. \quad (33)$$

Подход к разработке нелинейно-оптических наноструктурных материалов предполагает поиск новых материалов, которые на молекулярном уровне обладают желаемыми нелинейно-оптическими свойствами. Другой альтернативный подход к разработке нелинейно-оптических наноструктурных материалов предполагает объединение известных материалов в нанокompозитный материал. В надлежащих условиях этот композитный материал мог бы сочетать в себе более желательные свойства исходных материалов или, в идеале мог бы обладать свойствами, превосходящими свойства исходных материалов.

Нанокompозиты, состоящие из полимерных матриц и металлических наночастиц, способны изменять свои оптические свойства за счёт геометрической конфигурации и размеров включений в нанокompозитную плёнку под влиянием внешних факторов. Это свойство можно применить для создания микроскопических сенсоров, определяющих интенсивность оптического воздействия за сверхкороткие промежутки времени. Построенные графические зависимости для энергетического коэффициента пропускания от длины волны оптического излучения для нанокompозитных плёнок будут способствовать наглядному изучению темы, связанной с изучением оптических свойств наноструктурных материалов с металлическими наночастицами.

Третьим этапом занятия является решение задачи для закрепления теоретических сведений по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий.

Задача 1. Найдите эффективный показатель преломления и коэффициент поглощения для нанокompозита с матрицей из стекла, содержащей включения в виде наночастиц лития. Диэлектрическая проницаемость стекла равна 7, а действительная и мнимая часть диэлектрической проницаемости лития $\varepsilon_1 = 36.1 + i1.06$. Объёмную концентрацию наночастиц принять за 1%.

Четвёртым этапом занятия является закрепление изученного материала по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий.

Ответить на вопросы:

1. Что такое наноматериал?
2. Что такое нанокompозит?
3. Что такое наносистема?
4. В чём преимущество наноматериалов для оптики?
5. В чём заключается суть теории эффективной среды, применяемой для описания нанокompозитных сред?
6. Что необходимо знать для вычисления оптических характеристик нанокompозитных сред?
7. Как вычисляется эффективная диэлектрическая проницаемость нанокompозита, состоящего из диэлектрической матрицы с металлическими наночастицами?

Пятым этапом занятия является рефлексия по итогам изучения теоретического материала и решения задачи по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий. Проводится рефлексия с использованием педагогического опроса. Под рефлексией понимается размышление человека, направленное на анализ самого себя (самоанализ), своих собственных состояний, своих поступков и прошедших событий. Для того, чтобы подвести итог занятию предлагается рефлексия, состоящая из двух этапов: анализ урока (с точки зрения содержательного материала занятия) и выражение впечатлений от занятия (опора на эмоциональное состояние во время и после занятия). Данная рефлексия содержит опрос из 7 вопросов, где к каждому вопросу предложены разные варианты ответа. В данной рефлексии проводится анализ урока с точки зрения понятности материала урока, эмоций которые испытывал учащийся по время урока, впечатления от урока, анализ своей работы на уроке. Заканчивается опросник одним общим вопросом об отношении к пройденному уроку. Предлагаются вопросы по анализу урока с вопросами о степени активности на занятии, степени удовлетворённости занятием, об ощущении временной продолжительности занятия, об ощущении усталости на занятии, об изменении настроения за время занятия, о степени полезности материала занятия. В результате преподаватель получает результат в виде столбчатых диаграмм и значения полученных результатов в процентах. Также для проведения рефлексии можно воспользоваться опросником рефлексивности Карпова. Данный опросник содержит 27 вопросов с однотипными вариантами ответа: полностью не согласен, не согласен, скорее не согласен, не могу определиться, согласен, полностью согласен. В данном опроснике предложены вопросы об отношении учащегося к предстоящей работе, об процессе принятия решений, об отношении к будущему, конфликтам. Данная рефлексия позволяет определить психологическое состояние человека, способность личности к рефлексивности. Такой вид рефлексии можно проводить после изучения целого раздела или темы. Результатом данной рефлексии оцениваются баллом от 1 до 10.

Результаты педагогического эксперимента

В период с 18 февраля 2022 года по 12 апреля 2022 года осуществлялось преподавание учебной дисциплины “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” на пятом курсе в подгруппе ФМ-17-01. Преподавание учебной дисциплины “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” осуществлялось в рамках блока дисциплин по выбору в подгруппе ФМ-17-01. Трудоёмкость учебной дисциплины “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” составляла две зачётные единицы или 72 часа общей трудоёмкости. Подгруппа ФМ-17-01 состояла из восьми человек. Аудиторные занятия по учебной дисциплине “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” состояли из шести лекций и десяти лабораторных занятий. Аудиторные занятия по учебной дисциплине “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” читались в смешанной форме и состояли из двенадцати часов лекций и двадцати часов лабораторных занятий. По учебной дисциплине “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” предусмотрена самостоятельная работа в объёме 40 часов. Итоговой формой отчётности по курсу “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” является зачёт.

В результате освоения учебной дисциплины “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” в 2021-2022 учебном году студент 1 (ФМ-17-24) набрал 200 баллов, студент 2 (ФМ-17-10) набрал 200 баллов, студент 3 (ФМ-17-01) набрал 114 баллов, студент 4 (ФМ-17-12) набрал 114 баллов, студент 5 (ФМ-17-26) набрал 101 балл, студент 6 (ФМ-17-30) набрал 128 баллов, студент 7 (ФМ-17-06) набрал 127 баллов, студент 8 (ФМ-17-19) набрал 101 балл из 200 максимально возможных баллов. Средний балл по учебной дисциплине “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” составил 136 баллов из 200 максимально возможных баллов.

Для перевода баллов из рейтинговой системы для двух зачётных единиц трудоёмкости учебной дисциплины используем следующую шкалу: от 181 до 200 баллов соответствует оценке «отлично», от 141 до 180 баллов соответствует оценке «хорошо», от 101 до 141 баллов соответствует оценке «удовлетворительно», от 0 до 100 баллов соответствует оценке «неудовлетворительно» по пятибалльной шкале.

В результате изучения учебной дисциплины “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” в 2021-2022 учебном году по учебной успеваемости были получены следующие результаты: 2 студента получили отметку «отлично», 6 студентов получили отметку «удовлетворительно». Абсолютная успеваемость по учебной дисциплине “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” составила 100 %. Качественная успеваемость по учебной дисциплине “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” составила 25 %. Степень обученности студентов по учебной дисциплине “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” составила 52 %, что соответствует конструктивному уровню обученности студентов.

На занятиях по учебной дисциплине “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” в смешанной форме использовались дистанционный курс в системе управления обучением MOODLE и электронные образовательные ресурсы в виде сайтов с теоретическими материалами и материалами для осуществления планомерного и систематического контроля знаний. Для этого в составе дистанционного курса по учебной дисциплине “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” разработаны тесты по отдельным темам и контрольные тесты по всему курсу. В результате проведения педагогического эксперимента по апробации смешанной технологии обучения по учебной дисциплине “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” показано, что степень обученности студентов по учебной дисциплине “Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий” соответствует конструктивному уровню обученности студентов.

Заключение

Разработаны материалы занятия по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий, которые готовы к началу использования в учебном процессе бакалавриата педагогического университета с профилем подготовки по физике и математике. Проанализированы результаты разработки теоретических материалов и материалов контроля знаний на занятии по оптике нанокompозитных материалов в курсе по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий. Материалы занятия по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий могут быть использованы в развитии методологии преподавания оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий в университете. Разработанные материалы занятия по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий основаны на новых научных сведениях об оптических свойствах нанокompозитных материалов, описываемых в приближении эффективной среды. Разработанные материалы занятия по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий пополняют научную базу учебной дисциплины актуальными теоретическими материалами по оптике нанокompозитных материалов. Разработанные материалы занятия по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий могут быть использованы в качестве теоретических материалов одного занятия и контрольных материалов для контроля знаний на занятии по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий. Применение разработанных материалов занятия по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий открывает новые возможности для обновления курса оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий. Разработанные материалы занятия по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий вносят вклад в теорию преподавания оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий в педагогических университетах.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если использовать материалы занятия по оптическим свойствам нанокompозитов в курсе оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий, то можно повысить познавательный интерес студентов университета к курсу оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий, подтверждена полностью.

Результаты педагогического эксперимента по преподаванию учебной дисциплины по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий с использованием материалов занятия по оптическим свойствам нанокompозитов в курсе оптики тонкослойных и наноструктурных покрытий показали эффективность теоретических материалов и материалов контроля знаний занятия по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий. В ходе педагогического эксперимента на занятиях по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» применялась смешанная форма обучения. В ходе педагогического эксперимента использовались дистанционные образовательные технологии для изучения фундаментальных понятий, законов и процессов оптики нанокompозитных материалов в рамках занятия по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий. Для проведения систематического контроля знаний по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в дистанционной форме обучения использовался дистанционный курс, созданный в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Всего по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» проведено 16 занятий, из которых 9 занятий проведены в дистанционной форме. В ходе педагогического эксперимента проведена систематизация научных сведений по оптике нанокompозитных материалов. На занятиях в дистанционной форме апробированы тесты по отдельным темам и контрольные тесты по всему курсу. В результате проведения педагогического эксперимента по апробации материалов занятия по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» получено, что степень обученности студентов по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» соответствует конструктивному уровню обученности студентов.

Список использованных источников

1. Topsakal M., Şahin H., Ciraci S. Graphene coatings: an efficient protection from oxidation // *Physical Review B*. — 2012. — apr. — Vol. 85, no. 15. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.85.155445>.
2. Well-defined metal-polymer nanocomposites: The interplay of structure, thermoplasmonics, and elastic mechanical properties / D. S. Reig [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2018. — dec. — Vol. 2, no. 12. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevMaterials.2.123605>.
3. Lu Ch., Mai Y.-W., Shen Y.-G. Optimum information in crackling noise // *Physical Review E*. — 2005. — aug. — Vol. 72, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.72.027101>.
4. Singh A., Mukherjee M. Discrete film thickness in polyacrylamide-CdS nanocomposite ultrathin films // *Physical Review E*. — 2004. — nov. — Vol. 70, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.70.051608>.
5. Atomic layer deposition of yttrium iron garnet thin films / M. Lammel [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2022. — apr. — Vol. 6, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevMaterials.6.044411>.
6. Femtosecond laser pulse induced breakdown in dielectric thin films / J. Jasapara [et al.] // *Physical Review B*. — 2001. — jan. — Vol. 63, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.63.045117>.
7. Controlled synthesis and quantum-size effect in gold-coated nanoparticles / H. S. Zhou [et al.] // *Physical Review B*. — 1994. — oct. — Vol. 50, no. 16. — P. 12052–12056. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.50.12052>.

Сведения об авторах:

Константин Константинович Алтунин — кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: kostya_altunin@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

Елена Олеговна Сорокина — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: elena2000sor@mail.ru, elena2000sor@gmail.com

ORCID iD  0000-0003-3661-9000

Web of Science ResearcherID  AAA-2139-2021

Development of materials for classes on the optics of nanocomposite materials in the course on the optics of thin-layer and nanostructured coatings

K. K. Altunin , E. O. Sorokina 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted April 7, 2022

Resubmitted April 12, 2022

Published June 7, 2022

Abstract. Theoretical materials and knowledge control materials have been developed for a lesson on the optical properties of nanocomposites in the course of optics of thin-layer and nanostructured coatings, which are ready to be used in the educational process of the bachelor's degree program of the Pedagogical University with a training profile in physics and mathematics. The results of a pedagogical experiment on teaching an academic discipline in the optics of thin-layer and nanostructured coatings using blended learning technology are analyzed.

Keywords: optics, coating, thin layer coating, nanostructured coating, coating optics, nanostructure, nanocomposite, bachelor's degree, university, theoretical materials, knowledge control materials, pedagogical experiment

PACS: 01.40.-d

References

1. Topsakal M., Şahin H., Ciraci S. Graphene coatings: an efficient protection from oxidation // *Physical Review B*. — 2012. — apr. — Vol. 85, no. 15. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.85.155445>.
2. Well-defined metal-polymer nanocomposites: The interplay of structure, thermoplasmonics, and elastic mechanical properties / D. S. Reig [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2018. — dec. — Vol. 2, no. 12. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevMaterials.2.123605>.
3. Lu Ch., Mai Y.-W., Shen Y.-G. Optimum information in crackling noise // *Physical Review E*. — 2005. — aug. — Vol. 72, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.72.027101>.
4. Singh A., Mukherjee M. Discrete film thickness in polyacrylamide-CdS nanocomposite ultrathin films // *Physical Review E*. — 2004. — nov. — Vol. 70, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.70.051608>.
5. Atomic layer deposition of yttrium iron garnet thin films / M. Lammel [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2022. — apr. — Vol. 6, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevMaterials.6.044411>.
6. Femtosecond laser pulse induced breakdown in dielectric thin films / J. Jasapara [et al.] // *Physical Review B*. — 2001. — jan. — Vol. 63, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.63.045117>.

7. Controlled synthesis and quantum-size effect in gold-coated nanoparticles / H. S. Zhou [et al.] // Physical Review B. — 1994. — oct. — Vol. 50, no. 16. — P. 12052–12056. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.50.12052>.

Information about authors:

Konstantin Konstantinovich Altunin – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Technical Disciplines of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: kostya.altunin@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

Elena Olegovna Sorokina — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: elena2000sor@mail.ru, elena2000sor@gmail.com

ORCID iD  0000-0003-3661-9000

Web of Science ResearcherID  AAA-2139-2021

УДК 373.545
ББК 74.262.23
ГРНТИ 14.25.09
ВАК 13.00.02

Результаты педагогического эксперимента по апробации методики преподавания физики в техническом колледже

А. А. Лебедев  ¹

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071,
Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 5 мая 2022 года
После переработки 13 мая 2022 года
Опубликована 7 июня 2022 года

Аннотация. Рассматриваются некоторые особенности преподавания физики в техническом колледже, основанные на реализации физико-технической направленности обучения, используемой в ходе изучения физических явлений и процессов в курсе физики в техническом колледже. В ходе педагогического эксперимента было отмечено, что использование методов работы с физическим оборудованием на уроках физики способствует улучшению усвоения теоретического материала по физике благодаря большей наглядности представления материала по физике. Деятельность учащихся экспериментальной группы удалось активизировать благодаря демонстрации физических экспериментов и проведению лабораторных работ по физике на занятиях по физике, а для развития коммуникативных способностей использовался взаимный опрос учащихся при проверке домашних заданий по физике.

Ключевые слова: физика, курс физики, преподавание физики, педагогический эксперимент, изучением физических явлений, физическое оборудование, наглядность материала, физико-техническая направленность обучения

PACS: 01.40.-d

Введение

Рассматриваются наиболее современные методы преподавания физики в техническом колледже, основанные на реализации физико-технической направленности обучения, используемой в ходе изучения физических явлений и процессов в курсе физики в техническом колледже.

Целью исследования являются апробация методики преподавания физики в техническом колледже. В задачи исследования входит написание обзора литературы по методикам преподавания физики, проведение педагогического эксперимента по апробации методики преподавания физики в техническом колледже.

Объектом исследования является обучение физике в техническом колледже. Предметом исследования является процесс подготовки по физике в техническом колледже.

¹E-mail: alexjek73@gmail.com

Гипотеза исследования заключается в том, что если применять технологию обучения физике, основанную на реализации физико-технической направленности обучения, используемую в ходе изучения физических явлений и процессов в курсе физики в техническом колледже в сочетании с методами критического мышления, то подготовка по физике в техническом колледже будет более эффективной, что способствует улучшению качества обучения физике.

В качестве метода исследования используется педагогический эксперимент по апробации методики преподавания физики, основанной на реализации физико-технической направленности обучения, используемой в ходе изучения физических явлений и процессов в курсе физики в техническом колледже.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что разработанные методические материалы по физике могут быть использованы в создании новой методологии преподавания физики в техническом колледже, пополнении научной базы актуальными методическими материалами по преподаванию физики, выявление особенностей изучения физики в техническом колледже, систематизация и анализ научно-методических данных по теории и методике преподавания физики в техническом колледже для создания и совершенствования методических материалов по физике.

Практическую значимость исследования составляет методика формирования системы знаний по физике в техническом колледже в условиях технической направленности обучения физике, включающая этапы деятельности учителя по формированию системы знаний по физике с учётом технической направленности, теоретические и дидактические материалы, которые могут быть использованы в качестве теоретических и контрольных материалов на занятиях по физике.

Научная новизна исследования заключается в апробации системы подготовки по физике в техническом колледже, направленной на создание и реализацию условий, способствующих формированию у обучаемых качественного освоения большого объёма учебной информации по физике, её критического анализа, поиска нестандартных подходов к решению сложных физических задач в условиях физико-технической направленности обучения.

Обзор работ по физико-техническому образованию

Во многих странах правительствам нравится стимулировать науку и технологии в школах, и в этом направлении модель, объединяющая естественные науки и инженерные предметы в единую систему, специальности в университетах в рамках следующих направлений обучения: математика, информатика, естественные науки и техника, и научное образование, основанное на исследованиях. В статье [1] было продемонстрировано, что технологии могут помочь сделать физическое образование более актуальным, более связанным с реальной жизнью и более аутентичным, а также могут расширить возможности для собственных исследований учащихся. Так что это действительно имеет дополнительную ценность, а не просто предоставляет другой способ обучения тому же самому. Это известно уже несколько десятилетий, но до сих пор применяется в относительно небольших масштабах. Серьёзной задачей является подготовка учителей к использованию технологий в этом направлении. Недавно авторы исследовали разработку эффективного и относительно короткого курса для учителей, чтобы подготовить их к использованию информационных компьютерных технологий на уроках научного образования, основанного на исследованиях. Курс был сосредоточен не только на изучении навыков информационных компьютерных технологий, но и на осознании преимуществ и мотивации. Принимая во внимание эти цели, применили несколько педагогических принципов, таких как принцип «сначала вглубь» и один цикл «теория-практика». Окончательная структура курса основана на нескольких раундах испытаний и улучшений

и применялась в Нидерландах, Словацкой Республике и Вьетнаме. Курс будет представлен в полном тексте. Некоторое внимание уделяется различиям в применении в разных условиях (до службы и в процессе работы, в разных культурах), а также влиянию обучения на участников. Интересным и важным выводом является то, что такой качественный дизайн курса можно применять широко.

Образовательные цели эволюционировали, чтобы сделать акцент на приобретении учащимися знаний и атрибутов, необходимых для успешного участия в рабочей силе и глобальной экономике двадцать первого века. Новые образовательные стандарты подчеркивают более высокие навыки, включая мышление, творчество и открытое решение проблем. Несмотря на наличие существенных научных данных и консенсуса в отношении определения основных навыков двадцать первого века, не хватает исследований, посвященных взаимодействию и развитию связанных вспомогательных навыков с течением времени. В статье [2] представлен краткий обзор исследований в области физического образования как средства создания контекста для будущей работы по содействию глубокому обучению и развитию способностей к интеллектуальным рассуждениям. На основе синтеза литературы по навыкам двадцать первого века и физическому образованию предлагается ряд конкретно определённых образовательных и исследовательских целей для будущих исследований, а также то, как они могут повлиять на курсы физики следующего поколения и как физику следует преподавать в школе.

В статье [3] рассматриваются некоторые особенности функционирования системы физического воспитания в региональном университете Кенигсберга в Восточной Пруссии и университете Калининградской области. В статье [3] рассматривается специфика подготовки физиков на каждом этапе развития вуза. Показано, что научный и учебный процессы неразрывно связаны друг с другом при обучении физике. Участие профессорско-преподавательского состава физических факультетов университета в научной исследовательской работе и привлечение к ней студентов является залогом успешной подготовки высококвалифицированных специалистов. На разных этапах развития системы физического воспитания особое внимание уделялось подготовке учителей физики.

В статье [4] описывается метод разработки онтологической модели, способной формировать содержание информационных компетенций и оценивать их у студентов вуза. В его основе два тезиса: во-первых, должны быть определены границы предметной области компетенций и, во-вторых, должен быть разработан метод учёта индивидуальных особенностей и потребностей для создания индивидуального плана профессиональной подготовки и самообучения. предварительно рассмотрены и разработаны. В статье [4] представлена разработанная по изложенной методике онтологическая модель для формирования содержания информационных компетенций и их оценки на примере предметной области бизнес-решений на платформе «1С:Предприятие». База знаний, созданная онтологической моделью, может быть интегрирована в интеллектуальные информационные системы принятия решений, предназначенные для сферы образования, корпоративного обучения и управления персоналом.

Современное высшее образование предъявляет высокие требования к уровню подготовки студентов, что требует принципиально нового подхода к обучению. Научно-исследовательская работа студентов высших учебных заведений является перспективным видом деятельности, способным реализовать всестороннее личностное развитие студентов, раскрыть их творческий потенциал и индивидуальные ресурсы. Организация научно-исследовательской деятельности позволит проводить содержательные лабораторные и практические занятия в интерактивном режиме, когда у студентов развиваются исследовательские, коммуникативные и рефлексивные навыки. Грамотный метод организации исследовательской деятельности позволит значительно повысить

эффективность аудиторной деятельности, поддерживать высокую степень интереса и познавательной активности учащихся, а использование технологий исследовательской подготовки при рассмотрении вопросов биоразнообразия позволит выявить сущность изучаемых процессов и обеспечивают профессиональный и личностный рост студентов. В статье [5] отмечено значение научных исследований в естественнонаучном образовании. Рассмотрены основные направления научно-исследовательской деятельности студента по созданию базы карабидологических наблюдений и экологического контроля. Полученные данные представляют интерес не только для сравнительного анализа зональных изменений сообществ жужелиц, но и для уточнения распределения карабидофауны в условиях антропогенной трансформации в центральной части России. Представленная информация может быть использована в качестве дополнительного материала преподавателями организаций высшего и среднего образования, учителями биологии. Для организации исследовательской деятельности студентов были разработаны методические рекомендации, которые помогают формировать исследовательскую компетентность и применять исследовательский подход в высшей школе.

Для научно-технического развития Российской Федерации необходимо готовить кадры со школьной скамьи. При таком подходе к инженерному образованию особую актуальность приобретает подготовка высококвалифицированных педагогов. Эти учителя технологий двадцать первого века должны быть не только мотивированы на работу со студентами, но и демонстрировать современные цифровые, инженерные и технологические компетенции. В статье [6] использованы следующие методы исследования: анализ научных работ по проблемам инженерного образования в школе; концепция преподавания предметной области по технологии в российских школах, реализующих основные общеобразовательные программы, новейшие учебно-методические комплексы по технологии; анализ нормативно-правовой базы и систематизация ведущих нормативных документов, определяющих изменения в профессионально-педагогическом образовании учителей технологий; анализ и обобщение авторского опыта разработки основных профессиональных образовательных программ; педагогический опыт подготовки будущих учителей технологии и информатики, а также опыт преподавания технологии школьникам; анализ влияния цифровизации образования и профессиональной деятельности на трансформацию способов их реализации, а также процессов межличностного взаимодействия и профессиональной идентификации; диагностика профессиональной идентичности по Л. Б. Шнайдеру, анкетирование и описательная статистика; обобщение и интерпретация результатов исследования. Детальный анализ психолого-педагогических исследований, нормативной документации в области технологического образования позволил авторам выявить основные условия подготовки учителей технологии для реализации инженерного образования в общеобразовательных школах России.

Внедрение современных технологий в процесс обучения в школе является важной задачей, как для системы образования в целом, так и для отдельного педагога. Умение работать с новыми средствами обучения позволяет учителю заинтересовать учащихся своим предметом. Одним из таких инструментов являются очки виртуальной и смешанной реальности. Акцент делается на смешанной реальности, хотя они часто тесно связаны. В статье [7] представлен краткий обзор работ, посвященных использованию смешанной реальности в обучении физике, проведено исследование готовности студентов педагогического вуза к использованию данной технологии в своей будущей профессиональной деятельности. В статье [7] модифицирована анкета для экспертной оценки разработок смешанной реальности, проведён опрос специалистов в данной области.

В статье [8] рассматривается эволюция общеобразовательных целей в частности физического образования, изменение посредством этого процесса понимания содержания учебного предмета по физике. Советское образование, направленное на подготовку все-

сторонне гармонично развитой личности через парадигму знаний и содержание образования, полностью соответствовало этой цели. В дальнейшем происходит переосмысление подходов к пониманию содержания образования и содержания предмета. В настоящее время цели образования представлены в виде образовательных результатов: личностных, предметных и метапредметных, что предполагает изменение содержания учебного предмета по физике в сторону повышения значимости методических, междисциплинарных, оценочных знаний и усиления процессуальная составляющая. Эта тенденция находит отражение и в учебниках: расширена процессуальная составляющая, появляются задачи и задачи, предполагающие проведение экспериментальных исследований на уроках и дома, решение творческих задач, выполнение учебных проектов. В статье [8] обосновывается роль учебника физики в повышении образовательных результатов, приводятся примеры организации учебного содержания в школьных учебниках физики в России и Сингапуре.

В рамках более крупного исследования, направленного на то, чтобы понять мнение преподавателей относительно изучения и преподавания решения задач на вводном курсе физики, в статье [9] исследуются убеждения ассистентов преподавателей-первокурсников относительно использования примеров решений во вводном курсе физики. В частности, исследовано, как цель поощрения экспертного решения проблем проявляется в соображениях выбора ассистентами выпускников примеров решений. Двадцати четырем ассистентам-первокурсникам было предложено обсудить свои цели по представлению примеров решений для студентов. Им также были предоставлены различные примеры решений, и их попросили обсудить их предпочтения в отношении характерных особенностей решения. Осведомленность ассистентов преподавателей, предпочтения и реальная практика, связанные с функциями решения, были изучены в свете рекомендаций из литературы по моделированию экспертных подходов к решению проблем. В исследовании делается вывод о том, что цель помочь учащимся разработать экспертный подход к решению проблем лежит в основе соображений многих ассистентов преподавателей в отношении использования примеров решений. Ассистент учителя, однако, не замечает и не использует многие особенности, описанные в исследовательской литературе как способствующие достижению этой цели. Возможное объяснение этого разрыва между их верой и практикой заключается в том, что эти особенности противоречат другому мощному набору ценностей, связанных с вовлечением учащихся, установлением адекватных стандартов, а также с прагматическими соображениями, такими как требования времени и выставление оценок.

Сегодняшняя политика в области образования направлена на воспитание людей с навыками двадцать первого века, которые считаются всеобщей необходимостью, а умение решать проблемы является одним из навыков, которые стали требованием двадцать первого века. Обучение решению задач является одной из наиболее важных тем физического образования, а также той областью, в которой у учащихся возникает больше всего проблем. В статье [10] сообщается, что пытаясь решить задачи по физике, учащиеся часто заявляют, что понимают вопросы, знают законы физики, на которых основана задача, решали много подобных задач, но новая задача отличается от предыдущих задач, поэтому они не могут решить поставленную задачу. В статье [10] представлен обзор исследований по решению проблем в физическом образовании в соответствии с уровнем учащихся, методологией и развитием стратегий решения проблем в хронологическом порядке.

Анализ литературы по новым тенденциям и методикам физико-технического образования показывает актуальность темы исследования.

Результаты педагогического эксперимента

Педагогический эксперимент по физике проводился со 2 сентября по 29 октября 2021 года в ОГБОУ «Димитровградский технический колледж» в городе Димитровграде Ульяновской области. Наблюдение, сбор данных и их анализ производился в трёх группах: И-12, Л-11, А-11. Основную часть учащихся составляют подростки в возрасте от 15 до 16 лет. Программа по физике на учебный год рассчитана на изучение школьной программы десятого и одиннадцатого классов. Занятия физики в группах проводятся один раз в неделю в виде двух уроков подряд.

В группе И-12 (направление: информационные системы и программирование) 17 мальчиков. Сильных студентов 5 человек. Есть учащаяся, занявшая позицию пассивного неприятия происходящего на уроке. В целом группа активная, уровень средний, так как тяжелее даётся новая информация, но хорошо закрепляется.

В группе Л-11 (направление: операционная деятельность в логистике) 23 девочки и 2 мальчик. Одна из самых активных и продуктивных групп. Так как материал быстро усваивается, остается время на решение дополнительных задач.

В группе А-11 (направление: автомеханик) обучаются 25 мальчиков. Из всех трёх рассматриваемых групп, эта группа является наиболее слабой. В группе А-11 наблюдаются проблемы с дисциплиной. Трудно проходит восприятие как нового, так и школьного материала.

В ходе педагогического эксперимента проводились несколько проверочных работ по физике, в число которых входили входная работа, самостоятельная работа, контрольная работа по физике.

В группе И-12 на входной работе по физике 2 человека получили отметку «отлично», 7 человек получили отметку «хорошо», 5 человек получили отметку «удовлетворительно», 2 человека получили отметку «неудовлетворительно», 1 человек был не аттестован из-за отсутствия на занятии, что требует обязательной отработки материала занятия. В группе И-12 абсолютная успеваемость на входной работе по физике составила 82.4%. В группе И-12 качество знаний на входной работе по физике составило 52.9%. В группе И-12 степень обученности учащихся на входной работе по физике составила 51.0%. Степень обученности учащихся на входной работе по физике находится на допустимом уровне. В группе И-12 среднее значение отметок на входной работе по физике составило 3.35. В группе И-12 на входной работе по физике первый или высший уровень требований составил 48.7 %, второй или средний уровень требований составил 27.1 %, третий или низший уровень требований составил 12.0 %. В группе И-12 на входной работе по физике среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения равно 1.714. В группе И-12 на входной работе по физике экспериментальное значение хи-квадрат равно 7.412, что меньше критического значения хи-квадрат для уровня значимости 0.01 и 5 степеней свободы, равного 15.086. Поэтому можно сделать вывод о выполнении основной гипотезы для этого занятия.

На рис. 1 приведена гистограмма распределения количества отметок на входной работе по физике в группе И-12.

В группе И-12 на самостоятельной работе по физике 2 человека получили отметку «отлично», 5 человек получили отметку «хорошо», 6 человек получили отметку «удовлетворительно», 1 человек получил отметку «неудовлетворительно», 3 человека были не аттестованы из-за отсутствия на занятии, что требует обязательной отработки материала занятия. В группе И-12 абсолютная успеваемость на самостоятельной работе по физике составила 76.5%. В группе И-12 качество знаний на самостоятельной работе по физике составило 41.2%. В группе И-12 степень обученности учащихся на самостоятельной работе по физике составила 45.5%. Степень обученности учащихся на самостоятельной работе по физике находится на удовлетворительном уровне. В группе И-12

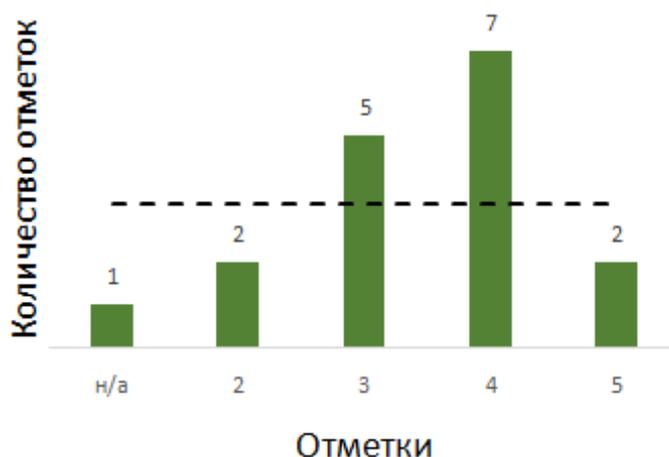


Рис. 1. Распределение количества отметок на входной работе по физике в группе И-12.

среднее значение отметок на самостоятельной работе по физике составило 2.94. В группе И-12 на самостоятельной работе по физике первый или высший уровень требований составил 43.3 %, второй или средний уровень требований составил 23.8 %, третий или низший уровень требований составил 10.4 %. В группе И-12 на самостоятельной работе по физике среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения равно 1.457. В группе И-12 на самостоятельной работе по физике экспериментальное значение хи-квадрат равно 5.059, что меньше критического значения хи-квадрат для уровня значимости 0.01 и 5 степеней свободы, равного 15.086. Поэтому можно сделать вывод о выполнении основной гипотезы для этого занятия.

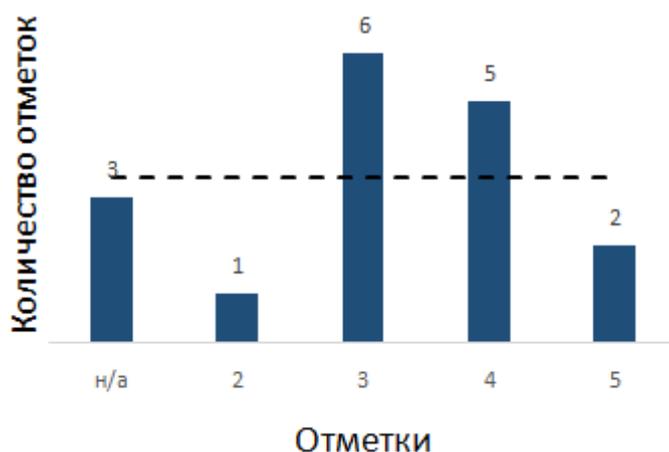


Рис. 2. Распределение количества отметок на самостоятельной работе по физике в группе И-12.

На рис. 2 приведена гистограмма распределения количества отметок на самостоятельной работе по физике в группе И-12.

В группе И-12 на контрольной работе по физике 1 человек получил отметку «отлично», 8 человек получили отметку «хорошо», 5 человек получили отметку «удовлетворительно», 2 человека получили отметку «неудовлетворительно», 1 человек был не аттестован из-за отсутствия на занятии, что требует обязательной отработки материала занятия. В группе И-12 абсолютная успеваемость на контрольной работе по физике составила 82.4%. В группе И-12 качество знаний на контрольной работе по физике составило 52.9%. В группе И-12 степень обученности учащихся на контрольной работе по физике составила 48.9%. Степень обученности учащихся на контрольной работе по

физике находится на допустимом уровне. В группе И-12 среднее значение отметок на контрольной работе по физике составило 3.29. В группе И-12 на контрольной работе по физике первый или высший уровень требований составил 46.6 %, второй или средний уровень требований составил 25.4 %, третий или низший уровень требований составил 10.8 %. В группе И-12 на контрольной работе по физике среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения равно 1.894. В группе И-12 на контрольной работе по физике экспериментальное значение хи-квадрат равно 10.941, что меньше критического значения хи-квадрат для уровня значимости 0.01 и 5 степеней свободы, равного 15.086. Поэтому можно сделать вывод о выполнении основной гипотезы для этого занятия.

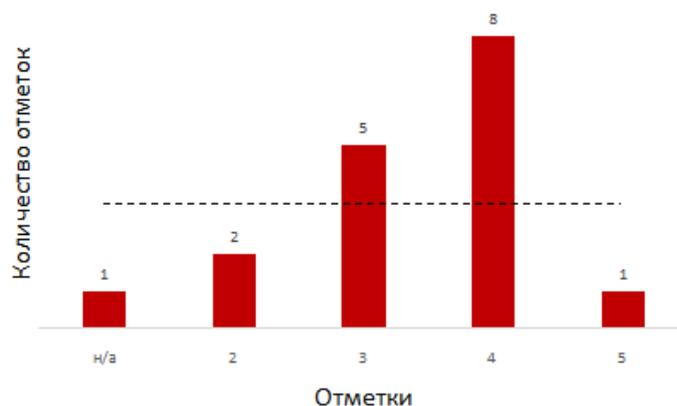


Рис. 3. Распределение количества отметок на контрольной работе по физике в группе И-12.

На рис. 3 приведена гистограмма распределения количества отметок на контрольной работе по физике в группе И-12.

В группе Л-11 на входной работе по физике 2 человека получили отметку «отлично», 11 человек получили отметку «хорошо», 8 человек получили отметку «удовлетворительно», 1 человек получил отметку «неудовлетворительно», 3 человека были не аттестованы из-за отсутствия на занятии, что требует обязательной отработки материала занятия. В группе Л-11 абсолютная успеваемость на входной работе по физике составила 84.0%. В группе Л-11 качество знаний на входной работе по физике составило 52.0%. В группе Л-11 степень обученности учащихся на входной работе по физике составила 49.2%. Степень обученности учащихся на входной работе по физике находится на допустимом уровне. В группе Л-11 среднее значение отметок на входной работе по физике составило 3.20. В группе Л-11 на входной работе по физике первый или высший уровень требований составил 47.7 %, второй или средний уровень требований составил 26.1 %, третий или низший уровень требований составил 11.2 %. В группе Л-11 на входной работе по физике среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения равно 1.895. В группе Л-11 на входной работе по физике экспериментальное значение хи-квадрат равно 14.8, что меньше критического значения хи-квадрат для уровня значимости 0.01 и 5 степеней свободы, равного 15.086. Поэтому можно сделать вывод о выполнении основной гипотезы для этого занятия.

На рис. 4 приведена гистограмма распределения количества отметок на входной работе по физике в группе Л-11.

В группе Л-11 на самостоятельной работе по физике 6 человек получили отметку «отлично», 12 человек получили отметку «хорошо», 5 человек получили отметку «удовлетворительно», 0 человек получили отметку «неудовлетворительно», 2 человека были не аттестованы из-за отсутствия на занятии, что требует обязательной отработки

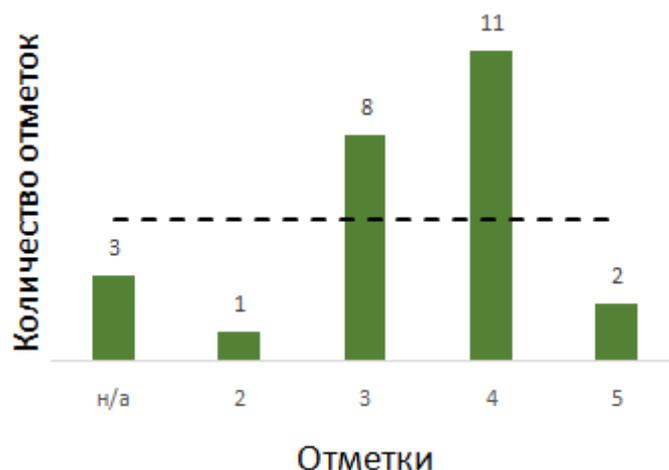


Рис. 4. Распределение количества отметок на входной работе по физике в группе Л-11.

материала занятия. В группе Л-11 абсолютная успеваемость на самостоятельной работе по физике составила 92.0%. В группе Л-11 качество знаний на самостоятельной работе по физике составило 72.0%. В группе Л-11 степень обученности учащихся на самостоятельной работе по физике составила 62.5%. Степень обученности учащихся на самостоятельной работе по физике находится на оптимальном уровне. В группе Л-11 среднее значение отметок на самостоятельной работе по физике составило 3.72. В группе Л-11 на самостоятельной работе по физике первый или высший уровень требований составил 61.9%, второй или средний уровень требований составил 35.8%, третий или низший уровень требований составил 17.1%. В группе Л-11 на самостоятельной работе по физике среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения равно 2.162. В группе Л-11 на самостоятельной работе по физике экспериментальное значение хи-квадрат равно 16.8, что больше критического значения хи-квадрат для уровня значимости 0.01 и 5 степеней свободы, равного 15.086. Поэтому можно сделать вывод о необходимости совершенствования методики проведения этого занятия.

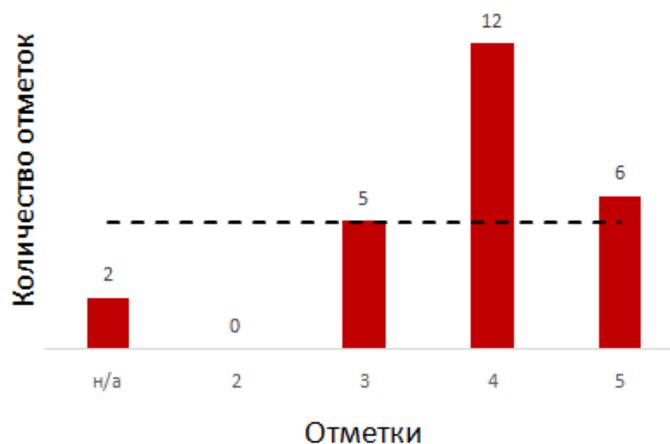


Рис. 5. Распределение количества отметок на самостоятельной работе по физике в группе Л-11.

На рис. 5 приведена гистограмма распределения количества отметок на самостоятельной работе по физике в группе Л-11.

В группе Л-11 на контрольной работе по физике 4 человека получил отметку «отлично», 13 человек получили отметку «хорошо», 5 человек получили отметку «удовлетворительно», 1 человек получил отметку «неудовлетворительно», 2 человека были не

аттестованы из-за отсутствия на занятии, что требует обязательной отработки материала занятия. В группе Л-11 абсолютная успеваемость на контрольной работе по физике составила 88.0%. В группе Л-11 качество знаний на контрольной работе по физике составило 68.0%. В группе Л-11 степень обученности учащихся на контрольной работе по физике составила 57.7%. Степень обученности учащихся на контрольной работе по физике находится на допустимом уровне. В группе Л-11 среднее значение отметок на контрольной работе по физике составило 3.56. В группе Л-11 на контрольной работе по физике первый или высший уровень требований составил 56.5 %, второй или средний уровень требований составил 32.2 %, третий или низший уровень требований составил 14.9 %. В группе Л-11 на контрольной работе по физике среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения равно 2.146. В группе Л-11 на контрольной работе по физике экспериментальное значение хи-квадрат равно 18.0, что больше критического значения для уровня значимости 0.01 и 5 степеней свободы, равного 15.086. Поэтому можно сделать вывод о необходимости совершенствования методики проведения этого занятия.

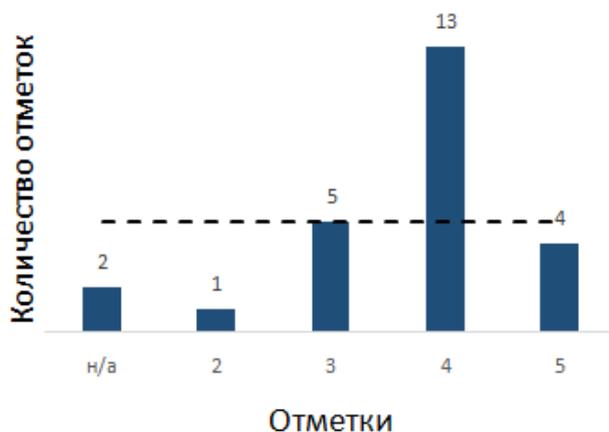


Рис. 6. Распределение количества отметок на контрольной работе по физике в группе Л-11.

На рис. 6 приведена гистограмма распределения количества отметок на контрольной работе по физике в группе Л-11.

На рис. 7 приведены результаты трёх проверочных работ по физике (входная, самостоятельная, контрольная) в трёх исследуемых группах, показатель степени обученности обучающихся по физике представлен по оси ординат. Установлено, что степень обученности большинства проверочных работ по физике в ходе педагогического эксперимента находится на допустимом уровне, а степень обученности на остальных проверочных работах находится на удовлетворительном уровне.

В группе А-11 на входной работе по физике 4 человека получили отметку «отлично», 12 человек получили отметку «хорошо», 7 человек получили отметку «удовлетворительно», 1 человек получил отметку «неудовлетворительно», 1 человек был не аттестован из-за отсутствия на занятии, что требует обязательной отработки материала занятия. В группе А-11 абсолютная успеваемость на входной работе по физике составила 92.0%. В группе А-11 качество знаний на входной работе по физике составило 64.0%. В группе А-11 степень обученности учащихся на входной работе по физике составила 57.7%. Степень обученности учащихся на входной работе по физике находится на допустимом уровне. В группе А-11 среднее значение отметок на входной работе по физике составило 3.64. В группе А-11 на входной работе по физике первый или высший уровень требований составил 56.8 %, второй или средний уровень требований составил 32.0 %,

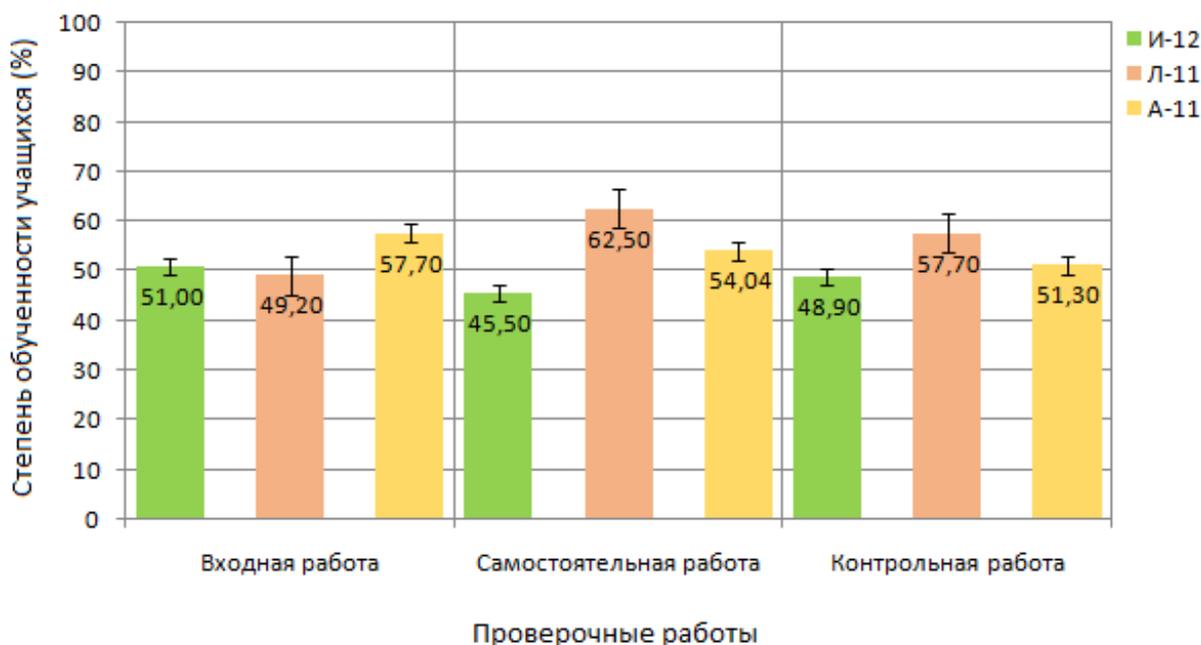


Рис. 7. Результаты степени обученности учащихся на проверочных работах по физике.

третий или низший уровень требований составил 14.6 %. В группе А-11 на входной работе по физике среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения равно 2.063. В группе А-11 на входной работе по физике экспериментальное значение хи-квадрат равно 17.82, что больше критического значения хи-квадрат для уровня значимости 0.01 и 5 степеней свободы, равного 15.086. Поэтому можно сделать вывод о необходимости совершенствования методики для этого занятия.

В группе А-11 на самостоятельной работе по физике 3 человека получили отметку «отлично», 11 человек получили отметку «хорошо», 9 человек получили отметку «удовлетворительно», 1 человек получил отметку «неудовлетворительно», 1 человек был не аттестован из-за отсутствия на занятии, что требует обязательной отработки материала занятия. В группе А-11 абсолютная успеваемость на самостоятельной работе по физике составила 92.0%. В группе А-11 качество знаний на самостоятельной работе по физике составило 56.0%. В группе А-11 степень обученности учащихся на самостоятельной работе по физике составила 54.0%. Степень обученности учащихся на самостоятельной работе по физике находится на допустимом уровне. В группе А-11 среднее значение отметок на самостоятельной работе по физике составило 3.52. В группе А-11 на самостоятельной работе по физике первый или высший уровень требований составил 53.1 %, второй или средний уровень требований составил 29.3 %, третий или низший уровень требований составил 12.8 %. В группе А-11 на самостоятельной работе по физике среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения равно 1.973. В группе А-11 на самостоятельной работе по физике экспериментальное значение хи-квадрат равно 17.6, что больше критического значения хи-квадрат для уровня значимости 0.01 и 5 степеней свободы, равного 15.086. Поэтому можно сделать вывод о необходимости совершенствования методики проведения этого занятия.

В группе А-11 на контрольной работе по физике 3 человека получили отметку «отлично», 10 человек получили отметку «хорошо», 8 человек получили отметку «удовлетворительно», 3 человека получили отметку «неудовлетворительно», 1 человек был не аттестован из-за отсутствия на занятии, что требует обязательной отработки материала занятия. В группе А-11 абсолютная успеваемость на контрольной работе по физике составила 84.0%. В группе А-11 качество знаний на контрольной работе по физике со-

ставило 52.0%. В группе А-11 ступень обученности учащихся на контрольной работе по физике составила 51.3%. Ступень обученности учащихся на контрольной работе по физике находится на допустимом уровне. В группе А-11 среднее значение отметок на контрольной работе по физике составило 3.40. В группе А-11 на контрольной работе по физике первый или высший уровень требований составил 49.1 %, второй или средний уровень требований составил 27.2 %, третий или низший уровень требований составил 12.0 %. В группе А-11 на контрольной работе по физике среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения равно 1.787. В группе А-11 на контрольной работе по физике экспериментальное значение хи-квадрат равно 11.6, что меньше критического значения для уровня значимости 0.01 и 5 степеней свободы, равного 15.086. Поэтому можно сделать вывод о выполнении основной гипотезы для этого занятия.

Заключение

В ходе педагогического эксперимента было отмечено, что использование методов работы с физическим оборудованием на уроках физики способствует улучшению усвоения теоретического материала по физике благодаря большей наглядности представления материала по физике. Деятельность учащихся экспериментальной группы удалось активизировать благодаря демонстрации физических экспериментов и проведению лабораторных работ по физике на занятиях по физике, а для развития коммуникативных способностей использовался взаимный опрос учащихся при проверке домашних заданий по физике.

Степень обученности большинства проверочных работ по физике в ходе педагогического эксперимента находится на допустимом уровне, а степень обученности на остальных проверочных работах находится на удовлетворительном уровне, что говорит о положительных результатах педагогического эксперимента.

Гипотеза исследования, заключающаяся в том, что если применять технологию обучения физике, основанную на реализации физико-технической направленности обучения, используемую в ходе изучения физических явлений и процессов в курсе физики в техническом колледже в сочетании с методами критического мышления, то подготовка по физике в техническом колледже будет более эффективной, что способствует улучшению качества обучения физике, подтверждена полностью.

В ходе педагогического эксперимента апробирована методика формирования системы знаний по физике в техническом колледже в условиях технической направленности обучения физике, включающая этапы деятельности учителя по формированию системы знаний по физике с учётом технической направленности, теоретические и контрольные материалы для занятий по физике. Результаты проведения педагогического эксперимента по апробации методики преподавания физики в техническом колледже позволили выявить особенности изучения физики в техническом колледже в условиях технической направленности обучения. В ходе педагогического эксперимента успешно апробирована система подготовки по физике в техническом колледже, направленная на создание и реализацию условий, способствующих формированию у обучаемых качественного освоения большого объёма учебной информации по физике, её критического анализа, поиска нестандартных подходов к решению сложных физических задач в условиях физико-технической направленности обучения.

Список использованных источников

1. Ellermeijer T., Tran T. Technology in teaching physics: benefits, challenges, and solutions // *Upgrading Physics Education to Meet the Needs of Society*. — Springer International Publishing, 2019. — P. 35–67. — URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-96163-7_3.

2. Bao L., Koenig K. Physics education research for 21st century learning // *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*. — 2019. — nov. — Vol. 1, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0007-8>.
3. Korneva I. P. Traditions in teaching physics at the regional Kaliningrad University // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2020. — nov. — Vol. 1691, no. 1. — P. 012001. — URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012001>.
4. The development of ontological model for increasing the competitiveness of university graduates in information technologies / L. V. Kurzaeva [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2020. — nov. — Vol. 1691, no. 1. — P. 012003. — URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012003>.
5. Romankina M. Yu., Kuznetsova N. V., Fedulova Yu. A. Scientific research as an important aspect of natural science education // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2020. — nov. — Vol. 1691, no. 1. — P. 012011. — URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012011>.
6. Gromova E. M., Berkutova D. I., Gorshkova T. A. Training of teachers for engineering education in Russian schools // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2020. — nov. — Vol. 1691, no. 1. — P. 012014. — URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012014>.
7. Some aspects of using mixed reality technologies in the training of physics teachers / P. V. Zakharov [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2020. — nov. — Vol. 1691, no. 1. — P. 012015. — URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012015>.
8. Purysheva N. S., Isaev D. A. Reflection the modern ideas about the content of general education in the school physics textbooks // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2020. — nov. — Vol. 1691, no. 1. — P. 012052. — URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012052>.
9. Teaching assistants' beliefs regarding example solutions in introductory physics / Sh.-Y. Lin [et al.] // *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. — 2013. — may. — Vol. 9, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.010120>.
10. Ince E. An overview of problem solving studies in physics education // *Journal of Education and Learning*. — 2018. — may. — Vol. 7, no. 4. — P. 191. — URL: <https://doi.org/10.5539/jel.v7n4p191>.

Сведения об авторах:

Алексей Александрович Лебедев — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: alexjek73@gmail.com

ORCID iD  0000-0002-0432-6409

Web of Science ResearcherID  AFN-9300-2022

The results of a pedagogical experiment on approbation of the methods of teaching physics in a technical college

A. A. Lebedev 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted May 5, 2022

Resubmitted May 13, 2022

Published June 7, 2022

Abstract. Some features of teaching physics in a technical college are considered, based on the implementation of the physical and technical orientation of education used in the study of physical phenomena and processes in the course of physics in a technical college. During the pedagogical experiment, it was noted that the use of methods of working with physical equipment in physics lessons helps to improve the assimilation of theoretical material in physics due to the greater visibility of the presentation of material in physics. The activity of the students of the experimental group was activated thanks to the demonstration of physical experiments and laboratory work in physics in the classroom in physics, and to develop communication skills, a mutual survey of students was used when checking homework in physics.

Keywords: physics, physics course, teaching physics, pedagogical experiment, the study of physical phenomena, physical equipment, visualization of the material, physical and technical orientation of education

PACS: 01.40.-d

References

1. Ellermeijer T., Tran T. Technology in teaching physics: benefits, challenges, and solutions // *Upgrading Physics Education to Meet the Needs of Society*.— Springer International Publishing, 2019.— P. 35–67.— URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-96163-7_3.
2. Bao L., Koenig K. Physics education research for 21st century learning // *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*.— 2019.— nov.— Vol. 1, no. 1.— URL: <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0007-8>.
3. Korneva I. P. Traditions in teaching physics at the regional Kaliningrad University // *Journal of Physics: Conference Series*.— 2020.— nov.— Vol. 1691, no. 1.— P. 012001.— URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012001>.
4. The development of ontological model for increasing the competitiveness of university graduates in information technologies / L. V. Kurzaeva [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series*.— 2020.— nov.— Vol. 1691, no. 1.— P. 012003.— URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012003>.
5. Romankina M. Yu., Kuznetsova N. V., Fedulova Yu. A. Scientific research as an important aspect of natural science education // *Journal of Physics: Conference Series*.— 2020.— nov.— Vol. 1691, no. 1.— P. 012011.— URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012011>.

6. Gromova E. M., Berkutova D. I., Gorshkova T. A. Training of teachers for engineering education in Russian schools // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2020. — nov. — Vol. 1691, no. 1. — P. 012014. — URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012014>.
7. Some aspects of using mixed reality technologies in the training of physics teachers / P. V. Zakharov [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2020. — nov. — Vol. 1691, no. 1. — P. 012015. — URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012015>.
8. Purysheva N. S., Isaev D. A. Reflection the modern ideas about the content of general education in the school physics textbooks // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2020. — nov. — Vol. 1691, no. 1. — P. 012052. — URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012052>.
9. Teaching assistants' beliefs regarding example solutions in introductory physics / Sh.-Y. Lin [et al.] // *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. — 2013. — may. — Vol. 9, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.010120>.
10. Ince E. An overview of problem solving studies in physics education // *Journal of Education and Learning*. — 2018. — may. — Vol. 7, no. 4. — P. 191. — URL: <https://doi.org/10.5539/jel.v7n4p191>.

Information about authors:

Alexey Alexandrovich Lebedev — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: alexjek73@gmail.com

ORCID iD  0000-0002-0432-6409

Web of Science ResearcherID  AFN-9300-2022

Секция 2

Физико-математические науки

УДК 531.5
ББК 22.313
ГРНТИ 29.05.41
ВАК 01.04.02

Разработка дистанционного курса по дисциплине по выбору по новейшим открытиям гравитационной физики

Е. Е. Волкова  ¹

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 12 мая 2022 года
После переработки 19 мая 2022 года
Опубликована 7 июня 2022 года

Аннотация. Рассматривается результат разработки материалов дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE. Описан результат процесса разработки материалов, заданий и вопросов в составе дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Для наполнения материалами темы по гравитационной физике в рамках дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE выполнен анализ теоретических материалов по гравитации, внедрены новые решения компоновки теоретических материалов в виде лекций и презентаций по гравитационной физике.

Ключевые слова: дистанционный курс, гравитационная физика, дисциплина по выбору, задания курса, вопросы курса

PACS: 04.20.Cv

¹E-mail: liza_volkova1999@mail.ru

Введение

Целью работы является исследование процесса создания дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики. Для достижения поставленной цели сформулирована задача создания материалов, заданий и вопросов в составе дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE. Для наполнения материалов темы по гравитационной физике в рамках дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE выполнен анализ теоретических материалов по гравитации, внедрены новые решения компоновки теоретических материалов в виде лекций и презентаций по гравитационной физике.

Объектом исследования является дистанционный курс по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

Предметом исследования являются материалы дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

Новизна работы заключается в использовании систематических компьютерных методов контроля знаний по курсу по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

Гипотеза исследования состоит в том, что если выявить возможности использования курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE для образовательных программ бакалавриата педагогического направления подготовки с профилем подготовки в области физики и астрономии, то можно создать дистанционный курс по новейшим открытиям гравитационной физики с оптимальной модульной структурой и содержанием.

В качестве методов исследования используются методы теории и методики обучения новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE, а также компьютерные методы для создания дистанционного курса в системе управления обучением MOODLE.

В качестве материалов исследования выбраны теоретические и методические материалы курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE для образовательных программ бакалавриата педагогического направления подготовки с профилем подготовки в области физики и астрономии.

Обзор работ по новейшим открытиям гравитационной физики

В статье [1] указано на важность квантовой природы гравитационного взаимодействия с материей в линеаризованной теории запутанности масс, индуцированной квантовой гравитацией. Показано, как квантовое взаимодействие запутывает стационарные состояния замкнутой системы (собственные состояния) двух пробных масс, помещенных в гармонические ловушки, и как такое квантовое взаимодействие материи-материи возникает из лежащего в основе квантового гравитационного поля. Полагаемся на квантовую теорию возмущений, подчеркивающую критические допущения для создания квантового взаимодействия материи и материи и показывающую, что классическое гравитационное поле не создает такой запутанности. Рассмотрены два различных примера: один, где два гармонических осциллятора статичны, и другой, где гармонические осцилляторы нестатичны. В обоих случаях именно квантовая природа гравитонов, взаимодействующих с гармоническими осцилляторами, ответственна за создание запутанного состояния с основным и возбужденными состояниями гармонических осцилляторов в качестве базиса Шмидта. Вычислено совпадение как критерий описанной выше запутанности и сравним два способа запутывания двух гармонических осцилляторов.

В статье [2] теоретически изучается и наблюдается экспериментально эволюция пе-

риодических цугов волн, используя пакеты поверхностных гравитационных волн на воде. Экспериментальная система позволяет наблюдать как амплитуду, так и фазу этих волновых пакетов. Для волн малой крутизны динамика распространения находится в линейном режиме, и эти волны разворачивают ковер Тальбота. За счёт увеличения крутизны волн и соответствующего нелинейного отклика волны следуют решению бризера Ахмедиева, где исчезают более высокочастотные периодические паттерны на дробном расстоянии Тальбота. Дальнейшее увеличение крутизны волны приводит к отклонениям от решения бризера Ахмедиева и к асимметричному нарушению волновой функции. В отличие от периодического возрождения, происходящего в линейном режиме, здесь гребни волн самоускоряются, а затем самозамедляются на половине расстояния Тальбота, завершая, таким образом, плавный переход периодической пачки импульсов на полпериода. Такие явления могут быть теоретически смоделированы с помощью уравнения Дисте.

В статье [3] рассмотрено влияние неминимальных связей на кривизну для трёх типов скаляров: бозона Хиггса, инфлатона и скалярного кандидата в темную материю. Вычислено количество темной материи, создаваемой этими неминимальными связями с гравитацией, и сравниваем с аналогичными результатами с минимальными связями. Вычислен также вклад в радиационную ванну при повторном нагреве. Основным эффектом является потенциальное увеличение максимальной температуры при повторном нагреве.

Для предлагаемых геоцентрических космических детекторов гравитационных волн, таких как TianQin, gLISA и GADFLI, возмущения гравитационного поля, то есть так называемый «орбитальный шум», от системы Земля-Луна на чувствительных межспутниковых лазерных интерферометрических измерениях должны тщательно оцениваться и учитываются в концептуальных исследованиях. Основываясь на TianQin, в статье [4] исследовано, как эффект с точки зрения частотных спектров меняется в зависимости от выбора орбитальной ориентации и радиуса с помощью исследований с одной переменной, и представляем соответствующие частоты спада, которые могут установить нижние границы целевых полос обнаружения. Результаты, в том числе особые случаи геостационарных орбит (gLISA/GADFLI) и повторяющихся орбит, могут стать полезным вкладом в проектирование орбит и созвездий для будущих геоцентрических миссий.

Общая теория относительности предсказывает только две тензорные поляризационные моды для гравитационных волн, в то время как в общей метрической теории гравитации допускается не более шести возможных поляризационных мод. Количество мод поляризации определяется конкретной модифицированной теорией гравитации. Поэтому определение режимов поляризации можно использовать для проверки теории гравитации. В статье [5] представлен конкретный конвейер анализа данных для космического детектора, такого как LISA, для обнаружения режимов поляризации гравитационных волн. Этот метод можно использовать для монохроматических гравитационных волн, излучаемых любой компактной двойной системой с известным положением на небе и частотой, для обнаружения смесей тензорных и экстраполяризационных мод. Использован источник J0806.3 + 1527 с данными моделирования за один год в качестве примера, чтобы показать, что этот подход способен исследовать чистые и смешанные поляризации, не зная точных мод поляризации. Обнаружено, что возможность обнаружения дополнительной поляризации зависит от местоположения источника гравитационных волн и амплитуды нетензорных составляющих.

В статье [6] предложено семейство моделей дилатонной гравитации, обладающих прыгающими решениями с внутренностями, соединяющими отдельные асимптотически плоские области. Показано, что внутренние горизонты Коши стабильны при опре-

деленных начальных условиях. Изучена причинно-следственная структура и оценены термодинамические свойства чёрных отскоков, используя евклидовы методы. Экстремальные отскоки имеют нулевую температуру и могут рассматриваться как остатки. Предполагается, что квантовые флуктуации могут растворять горизонты событий в случае черных отскоков, обеспечивая возможное разрешение информационного парадокса.

Проведённый анализ научной литературы по теории гравитации показал существование возрастающих потребностей в создании дистанционных курсов по новейшим открытиям гравитационной физики для педагогического образования с профилем по физике и математике в университетах. Анализ работ показывает актуальность создания курса по новейшим открытиям гравитационной физики.

Результаты разработки дистанционного курса

Курс посвящён рассмотрению новейших открытий гравитационной физики в рамках программы бакалаврита педагогического направления подготовки с профилем по физике и математике. Для создания информационной поддержки изучения курса используются методы создания дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE. Курс планируется в рамках блока дисциплин по выбору в 8 семестре бакалавриата педагогического направления подготовки с профилем подготовки по физике и математике. Курс по новейшим открытиям гравитационной физики рассчитан на две зачётные единицы или 72 часа общей трудоёмкости. В составе курса запланировано 12 часов лекций и 20 часов практических занятий. На самостоятельную работу студентов на курсе отводится 40 часов. Итоговой формой отчётности курса по новейшим открытиям гравитационной физики является зачёт. Курс по новейшим открытиям гравитационной физики предназначен для студентов бакалавриата педагогического направления подготовки с профилем по физике и математике, или с профилем по физике и информатике, или с профилем по физике и астрономии.

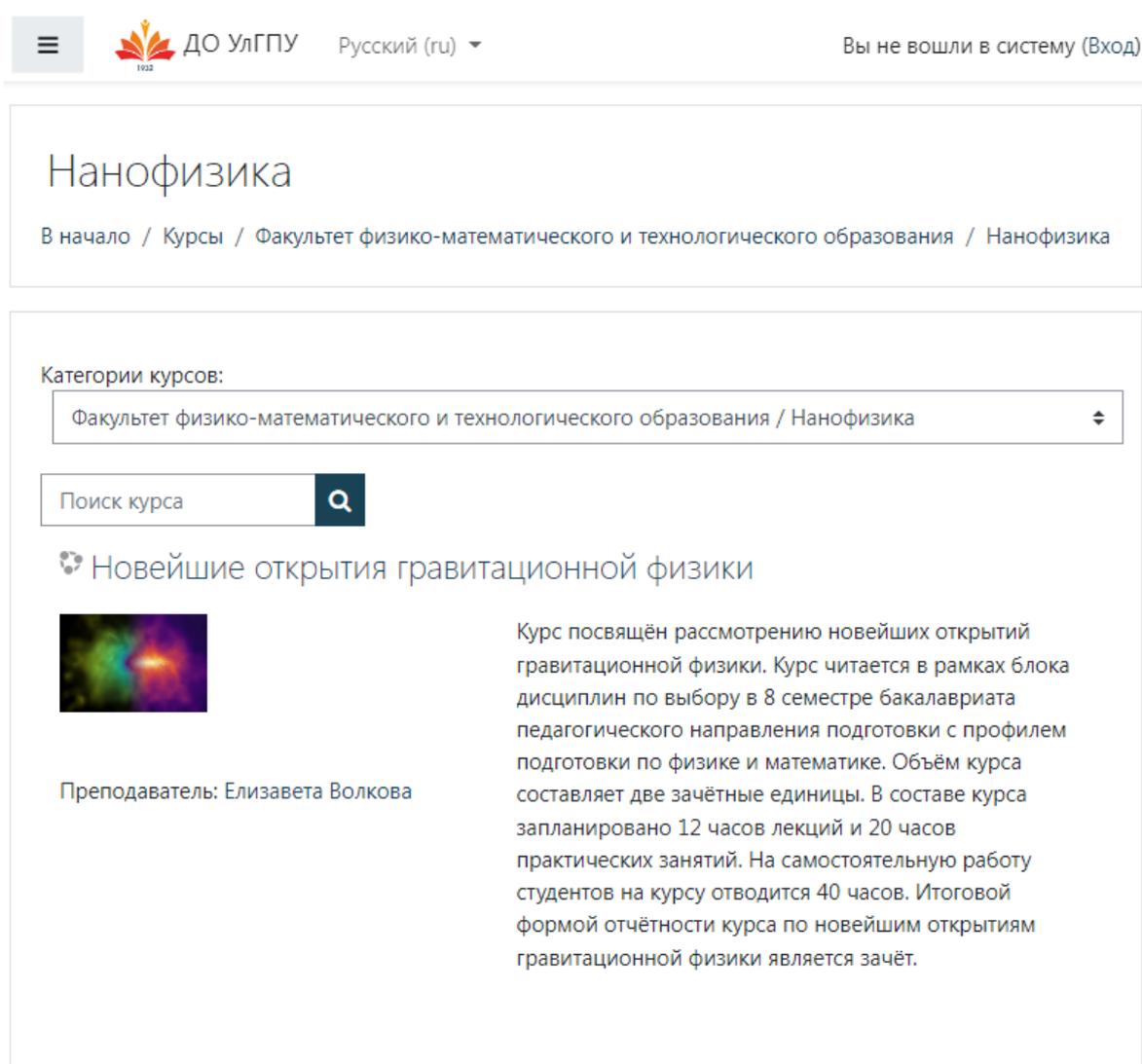
Опишем основные элементы дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 1 изображена входная страница дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики, созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 2 изображена первая часть тематических модулей дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE. В рамках первой темы рассматриваются физические свойства звёзд, теория образования галактик и крупномасштабные структуры во Вселенной. В рамках второй темы рассматриваются физические свойства чёрных дыр и объединения двух чёрных дыр в супермассивную чёрную дыру. В рамках третьей темы рассматриваются этапы развития Вселенной и современное укоренное расширение Вселенной. В рамках четвертой темы рассматривается стандартная космологическая модель.

На рис. 3 изображена вторая часть тематических модулей дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE. В рамках пятой темы рассматриваются различные модели инфляции и формирование структуры в моделях инфляции. В рамках шестой темы рассматриваются гравитационные волны и новейшие открытия в наблюдательной астрономии.

На рис. 4 изображены элементы четвертой темы дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE. В качестве элементов темы представлены лекция по стандартной космологической модели, поясняющие материалы, гиперссылки на литературные источники по теме.



Нанопизика

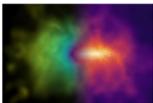
В начало / Курсы / Факультет физико-математического и технологического образования / Нанопизика

Категории курсов:

Факультет физико-математического и технологического образования / Нанопизика

Поиск курса

Новейшие открытия гравитационной физики



Преподаватель: Елизавета Волкова

Курс посвящён рассмотрению новейших открытий гравитационной физики. Курс читается в рамках блока дисциплин по выбору в 8 семестре бакалавриата педагогического направления подготовки с профилем подготовки по физике и математике. Объём курса составляет две зачётные единицы. В составе курса запланировано 12 часов лекций и 20 часов практических занятий. На самостоятельную работу студентов на курсу отводится 40 часов. Итоговой формой отчётности курса по новейшим открытиям гравитационной физики является зачёт.

Рис. 1. Входная страница курса по новейшим открытиям гравитационной физики, созданного в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 5 изображены элементы пятой темы дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE. В качестве элементов темы представлены лекция по моделям инфляции и формированию структуры в моделях инфляции, поясняющие материалы, гиперссылки на литературные источники по теме.

На рис. 6 изображена вторая часть элементов пятой темы дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE. Вторая часть элементов пятой темы дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики содержит пояснения по классификациям теорий гравитации и банк данных по хамелеонным теориям гравитации для различных космологических моделей.

На рис. 7 изображён элемент в виде лекции по различным моделям инфляции и формированию структуры в моделях инфляции в составе дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 8 изображены страницы банка данных параметров теорий гравитации для различных космологических моделей в составе дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 9 изображена вторая часть одной из страниц банка данных параметров

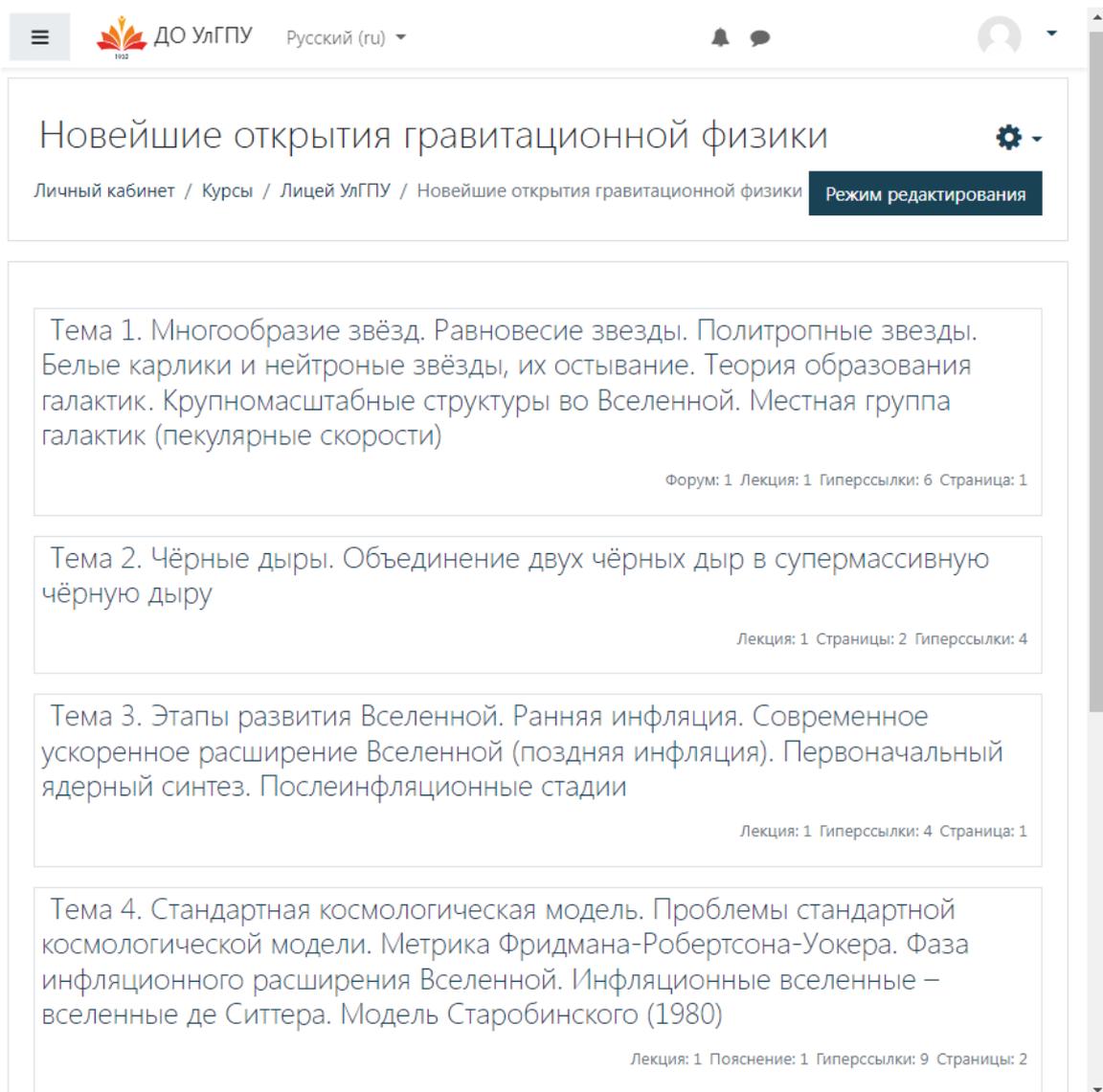


Рис. 2. Первая часть тематических модулей дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

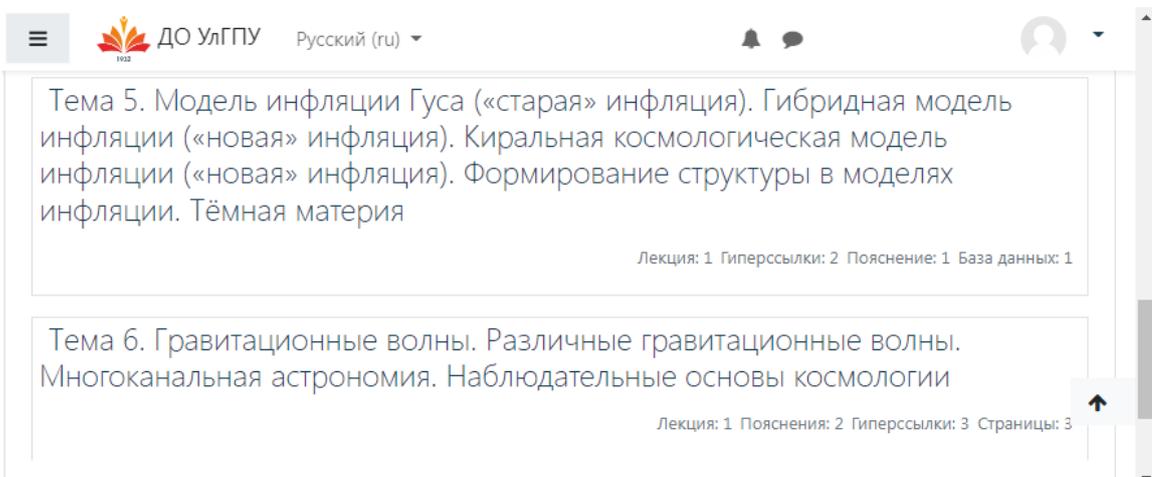


Рис. 3. Вторая часть тематических модулей дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

Личный кабинет / Курсы / Лицей УлГПУ / Новейшие открытия гравитационной физики
 / Тема 4. Стандартная космологическая модель. Проблемы стандартной космологической модели. Метрика Фридмана-Робертсона-Уокера. Фаза инфляционного расширения Вселенной. Инфляционные вселенные – вселенные де Ситтера. Модель Старобинского (1980)

Режим редактирования

←Тема 3. Этапы развития Вселенной. Ранняя инфляция. Современное ускоренное расширение Вселенной (поздняя инфляция). Первоначальный ядерный синтез. Послеинфляционные стадии
 Тема 5. Модель инфляции Гуса («старая» инфляция). Гибридная модель инфляции («новая» инфляция). Киральная космологическая модель инфляции («новая» инфляция). Формирование структуры в моделях инфляции. Тёмная материя ▶

Тема 4. Стандартная космологическая модель. Проблемы стандартной космологической модели. Метрика Фридмана-Робертсона-Уокера. Фаза инфляционного расширения Вселенной. Инфляционные вселенные – вселенные де Ситтера. Модель Старобинского (1980)

Лекция 4. Стандартная космологическая модель. Проблемы стандартной космологической модели. Метрика Фридмана-Робертсона-Уокера. Фаза инфляционного расширения Вселенной. Инфляционные вселенные – вселенные де Ситтера. Модель Старобинского (1980)

Общая теория относительности широко признана в качестве фундаментальной теории для описания геометрических свойств пространства-времени. В однородном и изотропном пространстве-времени уравнения поля Эйнштейна приводят к уравнениям Фридмана, которые описывают эволюцию Вселенной. Фактически, стандартная космология Большого Взрыва, основанная на эпохах доминирования излучения и вещества, может быть хорошо описана в рамках общей теории относительности.

Введение в общую теорию относительности, её современное развитие и приложения : учебное пособие / С. О. Алексеев, Е. А. Памятных, А. В. Урсулов [и др.] ; науч. ред. С. О. Алексеев. – Москва : Флинта : Уральский федеральный университет, 2017. – 381 с.

Вергелес, С. Н. Теоретическая физика. Общая теория относительности : учебник для вузов / С. Н. Вергелес. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 190 с.

Рис. 4. Элементы четвёртой темы дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

теорий гравитации для различных космологических моделей в составе дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 10 изображена третья часть одной из страниц банка данных параметров теорий гравитации для различных космологических моделей в составе дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE. В составе банка данных параметров теорий гравитации классифицируются параметры хамелеонных теорий гравитации для различных космологических моделей на основе сравнения параметров общей теории относительности, теории Эйнштейна-Картана, теории Йордана-Бранса-Дикке и хамелеонных теорий гравитации.

В ходе выполнения работы выполнена разработка занятия по хамелеонным теориям гравитации для различных космологических моделей на основе сравнения параметров общей теории относительности и хамелеонных теорий гравитации в составе дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики. Для составления материалов лекции использованы наблюдательные данные астрофизики по ускоренному расширению Вселенной и данные теорий ускоренного расширения Вселенной на основе хамелеонных теорий гравитации.

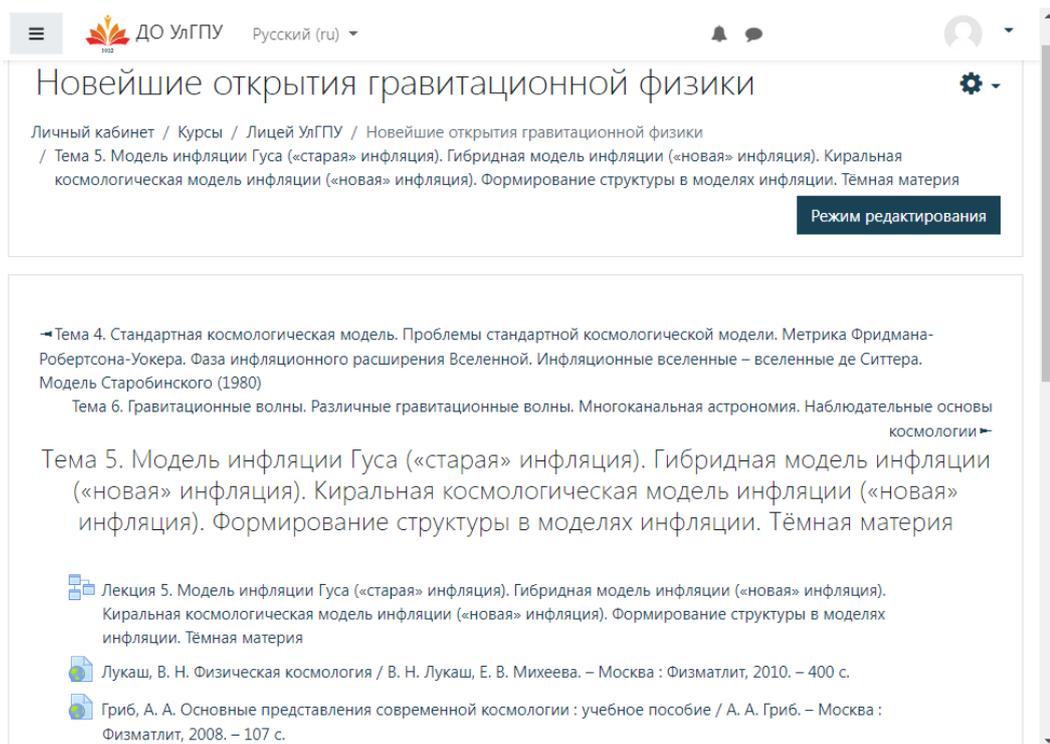


Рис. 5. Первая часть элементов пятой темы дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

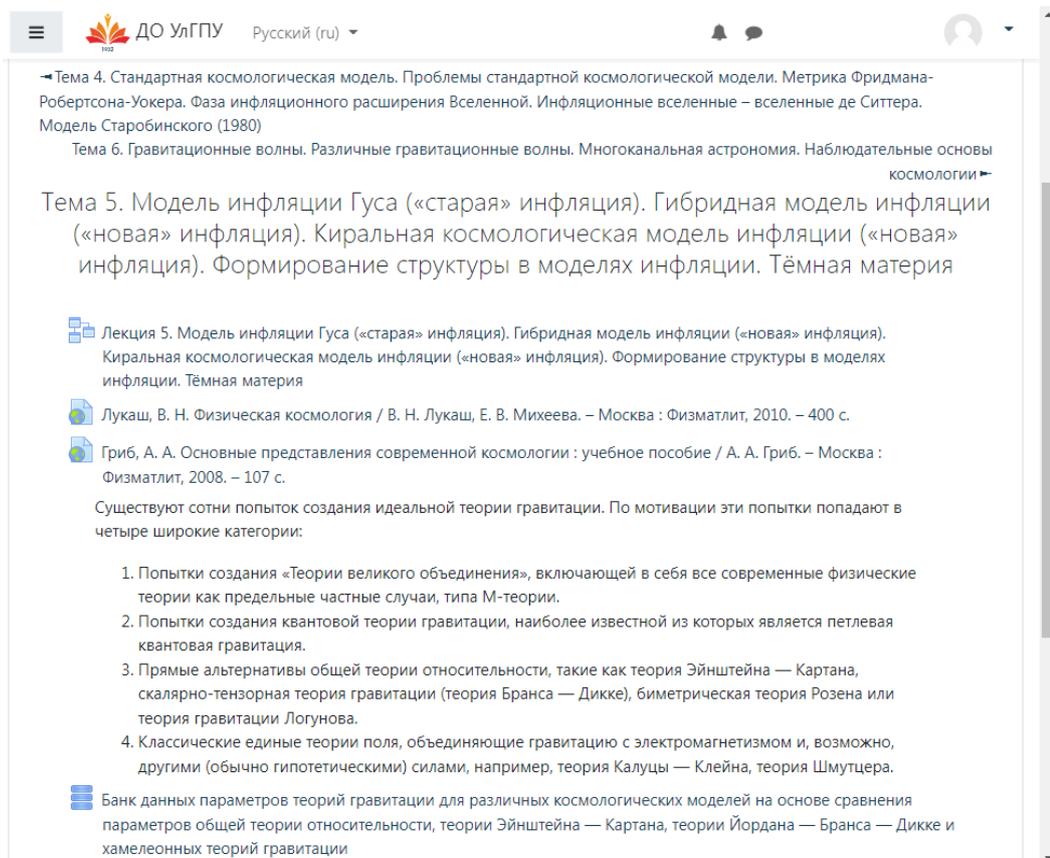


Рис. 6. Вторая часть элементов пятой темы дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

Лекция 5. Модель инфляции Гуса («старая» инфляция). Гибридная модель инфляции («новая» инфляция). Киральная космологическая модель инфляции («новая» инфляция). Формирование структуры в моделях инфляции. Тёмная материя

Разработка урока по хамелеонным теориям гравитации для различных космологических моделей на основе сравнения параметров общей теории относительности и хамелеонных теорий гравитации; параметров теории Эйнштейна — Картана и хамелеонных теорий гравитации; параметров теории Йордана — Бранса — Дикке и хамелеонных теорий гравитации.

Просмотр Редактировать Отчеты Оценить эссе

В физике XVII—XIX столетий доминирующей теорией гравитации была теория Ньютона. В настоящее время большинство физиков основной теорией гравитации считают общую теорию относительности, поскольку весь существующий массив экспериментов и наблюдений согласуется с ней. Однако общая теория относительности имеет ряд существенных проблем, что приводит к попыткам модификации ОТО или к представлению новых теорий.

Современные теории гравитации можно разбить на следующие основные классы:

- 1) Метрические теории гравитации. (Сюда относятся общая теория относительности, релятивистская теория гравитации Логунова, и другие)
- 2) Векторные теории гравитации
- 3) Биметрические теории гравитации (биметрическая теория Розена)
- 4) Квазилинейные теории гравитации
- 5) Тензорные теории гравитации
- 6) Скалярные теории гравитации. (Примером является теория Нордстрема)
- 7) Скалярно-тензорные теории гравитации. (Такова, в частности, теория Йордана—Бранса—Дикке)
- 8) Векторно-тензорные теории гравитации
- 9) Теории гравитации, альтернативные классической теории Ньютона. (Известными теориями являются гравитация Ле-Сажэ и модифицированная ньютоновская динамика)

Рис. 7. Элемент в виде лекции по различным моделям инфляции и формированию структуры в моделях инфляции в составе дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

Заключение

В работе рассмотрено научно-методическое сопровождение процесса создания дистанционного курса «Новейшие открытия гравитационной физики». Дистанционный курс «Новейшие открытия гравитационной физики» разработан в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Разработана модульная структура дистанционного курса «Новейшие открытия гравитационной физики», позволяющая стимулировать темп продвижения по курсу в процессе изучения гравитационной физики. В составе дистанционного курса «Новейшие открытия гравитационной физики» созданы элементы в виде лекций и страниц с теоретическими материалами по гравитационной физике, позволяющие организовать автоматизированный контроль прохождения лекций по курсу «Новейшие открытия гравитационной физики». Систематизация теории по гравитационной физике позволила наполнить теоретическими материалами дистанционного курса «Новейшие открытия гравитационной физики» в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Курс «Новейшие открытия гравитационной физики» может быть использован при проведе-

Личный кабинет / Курсы / Лицей УлГПУ / Новейшие открытия гравитационной физики
 / Тема 5. Модель инфляции Гуса («старая» инфляция). Гибридная модель инфляции («новая» инфляция). Киральная космологическая модель инфляции («новая» инфляция). Формирование структуры в моделях инфляции. Темная материя
 / Банк данных параметров теорий гравитации для различных космологических моделей на основе сравнения параметров общей теории относительности, теории Эйнштейна — Картана, теории Йордана — Бранса — Дикке и хамелеонных теорий гравитации
 / Поля

Банк данных параметров теорий гравитации для различных космологических моделей на основе сравнения параметров общей теории относительности, теории Эйнштейна — Картана, теории Йордана — Бранса — Дикке и хамелеонных теорий гравитации

Просмотр списком Просмотр по одной записи Поиск Добавить запись Экспортировать Шаблоны

Поля Заготовки

Название поля	Тип поля	Обязательно	Описание поля	Действия
Метрические теории гравитации	☰ Поле «Выпадающий список»	Да	Сюда относятся общая теория...	⚙️ 🗑️
Векторные теории гравитации	☰ Поле «Выпадающий список»	Да		⚙️ 🗑️
Биметрические теории гравитации	☰ Поле «Выпадающий список»	Да	Сюда относится ...	⚙️ 🗑️

Рис. 8. Банк данных параметров теорий гравитации для различных космологических моделей в составе дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

нии дисциплин по выбору, элективных курсов, организация проектной деятельности школьников в области исследований по физике и гравитационной физике.

Результат рассмотрения основ разработки дистанционного курса на примере дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики показал, что разработанный дистанционный курс по новейшим открытиям гравитационной физики восполняет пробел между передовыми научными сведениями и образовательными курсами в университетах. Разработанный дистанционный курс по новейшим открытиям гравитационной физики содержит сведения о новых физических идеях, явлениях и процессах в области гравитационной физики. Разработанная совокупность теоретических материалов по новейшим открытиям гравитационной физики позволила наполнить структуру лекционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики.

Показано, что использование дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики решает проблему систематизации теоретического материала, физических задач и заданий по гравитационной физике, а также обеспечивает планомерную выдачу физических задач и заданий, последовательный контроль и даёт рациональный

Теория гравитации	Поле	Да	Дополнительная информация	Настройка	Удаление
Квазилинейные теории гравитации	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Тензорные теории гравитации	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Скалярные теории гравитации	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Скалярно-тензорные теории гравитации	«Выпадающий список»	Да	Такова, в частности, теория...	⚙️	🗑️
Векторно-тензорные теории гравитации	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Теории гравитации, альтернативные классической теории Ньютона	«Выпадающий список»	Да	Известными теориями ...	⚙️	🗑️
Теории квантовой гравитации	«Выпадающий список»	Да	Теории квантовой ...	⚙️	🗑️
Каноническая квантовая гравитация	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Петлевая квантовая гравитация	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Полуклассическая гравитация	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Причинная динамическая триангуляция	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Евклидова квантовая гравитация	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Уравнение Уилера—Девитта	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️

Рис. 9. Вторая часть одной из страниц банка данных параметров теорий гравитации для различных космологических моделей в составе дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

Теория гравитации	Поле	Да	Дополнительная информация	Настройка	Удаление
Индукционная гравитация	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Некоммутативная геометрическая теория гравитации	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Теории объединения различных физических взаимодействий	«Выпадающий список»	Да	Здесь можно указать теорию ...	⚙️	🗑️
Теория падающего пространства	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Другие метрические теории гравитации	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Неметрические теории наподобие теории Эйнштейна—Картана	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Теория гравитации Рыкова	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Теория космологической постоянной и квинтэссенции	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Теории гравитации Моффата	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️
Ковариантная теория гравитации	«Выпадающий список»	Да		⚙️	🗑️

Рис. 10. Третья часть одной из страниц банка данных параметров теорий гравитации для различных космологических моделей в составе дистанционного курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE.

подход в преподавании курса по новейшим открытиям гравитационной физики.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если выявить возможности использования курса по новейшим открытиям гравитационной физики в системе управления обучением MOODLE для образовательных программ бакалавриата педагогического направления подготовки с профилем подготовки в области физики и астрономии, то можно создать дистанционный курс по новейшим открытиям гравитационной физики с оптимальной модульной структурой и содержанием, подтверждена полностью.

Созданный в работе дистанционный курс по новейшим открытиям гравитационной физики позволяет эффективно планировать, организовывать и проводить обучение по гравитационной физике с применением дистанционных технологий обучения.

Список использованных источников

1. Mechanism for the quantum natured gravitons to entangle masses / Sougato Bose [et al.] // Physical Review D. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevd.105.106028>.
2. Periodic wave trains in nonlinear media: Talbot revivals, Akhmediev breathers, and asymmetry breaking / Georgi Gary Rozenman [et al.] // Physical Review Letters. — 2022. — may. — Vol. 128, no. 21. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.214101>.
3. Gravitational portals with nonminimal couplings / Simon Cléry [et al.] // Physical Review D. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 9. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevd.105.095042>.
4. Luo Chengjian, Zhang Xuefeng. Effect of Earth-Moon's gravity on TianQin's range acceleration noise. II. Impact of orbit selection // Physical Review D. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevd.105.102007>.
5. Detection of gravitational wave mixed polarization with single space-based detectors / Chao Zhang [et al.] // Physical Review D. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevd.105.104062>.
6. Fitkevich Maxim. Black bounces and remnants in dilaton gravity // Physical Review D. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevd.105.106027>.

Сведения об авторах:

Елизавета Евгеньевна Волкова — студент магистратуры факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: liza_volkova1999@mail.ru

ORCID iD  0000-0003-2849-7090

Web of Science ResearcherID  AAZ-9027-2020

Development of a distance course in the discipline of choice on the latest discoveries of gravitational physics

E. E. Volkova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted May 12, 2022
Resubmitted May 19, 2022
Published June 7, 2022

Abstract. The result of the development of materials for a distance course on the latest discoveries of gravitational physics in the learning management system MOODLE is considered. The result of the process of developing materials, tasks and questions as part of a distance course on the latest discoveries of gravitational physics in the learning management system MOODLE on the educational portal of the university is described. To fill the topic materials on gravitational physics as part of a distance course on the latest discoveries of gravitational physics in the learning management system MOODLE, an analysis of theoretical materials on gravitation was performed, new solutions for the layout of theoretical materials in the form of lectures and presentations on gravitational physics were introduced.

Keywords: distance course, gravitational physics, elective discipline, course assignments, course questions

PACS: 04.20.Cv

References

1. Mechanism for the quantum natured gravitons to entangle masses / Sougato Bose [et al.] // *Physical Review D*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevd.105.106028>.
2. Periodic wave trains in nonlinear media: Talbot revivals, Akhmediev breathers, and asymmetry breaking / Georgi Gary Rozenman [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2022. — may. — Vol. 128, no. 21. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.214101>.
3. Gravitational portals with nonminimal couplings / Simon Cléry [et al.] // *Physical Review D*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 9. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevd.105.095042>.
4. Luo Chengjian, Zhang Xuefeng. Effect of Earth-Moon's gravity on TianQin's range acceleration noise. II. Impact of orbit selection // *Physical Review D*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevd.105.102007>.
5. Detection of gravitational wave mixed polarization with single space-based detectors / Chao Zhang [et al.] // *Physical Review D*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevd.105.104062>.
6. Fitkevich Maxim. Black bounces and remnants in dilaton gravity // *Physical Review D*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevd.105.106027>.

Information about authors:

Elizaveta Evgenievna Volkova — Master’s student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: liza_volkova1999@mail.ru

ORCID iD  0000-0003-2849-7090

Web of Science ResearcherID  AAZ-9027-2020

УДК 539.186
ББК 22.343
ГРНТИ 29.19.22
ВАК 01.04.05

Разработка дистанционного курса по нанофизике в системе управления обучением MOODLE

К. К. Алтунин , А. А. Лебедев  ¹

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 5 мая 2022 года

После переработки 12 мая 2022 года

Опубликована 7 июня 2022 года

Аннотация. Описан результат разработки модульной структуры, теоретических материалов, элементов контроля дистанционного курса по нанофизике на примере темы по оптике нанокластеров. Курс по нанофизике рассчитан на две зачётные единицы или 72 часа общей трудоёмкости и предназначен для студентов бакалавриата педагогических направлений подготовки с физико-математическим профилем. Материалы по теме, связанной с оптикой нанокластеров, пополняют учебную дисциплину по нанофизике новыми научными сведениями. Использование дистанционного курса по нанофизике позволяет хранить материалы курса в систематизированном виде, а также организовать проверку заданий по курсу нанофизики. В курсе по нанофизике предусмотрен промежуточный контроль в виде прохождения лекций и занятий по подгруппам, написание рефератов, а также итоговый контроль в виде зачёта. Инновационным компонентом дистанционного курса по нанофизике, созданного на платформе MOODLE, является расширение области дополнительной предметной подготовки обучающихся по нанофизике, включающей элементы оптики нанокластеров.

Ключевые слова: нанофизика, нанокластер, курс, дистанционный курс, модульная структура, теоретические материалы, элементы контроля знаний, система управления обучением MOODLE

PACS: 42.25.Bs

Введение

Описание физических свойств излучения нанокластеров является актуальной физической проблемой. Новые научные сведения быстро находят применение в составе специальных курсов в университетах. Поэтому создание материалов темы по оптике кластеров в курсе нанофизики является актуальной задачей.

Курс по нанофизике читается на 4 курсе бакалавриата, рассчитан на две зачётные единицы или 72 часа общей трудоёмкости и предназначен для студентов бакалавриата педагогических направлений подготовки с физико-математическим профилем.

¹E-mail: alexjek73@gmail.com

Целью исследования является разработка дистанционного курса по нанофизике в системе управления обучением MOODLE. Задача исследования состоит в разработке модульной структуры, теоретических материалов, элементов контроля дистанционного курса по нанофизике на примере темы по оптике нанокластеров.

Объектом исследования являются нанокластеры в составе дистанционного курса по нанофизике. Предметом исследования является процесс создания дистанционного курса по нанофизике на примере темы по оптике нанокластеров в системе управления обучением MOODLE.

Гипотеза исследования состоит в возможности уменьшения объёма работы преподавателя в процессе преподавания курса нанофизике за счёт применения дистанционного курса в системе управления обучением MOODLE. Создание дистанционного курса по нанофизике позволит повысить эффективность самостоятельной работы обучающихся при изучении курса по нанофизике в рамках темы по оптике нанокластеров.

В качестве методов исследования используются компьютерные методы создания дистанционных курсов в системе управления обучением MOODLE.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что созданные материалы по теме, связанной с оптикой нанокластеров, которая изучается в курсе нанофизики, могут быть использованы в создании новой методологии обучения нанофизике, пополнении научной базы актуальными материалами по нанофизике. Практическая значимость исследования заключается в совершенствовании теоретических материалов темы по оптическому излучению нанокластеров в курсе нанофизики, которые могут быть использованы в качестве материалов на занятиях по нанофизике в педагогическом университете.

Обзор работ по нанофизике

Несмотря на свою фундаментальную важность для нанофизики и химии, а также для потенциальных приложений в устройствах, взаимосвязь между атомной структурой и электронным переносом в молекулярных наноструктурах изучена недостаточно. Таким образом, экспериментально наблюдаемое увеличение проводимости некоторых молекулярных нанопереходов при их растяжении продолжает оставаться нелогичным и противоречивым. В статье [1] исследуется это явление в молекулах пропандитиолата, соединяющих золотые электроды с помощью расчётов и полуэмпирического моделирования. В статье [1] показано, что в этой системе это связано с изменениями валентных углов Au-S-C и напряжениями в золотых электродах, а не с ранее предложенными механизмами растяжения связи Au-S и связанным с этим сдвигом энергии высшей занятой молекулярной орбитали или образованием цепочки атомов золота. Показано, что повышение проводимости в ответ на приложение растягивающего напряжения должно быть общим свойством молекулярных соединений, в которых молекула связана тиоловой связью, аналогично золотым электродам.

В связи с растущим интересом к нанофизике и области квантовой термодинамики мы изучаем открытую квантовую систему, состоящую из двух пространственно разделённых двухуровневых атомов (спинов), связанных с квантовым генератором (режим резонаторного поля). Внешнего воздействия нет. Каждое из вращений различных расщеплений энергии связано с нагревательной ванной с разной температурой. В статье [2] найдено, что наложенный на систему температурный градиент вместе с осциллятором, работающим как своеобразный рабочий резервуар, заставляет эту систему работать как термодинамическая машина, в частности, как тепловая машина (лазер). Анализируются свойства результирующего поля резонатора и функциональные возможности двигателя. Для последней задачи используются недавно разработанные определения теплового потока и мощности, а также тест, в котором результирующее поле использу-

ется в качестве входного сигнала для теплового насоса.

В статье [3] разработан метод сканирующей томографии для электромагнитного зондирования трехмерной структуры неоднородного диэлектрического полупространства. Показано, что для этой томографии подходят известные методы физической диагностики с глубиной анализа от нанометров на оптических частотах до нескольких километров на сверхнизких частотах. Области применения включают нанофизику, биологическую и медицинскую диагностику, дистанционное зондирование недр в геофизике и геологии. Этот подход реализуется в сканирующей микроволновой томографии живых тканей, где достигается субволновое разрешение.

Небольшие системы (представляющие интерес в областях нанофизики, квантовой информации) особенно уязвимы к воздействию окружающей среды. В статье [4] определяются различные термодинамические функции для осциллятора в произвольном термостате при произвольных температурах. Явные результаты представлены для наиболее часто обсуждаемых моделей термостата: омического, с одним временем релаксации и излучением абсолютно черного тела.

Многие системы в области нанофизики как из живого, так и из неорганического мира демонстрируют медленную кинетику релаксации флуктуаций энергии. В статье [5] предложено общее объяснение такого явления, основанное на эффектах взаимодействия с растворителем. В рамках простой гармонической модели флуктуаций системы показано, что неоднородности связи с растворителем объемных и поверхностных атомов достаточно для создания сложного спектра скоростей распада. В статье [5] показано для миоглобина и для металлического нанокластера, что результат представляет собой сложную неэкспоненциальную динамику релаксации.

То, как мы работаем с отдельными атомами и молекулами, коренным образом изменилось благодаря сканирующему зондовому микроскопу. Он предоставил исследователям новое видение наномира и дал глубокое понимание поведения атомов, молекул и поверхностей. Но сканирующие зондовые микроскопы могут делать гораздо больше, чем смотреть на наномир — они также могут манипулировать и контролировать отдельные атомы и молекулы [6]. И по мере того, как эти микроскопы становятся все более мощными и гибкими, они могут обеспечить ещё более глубокое понимание фундаментальной науки и стимулировать новые технологии в двадцать первом веке.

Быть строительным блоком жизни — не работа для любой старой молекулы. Чтобы нести инструкции, необходимые для создания человека, ДНК должна обладать многими особыми свойствами, и некоторые из них могут иметь технологическое применение в будущем. Исследователи уже пытаются создать молекулярные компьютеры, которые используют особые свойства ДНК, в то время как её механические свойства могут позволить использовать ДНК для создания наномашин [7].

Формирование квантовых точек CdSe/ZnSe путём изучения различных стадий роста исследуется в статье [8]. Чтобы точно контролировать критическую толщину CdSe, выращенного на буферном слое ZnSe, скорость саморегулируемого роста CdSe в режиме роста эпитаксии атомарного слоя определяется измерениями дифракции быстрых электронов на отражение в диапазоне температур от 180°C до 280°C. Затем исследуется двумерно-трехмерный (2D-3D) переход напряженного слоя CdSe на (001)-ZnSe, индуцированный использованием аморфного селена. Образование островков CdSe обнаружено при осаждении трёх монослоёв CdSe. При осаждении всего 2.5 монослоя CdSe наблюдается другой механизм релаксации, приводящий к появлению на поверхности сильных неровностей. Изучена эволюция морфологии поверхности при осаждении 2.7 монослоя, чтобы изучить границу между этими двумя явлениями. Исследовано влияние покрытия на морфологию квантовых точек. Обнаружено перераспределение кадмия внутри слоя при крышке. Показано, что распределение кадмия после покрытия зависит от

температуры покрытия и деформации слоя CdSe. Также изучается включение кадмия после укупорки. Установлено, что количество внедренного кадмия зависит от степени деформации слоя CdSe перед покрытием.

Используя метод маркеров, основанный на гетероструктуре нанопроволоки, в статье [9] идентифицированы Ga-ограниченный и N-ограниченный режимы роста нанопроволок GaN, которые сдвинуты по сравнению с таковыми в двумерных слоях GaN. Показано, что атомы Ga, диффундирующие вдоль боковых стенок нанопроволоки, вносят значительный вклад в вертикальный рост нанопроволоки. Снижая температуру подложки, условия, богатые галлием, локально активируют латеральный рост. В отличие от атомов Ga вклад диффузии адатомов Al и N в вертикальный рост нанопроволок пренебрежимо мал. Наконец, продемонстрировано управление гетероструктурами GaN/AlN в нанопроволоках.

В статье [10] исследованы изогнутые многостенные углеродные нанотрубки, выращенные на кремниевой подложке путём изменения направления электрического поля во время процесса роста в системе химического осаждения из паровой фазы с усилением плазмы в присутствии газообразных водорода и ацетилена. Различные геометрии выращенных наноструктур были использованы для изготовления нового датчика газа с полевой ионизацией. Высокая чувствительность этого датчика при низких давлениях является его основным преимуществом по сравнению с другими газовыми датчиками. Электрические характеристики изготовленного сенсора исследовались при воздействии нескольких газов, результаты которых сравнивались с вертикальными газовыми сенсорами на основе углеродных нанотрубок.

При инженерии дефектов дефекты намеренно вводятся в подложку для изменения поведения легирующей примеси. В статье [11] использовано профилирование по глубине с высоким разрешением и электрические характеристики для анализа поведения As и Sb в подложках Si с избыточными вакансиями и без них. Вакансии были созданы путём предварительной имплантации ионов азота или кислорода перед имплантацией легирующей примеси (As или Sb). Разделение имплантированными образцами кислорода также подвергалось легированию и анализу. Результаты, полученные для Si без вакансий и разделения имплантированным кислородом, были сходными в отношении распределения примеси, удерживания и их электрических характеристик. Образцы, богатые вакансиями, демонстрируют разные электрические характеристики и характер перераспределения во время отжига, что связано не только с наличием вакансий, но и с ионом, использованным для их создания. В случае легирования As образцы, предварительно имплантированные кислородом, имели большую оставшуюся дозу и меньшее накопление границы раздела As, тогда как в случае легирования Sb образцы, предварительно имплантированные азотом, имели большую оставшуюся дозу и меньшее накопление границы раздела Sb. Для обеих легирующих добавок образцы с высоким содержанием вакансий имели более низкие концентрации электрически активной легирующей примеси, но лучшую термическую стабильность активированных легирующих примесей по сравнению с разделением имплантированным кислородом и Si.

В статье [12] сообщается о характеристиках многослойных плёночных структур, которые являются очень перспективным материалом для тонкоплёночных магнитных датчиков. Представлены магнитные и магнитооптические свойства тонких пленок железа и кобальта, а также системы с чередованием ферромагнитных слоёв и немагнитных слоёв, (немагнитный слой и ферромагнитного слоя) трислоёв, полученных с использованием системы магнетронного напыления. Толщина ферромагнитного слоя Fe и Co в трислоях варьировалась от 250 нм до 1000 нм, а толщина немагнитного слоя варьировалась от 50 нм до 20000 нм. В образцах из чередующихся немагнитных слоёв и ферромагнитных слоёв толщина немагнитного слоя варьировалась от 0 до 4000 нм. Найдены

зависимости гистерезисных характеристик плёнок Fe от толщины немагнитного слоя. Установлена зависимость величины поперечного эффекта Керра от толщины Fe. Экспериментально показано, что поперечный эффект Керра чувствителен к намагниченности до определённого диапазона глубин ниже поверхности ферромагнетика – информационной глубины. Было обнаружено, что гистерезис в плоскости, характерный для трислоёв, сильно зависит от толщины немагнитных слоёв. Так экспериментально установлено наличие обменной связи между ферромагнитными слоями через немагнитный слой и её колебательный характер (от антиферромагнитного к ферромагнитному порядку). Установлено, что период антиферромагнитных-ферромагнитных-антиферромагнитных колебаний обменной связи равен 5 - 100 нм.

В статье [13] сообщается о простом методе прямой идентификации текстур нанометрового размера в композитных материалах с помощью атомной силовой спектроскопии с целью распознавания структурированных областей для дальнейшего исследования. Он заключается в получении набора динамических данных, организованных в карты спектроскопии, и последующем извлечении наиболее ценной информации с помощью метода анализа главных компонент. Этот алгоритм проецирует информацию о кривых спектроскопии, каждая из которых содержит данные, полученные в каждой точке сетки $L \times C$, в подмножество карт $L \times C$ без каких-либо предположений о структуре выборки, отфильтровывая избыточность и шум. Как следствие, огромное количество трёхмерных данных сжато в несколько двумерных карт, которые легко просматривать. Результаты этого алгоритма позволяют находить и размещать интересные области на карте, что позволяет дополнительно сокращать ряды данных для тщательного анализа или моделирования. В статье [13] объясняются основные особенности метода и его применение на образце нанокompозита.

В статье [14] обсуждаются вопросы калибровки для экспериментов по наноиндентированию на малой глубине с наконечниками Берковича в отношении точного измерения функции площади алмаза. Для этой цели сравниваются две различные процедуры калибровки: прямое измерение функции площади алмаза с помощью атомно-силовой микроскопии изображения наконечника Берковича на небольшой глубине и новый метод косвенной калибровки, основанный на итеративном надёжном и сходящемся схеме, в которой одновременно используются как приведённый модуль, так и твёрдость при вдавливании. Эти результаты получены при индентировании стандартного образца плавленого кварца в диапазоне нагрузок 0.5 - 200 мН с помощью индентора Берковича. Прямые измерения формы наконечника проводились с помощью различных методов атомно-силовой микроскопии. Также сообщается о сравнении со стандартной процедурой косвенной калибровки. Для обеих процедур косвенной калибровки представлено исследование чувствительности и сходимости.

Липидные бислои на твердой основе широко используются в качестве модели для исследования клеточных мембран различными спектроскопическими и биофизическими методами. Тем не менее хорошо известно, что взаимодействие с твердой подложкой, такой как слюда или кремний, влияет на свойства мембран. В статье [15] использована атомно-силовая микроскопия в режиме силовой спектроскопии для исследования локальных механических свойств липидных мембран, нанесенных на слюду и полимерную подушку. Двойные липидные слои получали путём слияния однослойных везикул фосфолипидов. Полимерная подложка создавалась путём самосборки заряженных полиэлектролитов. Силовая спектроскопия предоставила информацию о силе прорыва, глубине прорыва и адгезии образца. Был разработан алгоритм пакетного анализа для обработки силового картирования с высоким разрешением. Силу прорыва, вдавливающую бислои вниз к подложке, и силу адгезии измеряли в зависимости от заряда мембраны. Сравнение данных, полученных для липидных бислоев на твёрдом носителе на

слюде и для бислоёв на полимерной подушке, даёт прямые доказательства влияния подушки на локальные механические свойства мембраны. В качестве основного результата распределение усилия текучести мембран на полимерной подушке было бимодальным по сравнению с одномодальным распределением, полученным на слюде.

В статье [16] представлено микроскопическое исследование нанокомпозитных пленок магнитных нанопроволок оксида железа ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), ориентированных в полимеры, образующихся при испарении растворов акрилатного полимера/магнитных наночастиц в магнитном поле. Поле вызывает сборку наночастиц оксида железа вдоль направления силовых линий магнитного поля, в результате чего магнитные нанопроволоки внедряются по всему объёму полимерной пленки. Исследования с помощью сканирующей электронной микроскопии и просвечивающей электронной микроскопии показывают, что нанопроволоки цилиндрической формы имеют среднюю длину порядка 15 мкм и изотропно распределены по всей плёнке. Исследование методом магнитно-полевой микроскопии не только доказывает, что составные нанопроволоки являются магнитными, но и делает возможным магнитное исследование каждой отдельной нанопроволоки неразрушающим способом. Таким образом, становится возможным локальное изучение изменения магнитных свойств после связывания различных молекул на отдельных нанопроволоках, открывая путь использования этих пленок в сенсорных устройствах, применяемых в различных областях, от биологии до экологических целей.

Анализ работ по нанофизике показывает актуальность темы исследования. Проведённый анализ литературы по физике нанокластеров показал существование возрастающей потребности в создании дистанционного курса по нанофизике.

Разработка модульной структуры и элементов курса по нанофизике в системе управления обучением MOODLE

Актуальность исследования в части создания дистанционного курса по нанофизике обусловлена тем, что использование дистанционных курсов решает проблему систематизации теоретического материала, задач и заданий, а также обеспечивает планомерную выдачу заданий, последовательный контроль и даёт рациональный подход в преподавании курса по нанофизике.

Курс по нанофизике рассчитан на 2 зачётные единицы или 72 часа общей трудоёмкости. Курс по нанофизике предназначен для студентов бакалавриата физико-математических и педагогических направлений подготовки с профилем по физике и математике.

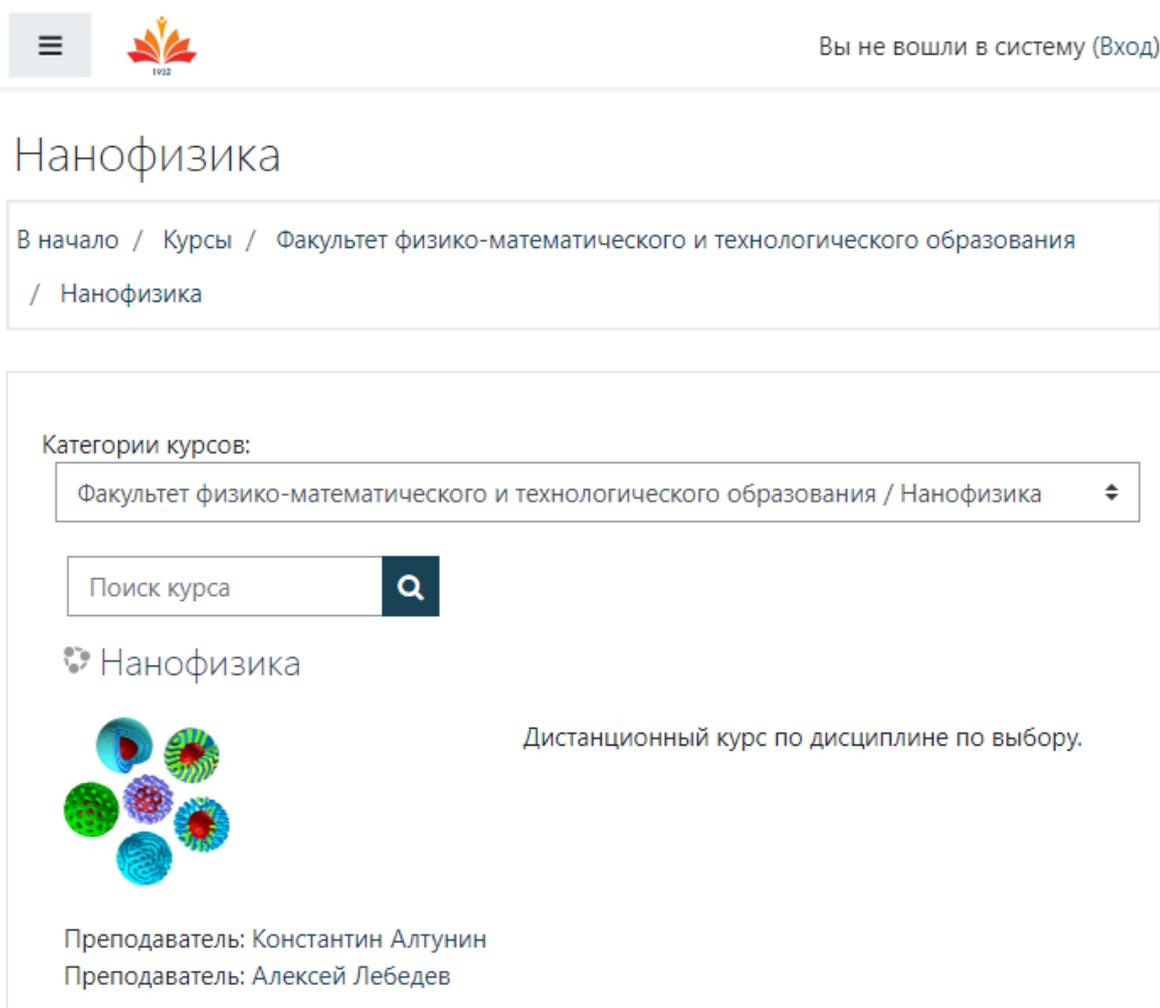
На рис. 1 приведено изображение входной страницы дистанционного курса по нанофизике, созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале педагогического университета.

На рис. 2 приведено изображение первой части элементов первой темы дистанционного курса по нанофизике, созданного на платформе MOODLE.

На рис. 3 приведено изображение второй части структуры дистанционного курса по нанофизике, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 4 приведено изображение страницы заключительной темы курса по нанофизике, созданной в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 5 приведено изображение страницы с гиперссылками на электронные источники по нанофизике и наноэлектронике в составе дистанционного курса по нанофизике на платформе MOODLE. Страница с гиперссылками на электронные источники содержит ссылки на книги по нанофизике, физике наноструктур, наноэлектронике, компьютерному моделированию в наноэлектронике из электронных библиотечных систем, которые доступны студентам университета в настоящее время.



The screenshot shows the Moodle course page for Nanophysics. At the top left, there is a hamburger menu icon and a logo with the year 1922. At the top right, it says "Вы не вошли в систему (Вход)". The main heading is "Нанофизика". Below it, a breadcrumb trail reads "В начало / Курсы / Факультет физико-математического и технологического образования / Нанофизика". A dropdown menu shows "Категории курсов:" with the selected path "Факультет физико-математического и технологического образования / Нанофизика". There is a search box labeled "Поиск курса" with a magnifying glass icon. Below the search box, the course title "Нанофизика" is displayed with a recycling icon. To the left of the text is a cluster of colorful nanocluster images. To the right, it says "Дистанционный курс по дисциплине по выбору." Below the images, the instructors are listed: "Преподаватель: Константин Алтунин" and "Преподаватель: Алексей Лебедев".

Рис. 1. Входная страница дистанционного курса по нанофизике в системе управления обучением MOODLE.

Курс по нанофизике может быть реализован как в смешанной форме, так и в дистанционной форме. В курсе по нанофизике предусмотрен промежуточный контроль в виде прохождения лекций и занятий по подгруппам, написание рефератов, а также итоговый контроль в виде зачёта. Инновационным компонентом дистанционного курса по нанофизике, созданного на платформе MOODLE, является расширение области дополнительной предметной подготовки обучающихся по нанофизике, включающей элементы оптики нанокластеров.

Одним из путей интенсификации учебного процесса по физике наноструктур является широкое внедрение информационных и коммуникационных технологий, в частности использование систем управления обучения или систем управления курсами. Среди некоммерческих систем наиболее распространённой и удобной в использовании является модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда MOODLE, ориентированная на организацию взаимодействия между преподавателем и обучаемым. Систематизированный теоретический материал блоков дистанционных курсов, удобная навигация способствуют размеренности и чёткому выполнению заданий самостоятельной работы под контролем преподавателя в течение всего семестра. При необходимости оказывается консультативная помощь как в онлайн-режиме, так и посредством форумов и личных сообщений. Вовлечённость каждого обучающегося в работу, реальные показатели по различным видам учебной деятельности позволяют объективно оценивать качество и объём самостоятельной работы обучающихся. В то же время постоянное

Нанофизика

Личный кабинет / Мои курсы / Нанофизика

Режим редактирования

Объявления

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 72 часа.

Тема 1. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования

- Лекция 1. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Принцип размерного квантования. Условие наблюдения квантовых эффектов
- Задание 1. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Частица в прямоугольной потенциальной яме конечной глубины
- Задание 2. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Энергетические состояния в прямоугольной потенциальной яме сложной формы
- Задание 3. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Лекция 2. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Рассеяние частиц на потенциальном рельефе
- Задание 4. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Особенности движения частиц над потенциальным рельефом
- Задание 5. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Движение частиц в двухбарьерных квантовых структурах

Рис. 2. Часть элементов первой темы дистанционного курса по нанофизике на платформе MOODLE.

наличие обратной связи, доступность как учебной информации, так и результатов работы мотивируют обучающихся к более продуктивной самостоятельной деятельности. Применение дистанционных курсов позволяет преподавателю эффективно организовать самостоятельную работу обучающихся вне аудитории, помочь сориентироваться среди разнообразных источников информации, получать сведения о том, кто из обучающихся занимается вне аудитории, насколько успешно изучает материалы, сколько времени посвящает изучению той или иной темы. Все данные фиксируются в журнале успеваемости обучающихся, который формируется автоматически, без дополнительных усилий преподавателя. Созданный курс позволяет эффективно планировать, организо-

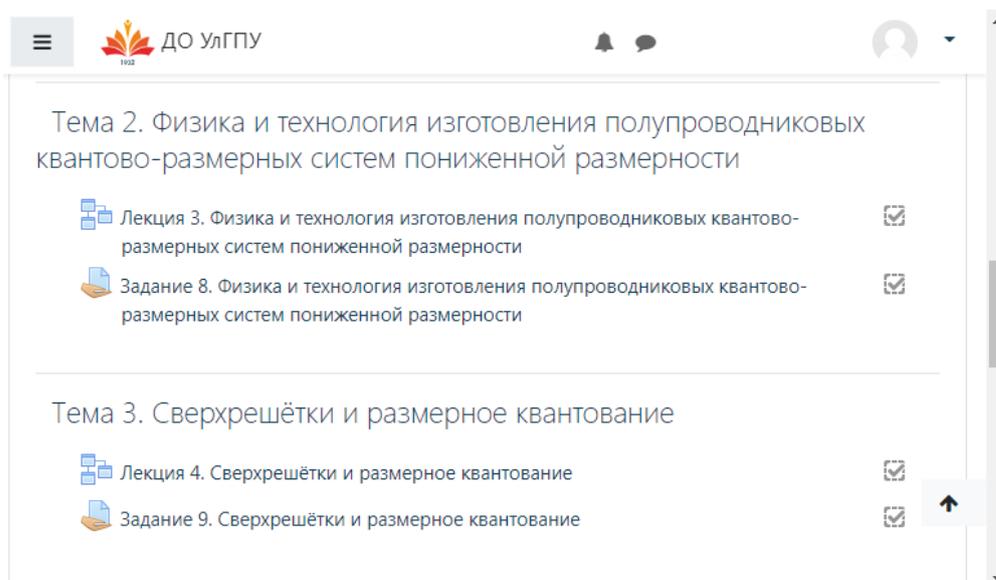


Рис. 3. Вторая часть структуры дистанционного курса по нанофизике на платформе MOODLE.

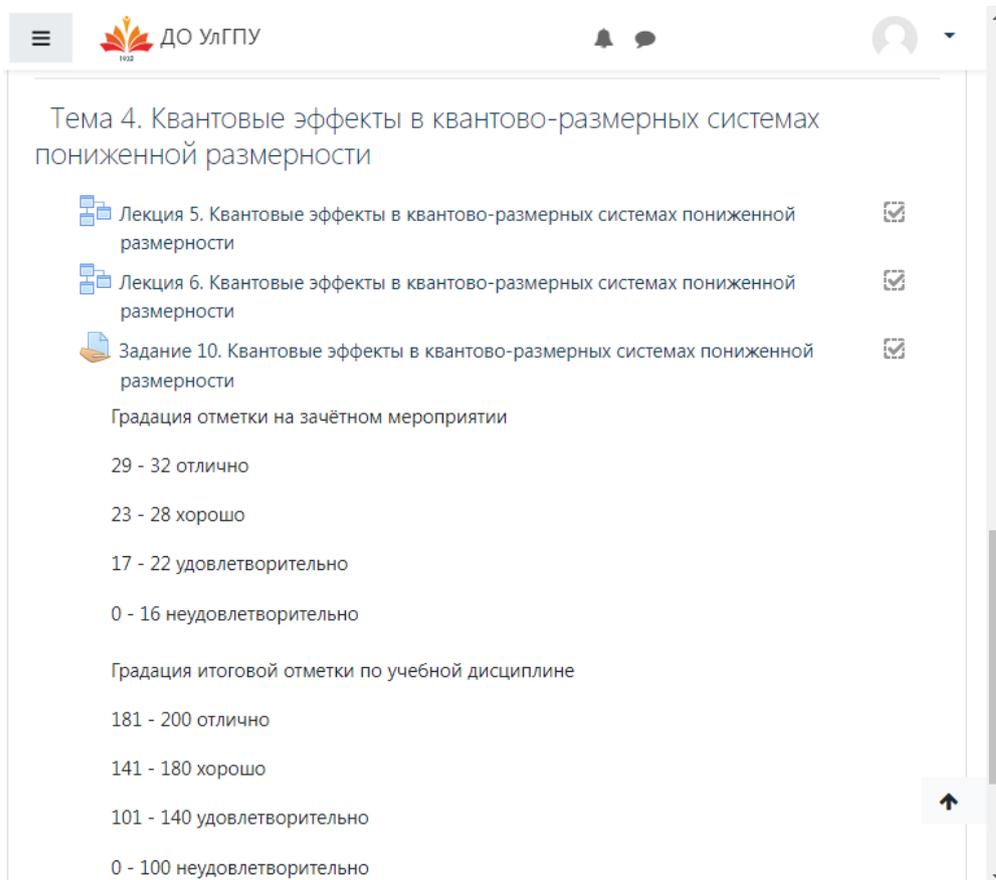


Рис. 4. Страница заключительной темы курса по нанофизике на платформе MOODLE.

вывать и проводить обучение в рамках курса по нанофизике в университете.

Заключение

В работе рассматривались основы разработки дистанционных курсов на примере дистанционного курса по нанофизике. Рассмотрены аспекты создания и применения

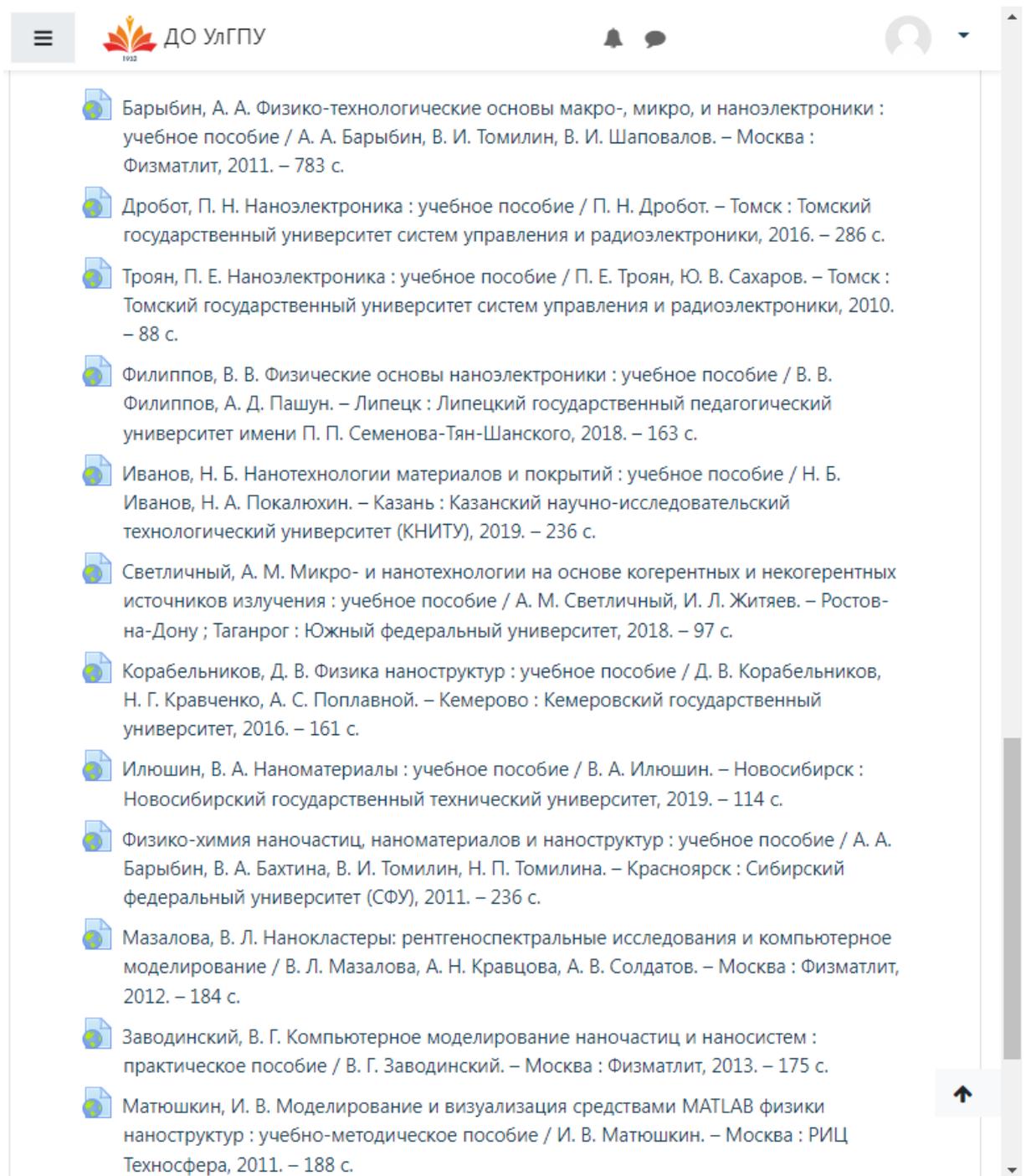


Рис. 5. Страница с гиперссылками на электронные источники по нанофизике и наноэлектронике в составе дистанционного курса по нанофизике на платформе MOODLE.

дистанционного курса по нанофизике.

Разработаны материалы и элементы темы по оптике нанокластеров дистанционного курса по нанофизике, который готов к началу использования в учебном процессе и позволяет автоматизировать труд преподавателя по контролю изучения курса по нанофизике.

Процесс создания дистанционного курса по нанофизике, включающий в себя подбор, переработку, адаптацию, разработку теоретических материалов, размещение в системе управления обучением MOODLE, организацию работы с обучающимися в рамках дистанционного курса требует соответствующей подготовки преподавателя. В качестве подтверждения гипотезы исследования продемонстрировано, что использование

дистанционного курса по нанофизике позволяет уменьшить объём работы преподавателя в процессе организации продвижения при изучении курса по нанофизике.

Использование дистанционного курса по нанофизике позволяет хранить материалы курса в систематизированном виде, а также организовать проверку заданий по курсу нанофизики.

Список использованных источников

1. Saffarzadeh A., Demir F., Kirzenow G. Mechanism of the enhanced conductance of a molecular junction under tensile stress // *Physical Review B*. — 2014. — jan. — Vol. 89, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.89.045431>.
2. Youssef M., Mahler G., Obada A.-S. F. Quantum optical thermodynamic machines: Lasing as relaxation // *Physical Review E*. — 2009. — dec. — Vol. 80, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.80.061129>.
3. Gaikovich K. P. Subsurface near-field scanning tomography // *Physical Review Letters*. — 2007. — may. — Vol. 98, no. 18. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.183902>.
4. Ford G. W., O'Connell R. F. Quantum thermodynamic functions for an oscillator coupled to a heat bath // *Physical Review B*. — 2007. — apr. — Vol. 75, no. 13. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.75.134301>.
5. Piazza F., Rios P. De Los, Sanjougand Y.-H. Slow energy relaxation of macromolecules and nanoclusters in solution // *Physical Review Letters*. — 2005. — apr. — Vol. 94, no. 14. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.94.145502>.
6. Gimzewski J. Molecules, nanophysics and nanoelectronics // *Physics World*. — 1998. — jun. — Vol. 11, no. 6. — P. 29–34. — URL: <https://doi.org/10.1088/2058-7058/11/6/25>.
7. Cartlidge E. Nanophysics: Electric potential for DNA // *Physics World*. — 2001. — feb. — Vol. 14, no. 2. — P. 7–7. — URL: <https://doi.org/10.1088/2058-7058/14/2/8>.
8. CdSe quantum dot formation: alternative paths to relaxation of a strained CdSe layer and influence of the capping conditions / I. C. Robin [et al.] // *Nanotechnology*. — 2007. — jun. — Vol. 18, no. 26. — P. 265701. — URL: <https://doi.org/10.1088/0957-4484/18/26/265701>.
9. Identification of III–N nanowire growth kinetics via a marker technique / R. Songmuang [et al.] // *Nanotechnology*. — 2010. — jul. — Vol. 21, no. 29. — P. 295605. — URL: <https://doi.org/10.1088/0957-4484/21/29/295605>.
10. Baghgar M., Abdi Y., Arzi E. Fabrication of low-pressure field ionization gas sensor using bent carbon nanotubes // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2009. — jun. — Vol. 42, no. 13. — P. 135502. — URL: <https://doi.org/10.1088/0022-3727/42/13/135502>.
11. Effect of excess vacancy concentration on As and Sb doping in Si / M. Dalponte [et al.] // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2009. — jul. — Vol. 42, no. 16. — P. 165106. — URL: <https://doi.org/10.1088/0022-3727/42/16/165106>.

12. An investigation of the magneto-optical properties of thin-film magnetic structures / N. I. Tsidaeva [et al.] // *Physica Scripta*. — 2013. — nov. — Vol. T157. — P. 014036. — URL: <https://doi.org/10.1088/0031-8949/2013/T157/014036>.
13. Combination of atomic force microscopy and principal component analysis as a general method for direct recognition of functional and structural domains in nanocomposite materials / B. Torre [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — Vol. 73, no. 10. — P. 973–981. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20837>.
14. Calibration issues for nanoindentation experiments: direct atomic force microscopy measurements and indirect methods / A. C. Barone [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — Vol. 73, no. 10. — P. 996–1004. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20850>.
15. Force spectroscopy as a tool to investigate the properties of supported lipid membranes / C. Canale [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — mar. — Vol. 73, no. 10. — P. 965–972. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20834>.
16. Formation and microscopic investigation of iron oxide aligned nanowires into polymeric nanocomposite films / D. Fragouli [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — Vol. 73, no. 10. — P. 952–958. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20848>.

Сведения об авторах:

Константин Константинович Алтунин — кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: kostya_altunin@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

Алексей Александрович Лебедев — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: alexjek73@gmail.com

ORCID iD  0000-0002-0432-6409

Web of Science ResearcherID  AFN-9300-2022

Development of a distance course on nanophysics in the learning management system MOODLE

K. K. Altunin , A. A. Lebedev 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted May 5, 2022

Resubmitted May 12, 2022

Published June 7, 2022

Abstract. The result of the development of a modular structure, theoretical materials, control elements of a distance course in nanophysics is described using the topic on nanocluster optics as an example. The nanophysics course is designed for two credits or 72 hours of total labor intensity and is intended for undergraduate students of pedagogical areas of training with a physical and mathematical profile. Materials on the topic related to the optics of nanoclusters supplement the academic discipline in nanophysics with new scientific information. The use of a distance course in nanophysics allows you to store the course materials in a systematic way, as well as organize the verification of tasks in the course of nanophysics. The course on nanophysics provides for intermediate control in the form of passing lectures and classes in subgroups, writing essays, as well as final control in the form of a test. An innovative component of the distance course in nanophysics, created on the MOODLE platform, is the expansion of the area of additional subject training for students in nanophysics, which includes elements of nanocluster optics.

Keywords: nanophysics, nanocluster, course, distance course, modular structure, theoretical materials, knowledge control elements, the learning management system MOODLE

PACS: 42.25.Bs

References

1. Saffarzadeh A., Demir F., Kirzenow G. Mechanism of the enhanced conductance of a molecular junction under tensile stress // *Physical Review B*. — 2014. — jan. — Vol. 89, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.89.045431>.
2. Youssef M., Mahler G., Obada A.-S. F. Quantum optical thermodynamic machines: Lasing as relaxation // *Physical Review E*. — 2009. — dec. — Vol. 80, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.80.061129>.
3. Gaikovich K. P. Subsurface near-field scanning tomography // *Physical Review Letters*. — 2007. — may. — Vol. 98, no. 18. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.183902>.
4. Ford G. W., O'Connell R. F. Quantum thermodynamic functions for an oscillator coupled to a heat bath // *Physical Review B*. — 2007. — apr. — Vol. 75, no. 13. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.75.134301>.
5. Piazza F., Rios P. De Los, Sanejouand Y.-H. Slow energy relaxation of macromolecules and nanoclusters in solution // *Physical Review Letters*. — 2005. — apr. — Vol. 94, no. 14. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.94.145502>.

6. Gimzewski J. Molecules, nanophysics and nanoelectronics // *Physics World*. — 1998. — jun. — Vol. 11, no. 6. — P. 29–34. — URL: <https://doi.org/10.1088/2058-7058/11/6/25>.
7. Cartlidge E. Nanophysics: Electric potential for DNA // *Physics World*. — 2001. — feb. — Vol. 14, no. 2. — P. 7–7. — URL: <https://doi.org/10.1088/2058-7058/14/2/8>.
8. CdSe quantum dot formation: alternative paths to relaxation of a strained CdSe layer and influence of the capping conditions / I. C. Robin [et al.] // *Nanotechnology*. — 2007. — jun. — Vol. 18, no. 26. — P. 265701. — URL: <https://doi.org/10.1088/0957-4484/18/26/265701>.
9. Identification of III–N nanowire growth kinetics via a marker technique / R. Songmuang [et al.] // *Nanotechnology*. — 2010. — jul. — Vol. 21, no. 29. — P. 295605. — URL: <https://doi.org/10.1088/0957-4484/21/29/295605>.
10. Baghgar M., Abdi Y., Arzi E. Fabrication of low-pressure field ionization gas sensor using bent carbon nanotubes // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2009. — jun. — Vol. 42, no. 13. — P. 135502. — URL: <https://doi.org/10.1088/0022-3727/42/13/135502>.
11. Effect of excess vacancy concentration on As and Sb doping in Si / M. Dalponte [et al.] // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2009. — jul. — Vol. 42, no. 16. — P. 165106. — URL: <https://doi.org/10.1088/0022-3727/42/16/165106>.
12. An investigation of the magneto-optical properties of thin-film magnetic structures / N. I. Tsidaeva [et al.] // *Physica Scripta*. — 2013. — nov. — Vol. T157. — P. 014036. — URL: <https://doi.org/10.1088/0031-8949/2013/T157/014036>.
13. Combination of atomic force microscopy and principal component analysis as a general method for direct recognition of functional and structural domains in nanocomposite materials / B. Torre [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — Vol. 73, no. 10. — P. 973–981. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20837>.
14. Calibration issues for nanoindentation experiments: direct atomic force microscopy measurements and indirect methods / A. C. Barone [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — Vol. 73, no. 10. — P. 996–1004. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20850>.
15. Force spectroscopy as a tool to investigate the properties of supported lipid membranes / C. Canale [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — mar. — Vol. 73, no. 10. — P. 965–972. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20834>.
16. Formation and microscopic investigation of iron oxide aligned nanowires into polymeric nanocomposite films / D. Fragouli [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — Vol. 73, no. 10. — P. 952–958. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20848>.

Information about authors:

Konstantin Konstantinovich Altunin – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Technical Disciplines of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: kostya.altunin@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

Alexey Alexandrovich Lebedev — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: alexjek73@gmail.com

ORCID iD  0000-0002-0432-6409

Web of Science ResearcherID  AFN-9300-2022

УДК 535.3
ББК 22.343
ГРНТИ 29.19.22
ВАК 01.04.05

Разработка информационной системы поддержки изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике

К. К. Алтунин , Е. А. Шленкина  ¹

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 7 апреля 2022 года

После переработки 12 апреля 2022 года

Опубликована 7 июня 2022 года

Аннотация. Обсуждаются результаты процесса разработки информационной системы поддержки изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике в рамках очного бакалавриата по педагогическому направлению подготовки с профилем в области физики и математики в педагогическом университете. Описаны результаты разработки элементов информационной системы поддержки курса по нанооптике в системе Intranet Academic. Рассматриваются теоретические материалы и материалы контроля знаний информационной системы поддержки курса по нанооптике в системе Intranet Academic. Обсуждаются особенности преподавания учебной дисциплины по нанооптике в рамках дисциплин по выбору на четвёртом курсе очного бакалавриата по педагогическому направлению подготовки с профилем в области физики и математики в педагогическом университете. В процессе преподавания учебной дисциплины по нанооптике в смешанной форме использовались дистанционные курсы и электронные образовательные ресурсы в виде сайтов с теоретическими материалами и материалами для осуществления планомерного и систематического контроля знаний в виде тестов по отдельным темам и контрольным тестам по курсу нанооптики.

Ключевые слова: нанооптика, оптика метаматериалов, курс, информационная система поддержки изучения курса, бакалавриат, педагогическое направление подготовки, теоретические материалы, контроль знаний

PACS: 42.25.Bs

Введение

В работе описаны результаты разработки элементов информационной системы поддержки курса по нанооптике в системе Intranet Academic. Рассматриваются теоретико-методические особенности создания информационной системы поддержки курса по нанооптике в системе Intranet Academic. Рассматриваются теоретические материалы и материалы контроля знаний информационной системы поддержки курса по нанооптике в системе Intranet Academic.

¹E-mail: zmejka123@mail.ru

Интенсивное развитие нанотехнологий, используемых для создания оптоэлектронных приборов, способствует развитию нанооптики. В связи с этим является актуальной задача создания электронных образовательных ресурсов по нанооптике. Электронные образовательные ресурсы по нанооптике могут быть использованы в качестве компонентов системы информационной поддержки изучения учебной дисциплины по нанооптике в университете.

Целью исследования являются разработка, научное обоснование и совершенствование информационной системы поддержки курса по нанооптике в рамках очного бакалавриата по педагогическому направлению подготовки с профилем в области физики и математики в педагогическом университете. Задача исследования заключается в разработке информационной системы поддержки изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике в системе Intranet Academic.

Объектом исследования является процесс преподавания курса по нанооптике в рамках очного бакалавриата по педагогическому направлению подготовки с профилем в области физики и математики в педагогическом университете. Предметом исследования является процесс создания информационной системы поддержки изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике в системе Intranet Academic.

Гипотеза данной части исследования заключается в том, что если использовать непрерывную информационную поддержку процесса преподавания курса по нанооптике, ориентированного на формирование у студентов практических навыков использования информационных технологий в процессе обучения нанооптике, то процесс обучения нанооптике будет более результативным при организации систематического контроля знаний с применением информационных технологий обучения нанооптике.

В качестве материалов исследования используются теоретические материалы по оптике наноструктур, наносистем и нанокompозитов.

В качестве метода создания информационной системы сопровождения курса по нанооптике используется метод создания сайтов в системе Intranet Academic.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что созданные материалы по теме, связанной с оптикой метаматериалов, которая изучается в курсе нанооптики, могут быть использованы в создании новой методологии обучения оптике наноструктур, пополнении научной базы актуальными материалами по нанооптике.

Практическая значимость исследования заключается в совершенствовании теоретических материалов темы по оптике метаматериалов в курсе нанооптики, которые могут быть использованы в качестве материалов на занятиях по дисциплине по выбору по нанооптике на четвёртом курсе очного бакалавриата по педагогическому направлению подготовки с профилем в области физики и математики в педагогическом университете.

Обзор работ по оптике метаматериалов

Двухфотонные когерентные состояния являются одним из основных столпов нелинейной и квантовой оптики. Они являются основой для генерации квантовых состояний с минимальной неопределенностью и запутанных пар фотонов, приложений, недоступных для стандартных когерентных состояний или однофотонных лазеров. В статье [1] описывается полностью резонансный оптомеханический параметрический усилитель, использующий поляритонный конденсат в ловушечной решётке, квадратично связанный с механическими модами. Квадратичная связь возникает из-за нерезонансных виртуальных переходов в расширенные дискретные возбужденные состояния, индуцированных оптомеханической связью. Нерезонансное возбуждение непрерывного лазера приводит к поразительным экспериментальным последствиям, включая появление оптомеханически индуцированных межузельных параметрических колебаний и межузельное туннелирование поляритонов при дискретных межловушечных расстройках,

соответствующих суммам энергий двух вовлеченных механических колебаний (ограниченные колебания на частотах 20 ГГц и 60 ГГц). В статье [1] показано, что когерентные механические колебания соответствуют параметрическим резонансам с пороговым условием, отличным от порогового условия стандартных линейных оптомеханических автоколебаний в области неустойчивости. Наблюдаемые явления могут найти применение для генерации запутанных фононных пар и сжатых механических состояний, имеющих значение для сенсорных и квантовых вычислений, а также для двунаправленного преобразования частоты сигналов в технологически важном диапазоне.

Признано, что Гровер пришёл к своему первоначальному алгоритму квантового поиска, вдохновленный его пониманием интерференции классических волн, исходящих от массива антенн. Также известно, что квантовомеханическая характеристика электромагнитного излучения изоморфна рассмотрению ориентации спина для частицы со спином $1/2$. В статье [2], руководствуясь оригинальной интуицией Гровера и исходя из этой математической эквивалентности, представлена количественная связь между геометрией не зависящих от времени гамильтоновых эволюций с оптимальной скоростью на сфере Блоха и геометрией сохраняющей интенсивность распространения света с максимальной степенью когерентности на сфере Пуанкаре. Наконец, определяя интерференцию как фундаментальный физический компонент, лежащий в основе обоих физических явлений, предполагается, что работа может дать в ретроспективе количественную геометрическую основу, лежащую в основе мощной интуиции Гровера.

В статье [3] исследуется усреднение по ансамблю невзаимодействующих частиц в системе нелинейных осцилляторов. В зависимости от начального распределения в фазовом пространстве механизм дефазировки, вызванный нелинейностью, может привести к временному распаду среднего положения частицы, который может сильно отличаться от стандартного экспоненциального распада. На самом деле приближение к равновесию может быть гауссовым или даже немонотонным во времени. В пределе больших времен можно построить единственное дифференциальное уравнение для эволюции среднего положения во времени. В отличие от бесконечного набора связанных нелинейных дифференциальных уравнений, полученных при стандартном подходе, основанном на уравнении Лиувилля, это уравнение может быть даже линейным. В статье [3] также показано, что предсказанные механизмы расфазировки имеют прямой аналог в соответствующей динамике квантовомеханических волновых пакетов.

Топологическая накачка позволяет исследовать топологические явления более высокой размерности в низкоразмерных системах, используя синтетическую размерность с временной модуляцией. Обширные исследования были посвящены одномерной решетке накачки с однократно модулированными параметрами, в которой было показано, что она обладает механически-волновым аналогом квантового эффекта Холла. В статье [4] изучается топологическая накачка в решёточной цепочке с дважды модулированными параметрами и сообщаем о теоретическом обнаружении двух дополнительных топологических фаз с числом Черна с большой целью, которые не были хорошо раскрыты ранее в однократно модулированных механических системах. Краевое состояние, защищенное числом Черна с большой целью, демонстрирует более быструю передачу энергии от края к краю при медленном временном изменении модулирующих параметров. Также анализируется адиабатическое приближение дважды модулированной накачки, которое не будет нарушаться в процессе эволюции краевых состояний с быстрой накачкой. Ожидается, что открытие будет использовано для быстрой и надежной передачи энергии механических волн.

Одним из ключевых направлений лазерной обработки материалов является использование структурированных лазерных лучей. Коллимированные и сфокусированные гауссовы пучки являются наиболее распространенными инструментами; однако более

экзотические лучи также могут быть полезны. Например, всё шире используются пучки Бесселя с удлиненной фокальной площадью и свойствами самовосстановления или вихревые пучки с винтовыми волновыми фронтами и темной областью вдоль оптической оси. В статье [5] предлагается и экспериментально демонстрируется, что динамические лучи «оптической дрели», представляющие нестационарные распределения интенсивности, которые напоминают вращающуюся механическую дрель. Оптические сверла возникают как пространственно-временная интерференция двух бесселевских вихревых пучков с разными топологическими зарядами и разными несущими частотами. При смещении пары бесселевых пучков высокого порядка, синтезированных с помощью жидкокристаллического пространственного модулятора света, экспериментально наблюдаются оптические сверла настроенных спиралей и демонстрируются простейшие случаи обработки вещества (флуоресценции) такими пучками. Ожидается, что оптические сверлильные лучи будут полезны при обработке материалов с помощью света или при манипулировании клетками и частицами в биомедицинских приложениях.

Акустические и упругие метаматериалы со свойствами, зависящими от времени и пространства, в последнее время привлекли большое внимание как средство нарушения взаимности распространения механических волн, обеспечивающее больший контроль направления. Одним из невзаимных устройств, которое было продемонстрировано в области акустики и электромагнетизма, является циркулятор, который обеспечивает однонаправленную передачу через сеть портов. В статье [6] исследуется циркулятор упругих волн, состоящий из тонкого упругого кольца с тремя присоединенными полубесконечными упругими волноводами, образующими трёхпортовую сеть. Невзаимность достигается как для продольных, так и для поперечных волн за счёт модуляции модуля упругости кольца вращательным образом. Выведены и реализованы две численные модели для расчёта упругого волнового поля в циркуляторе. Первая представляет собой приближённую модель, основанную на теории связанных мод, в которой используются известные формы мод немодулированной системы. Вторая модель представляет собой конечно-элементный подход, включающий разложение Фурье по гармоникам частоты модуляции и граничные условия излучения на портах. Модель связанных мод показывает отличное согласие с конечно-элементной моделью, и представлены условия на параметры модуляции, обеспечивающие высокую степень невзаимности. В статье [6] демонстрируется возможность создания циркулятора упругих волн, обеспечивающего невзаимное разделение мод падающей продольной волны на уходящие продольную и поперечную волны.

В статье [7] представлен аналог квантовомеханического обратного фракционного стимулированного комбинационного адиабатического прохождения в акустической системе путём разработки трёхрезонаторных ответвителей с изменяющейся в пространстве силой связи, которые дополнительно структурируются для создания акустических многофункциональных метаматериалов. Согласие между аналитическими и смоделированными результатами подтверждает, что распространение акустической волны имитирует эволюцию обратного частичного вынужденного комбинационного адиабатического прохождения в квантовой оптике. Сконструированные акустические метаматериалы имеют дополнительные функции: фокусировку луча, разделение луча или асимметричную передачу с переключаемыми функциями в зависимости от длины волны падающей акустической волны. В статье [7] описаны результаты, расширяющие область применения вынужденного комбинационного адиабатического прохождения, что может оказать глубокое влияние на изучение квантовых технологий для продвижения передовых акустических устройств.

Результаты разработки сайта по метаоптике

В курсе нанооптики изучаются оптические свойства наносистем, наноструктур, нанокомпозитов, построенных на основе различных наноматериалов и метаматериалов. Курс нанооптики, читаемый для студентов педагогического направления по профилю подготовки в области физики и математики имеет общую трудоёмкость три зачётные единицы или 108 часов, в которую входят лекции в объёме 18 часов, лабораторные занятия в объёме 30 часов, самостоятельная работа студентов, выполнение контрольных работ, сдача зачёта по учебной дисциплине по нанооптике в объёме 60 часов. Итоговой формой отчётности по учебной дисциплине по нанооптике является устный зачёт по вопросам.

Рассмотрим результаты процесса разработки информационной системы поддержки изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике.

Содержимое сайта ▸ Новый сайт SharePoint

Название и описание

Название:

Метаоптика

Описание:

Сайт информационной поддержки изучения учебной дисциплины по оптике метаматериалов.

Адрес веб-сайта

URL-имя:

http://mysites.ulspu.ru/personal/altunin_kk/ metaoptics

Выбор шаблона

Выберите язык:

Russian

Выберите шаблон:

Совместная работа Корпоративный

Сайт группы
Блог
Сайт проекта

Место для совместной работы с группой пользователей.

Рис. 1. Страница настройки в процессе создания электронного образовательного ресурса в виде сайта по метаоптике в системе Intranet Academic.

На рис. 1 изображена страница настройки в процессе создания электронного образовательного ресурса в виде сайта по метаоптике в системе Intranet Academic на образовательном портале университета. Страница настройки в процессе создания сайта по метаоптике позволяет задать название сайта, описание сайта, адрес веб-сайта, а также выбрать шаблон сайта в виде одного из видов сайтов для совместной работы или корпоративный сайт.

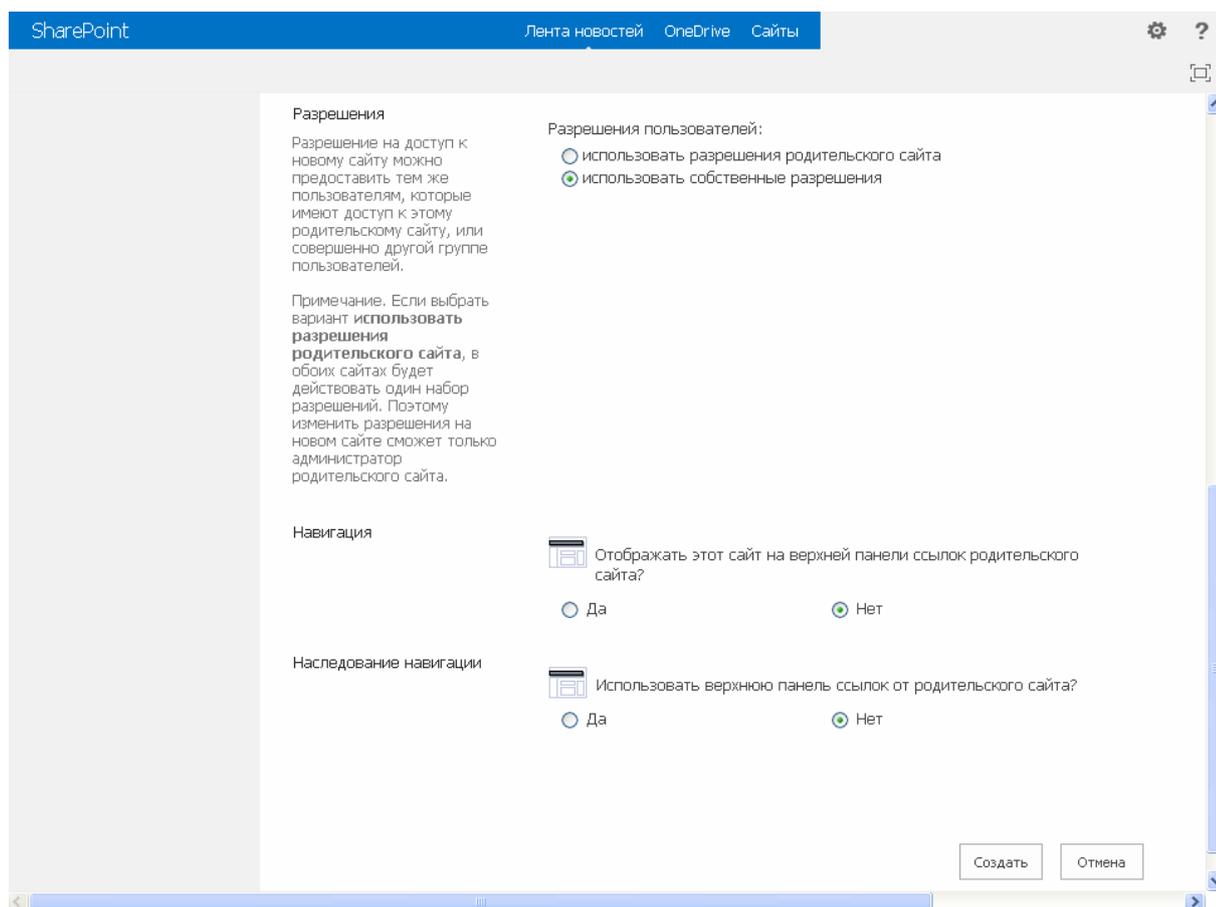


Рис. 2. Вторая часть страницы настройки в процессе создания сайта по метаоптике в системе Intranet Academic.

На рис. 2 изображена вторая часть страницы настройки в процессе создания сайта по метаоптике в системе Intranet Academic. Страница настройки в процессе создания сайта по метаоптике позволяет выбрать разрешения пользователей для сайта, способы навигации и наследование навигации для сайта по метаоптике в системе Intranet Academic.

На рис. 3 изображена главная гипертекстовая страница сайта по метаоптике в системе Intranet Academic. Главная страница сайта по метаоптике в системе Intranet Academic содержит название сайта, логотип сайта, меню, канал новостей и ссылки на документы сайта по метаоптике.

На рис. 4 изображена гипертекстовая страница со списками библиотек и приложений сайта по метаоптике в системе Intranet Academic. Страница со списками библиотек и приложений сайта по метаоптике в системе Intranet Academic содержит настройки, позволяющие устанавливать дополнительные библиотеки и приложения, а также управлять всеми библиотеками и приложениями сайта по метаоптике в системе Intranet Academic. Календарь заданий и проектов сайта по метаоптике можно вывести на одну из страниц сайта.

На рис. 5 изображена первая часть перечня тем по оптике метаматериалов в виде ссылки на страницу сайта по метаоптике в системе Intranet Academic. Первая часть тем по метаоптике посвящена рассмотрению видов и характеристик метаматериалов, системы уравнений Максвелла в приложении к метаматериалам, полевые уравнения для метаматериалов, метод интегральных уравнений для метаматериалов, приближение эффективной среды для метаматериалов.

На рис. 6 изображена часть перечня тем по оптике метаматериалов в виде ссылки

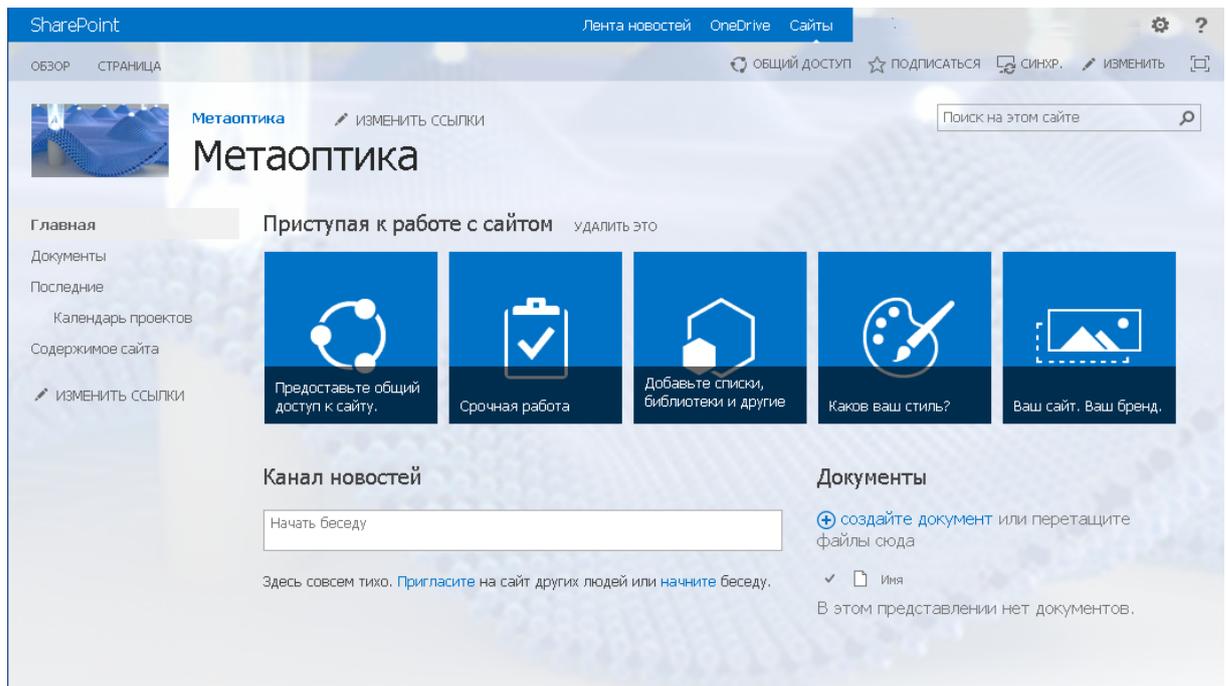


Рис. 3. Главная страница сайта по метаоптике в системе Intranet Academic.

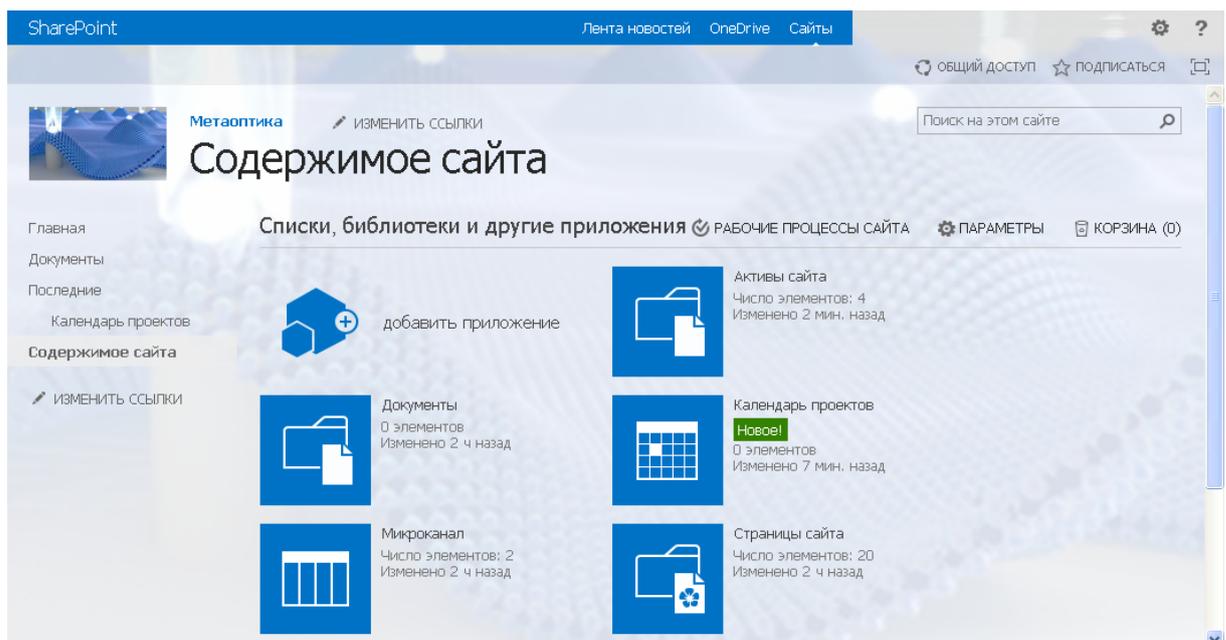


Рис. 4. Страница со списками библиотек и приложений сайта по метаоптике в системе Intranet Academic.

на страницу сайта по метаоптике в системе Intranet Academic. Вторая часть перечня тем по метаоптике посвящена рассмотрению метода решёточных сумм для метаматериалов, оптического отражения и пропускания микротрубчатых метаматериалов, мультипольное разложение для системы зарядов в метаматериалах, оптического отражения и пропускания тороидальных метаматериалов, оптического отражения и пропускания градиентных метаматериалов, оптического отражения и пропускания микропористых метаматериалов. Третья часть перечня тем по метаоптике посвящена рассмотрению оптического отражения и пропускания активных ворсистых метаматериалов, суперлинз из метаматериалов, максировки тел метаматериалами, эффекта волнового огиба-

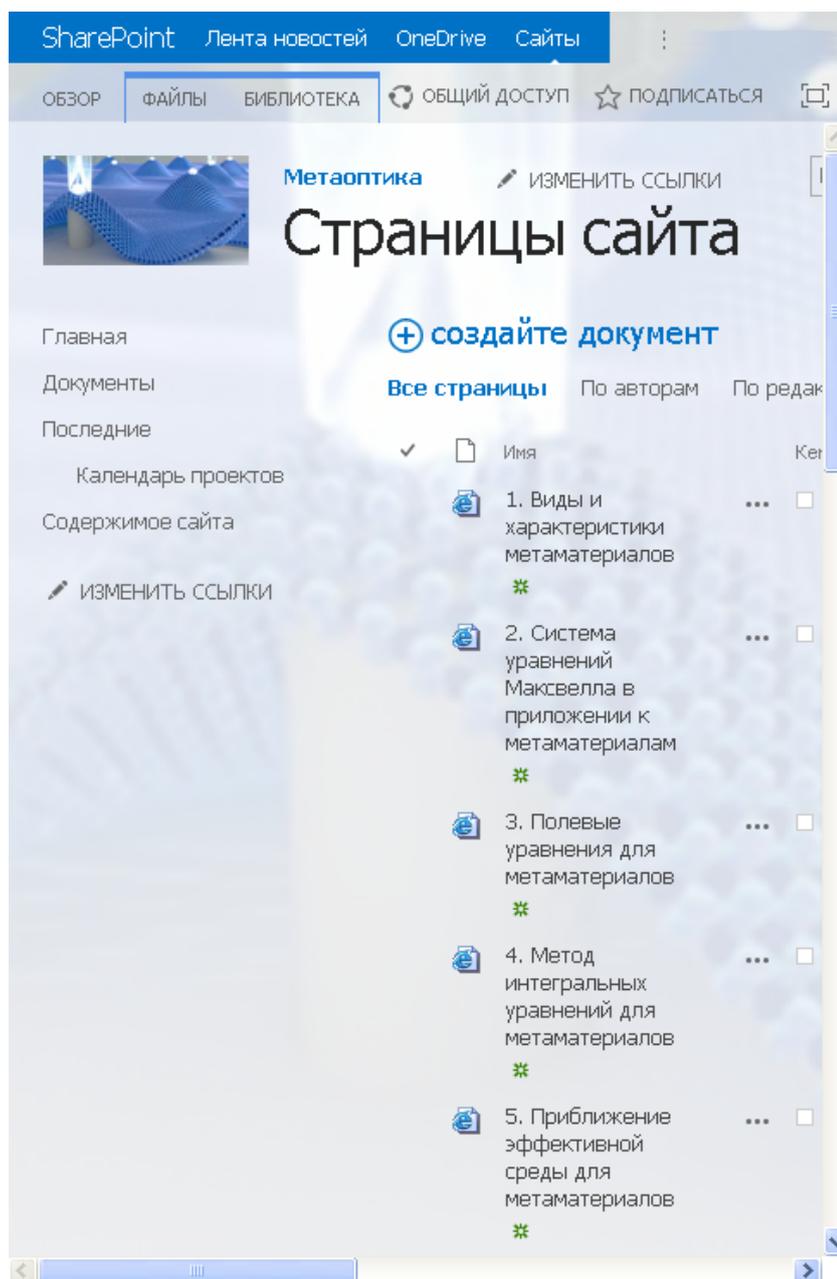


Рис. 5. Первая часть перечня тем по оптике метаматериалов в виде ссылки на страницу сайта по метаоптике в системе Intranet Academic.

ния в метаматериалах, описание оптических свойств метаматериалов с помощью тензоров диэлектрической проницаемости и магнитной проницаемости, описание оптических свойств метаматериалов с помощью тензоров показателя преломления и поверхностного импеданса.

В качестве материалов для контроля знаний по курсу нанооптики в составе сайта по оптике метаматериалов можно созданы опросы, которые содержат различные типы ответов. Типы ответов на вопросы опроса для контроля знаний по курсу нанооптики могут быть в виде однострочного текста, многострочного текста, меню с выбором вариантов ответа, шкалы оценок в виде матрицы вариантов или шкалы Ликерта, числа, даты и времени, подстановки данных, флажка с положительным или отрицательным ответом. Для управления опросом существуют поля пользователей или групп, разделители страниц с возможностью вставки разрыва страниц в опрос, поля внешних данных, поля с управляемыми метаданными.

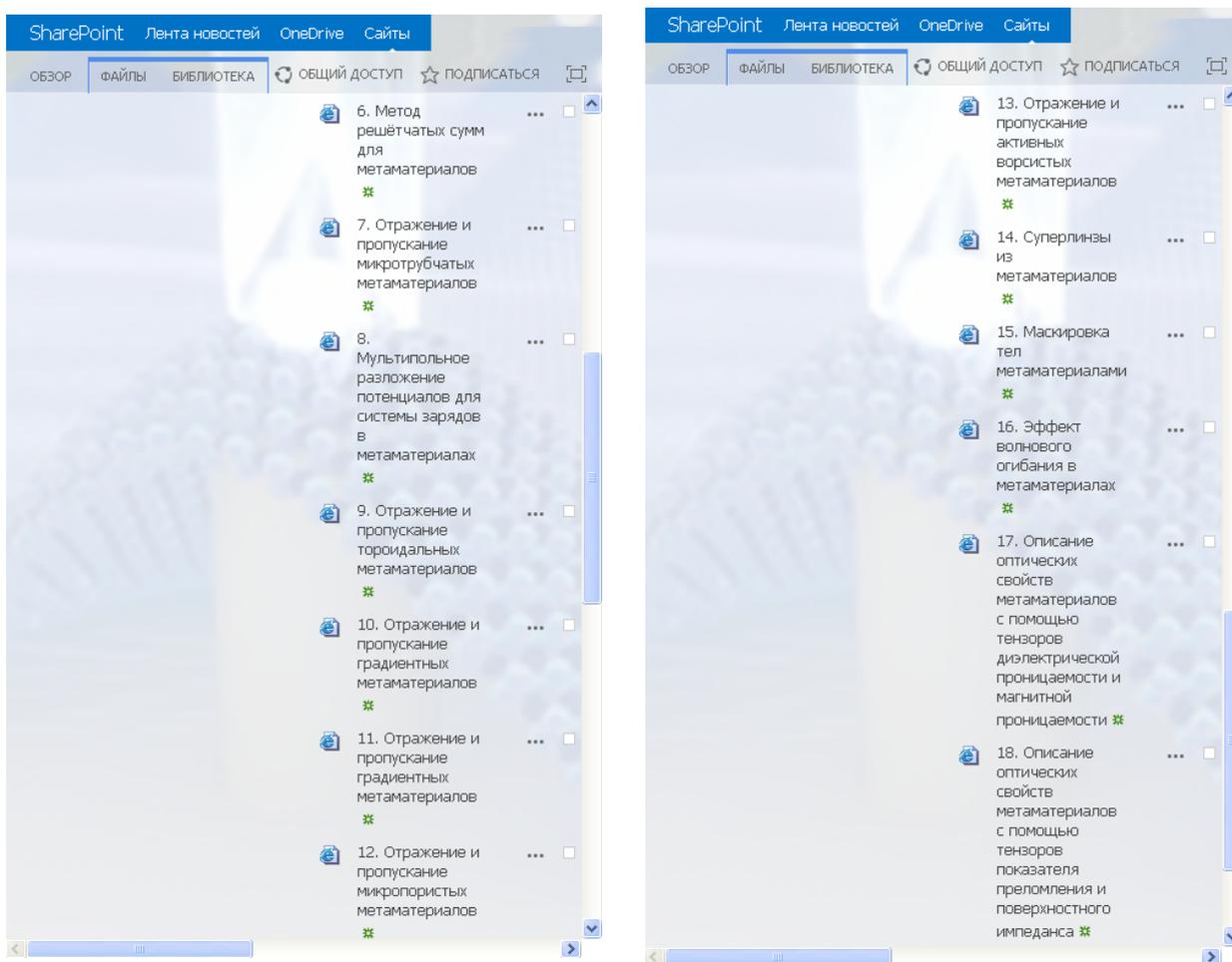


Рис. 6. Вторая и третья части перечня тем по оптике метаматериалов в системе Intranet Academic.

Курс по нанооптике читается в восьмом семестре для студентов четвёртого курса педагогического университета, обучающихся по профилю подготовки в области физики и математики. В период с марта по май 2021 года осуществлялось наблюдение за результатами преподавания учебной дисциплины по нанооптике на четвёртом курсе в подгруппе ФМ-17-01. Преподавание учебной дисциплины по нанооптике осуществлялось в рамках дисциплин по выбору в подгруппе ФМ-17-01. Трудоемкость учебной дисциплины по нанооптике составляла три зачётные единицы или 108 часов общей нагрузки. Подгруппа ФМ-17-01 состояла из шести человек. Аудиторные занятия по учебной дисциплине по нанооптике состоят из девяти лекций и пятнадцати лабораторных занятий. В результате изучения учебной дисциплины по нанооптике по учебной успеваемости были получены следующие результаты: четыре студента получили отметку «отлично», два студента получили отметку «удовлетворительно». Средний балл по учебной дисциплине по нанооптике составил 252 балла из 300 максимально возможных баллов. Степень обученности студентов по нанооптике составила 78.7%, что соответствует оптимальному уровню обученности студентов. На занятиях по учебной дисциплине по нанооптике в смешанной форме использовались дистанционные курсы и электронные образовательные ресурсы в виде сайтов с теоретическими материалами и материалами для осуществления планомерного и систематического контроля знаний в виде тестов по отдельным темам и контрольным тестам по курсу нанооптики. Преподавание дисциплины по выбору по нанооптике осуществлялось с использованием дистанционного курса

и электронных образовательных ресурсов, в том числе электронного образовательного ресурса в виде сайта по метаоптике.

В составе курса по нанооптике решаются задачи по оптике метаматериалов в рамках изучения темы курса, связанной с изучением оптических свойств метаматериалов.

Приведём задачу по оптике метаматериалов о сенсационном открытии в оптике.

В шестидесятых годах прошлого века группа советских физиков во главе с доктором физико-математических наук Виктором Георгиевичем Веселаго занималась поиском веществ, обладающих отрицательным показателем преломления. Поведение таких веществ было рассмотрено теоретически в статье, опубликованной в 1967 году в журнале «Успехи физических наук» (том 92). В частности, в статье было показано, что остаётся справедливым закон преломления Снелла ($n_1 \sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2$, где φ_1 – угол падения, а φ_2 – угол преломления, а n_1 и n_2 – соответствующие показатели преломления). При этом плоскопараллельная пластинка может при некоторых условиях быть идеальной «линзой». К сожалению, тогда найти вещества с такими свойствами не удалось. Однако в 2000 году группой физиков из университета Сан-Диего были созданы композитные материалы, обладающие отрицательным показателем преломления.

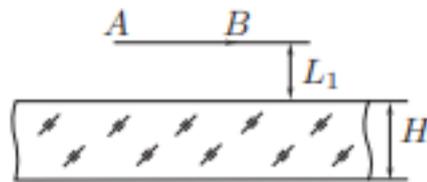


Рис. 7. Светящаяся стрелка AB над прозрачной плоскопараллельной пластинкой, обладающей отрицательным показателем преломления $n = -1$.

Над прозрачной плоскопараллельной пластинкой, обладающей отрицательным показателем преломления $n = -1$, находится светящаяся стрелка AB (рис. 7). Расстояние от неё до пластинки $L_1 = 6$ см, толщина пластинки $H = 10$ см. Под пластинкой возникает изображение $A''B''$ стрелки AB . Покажите построением, как получается это изображение. На каком расстоянии L_2 от нижней стороны плоскопараллельной пластинки будет находиться изображение $A''B''$? Действительным или мнимым будет это изображение? Найдите увеличение k , даваемое такой пластинкой в рассматриваемом случае. Будет ли это изображение единственным во всём пространстве? отражения от границ раздела пластинки с воздухом не учитывать.

Решение.

Выясним, каков должен быть ход луча при прохождении сквозь пластинку с отрицательным показателем преломления. В формуле Снелла при $n_1 > 0$ и $n_2 > 0$ острые углы φ_1 и φ_2 положительны, если они отсчитываются от нормали к поверхности против часовой стрелки (рис. 8). Тогда при $n_1 < 0$ и $n_2 < 0$ синус одного из углов, φ_1 или φ_2 , а тем самым и угол, должен быть отрицательным. Ход луча для случая $n_1 = 1$, $n_2 = -1$ изображён на рис. 9, при этом $|\varphi_1| = |\varphi_2|$.

Теперь построение изображения предмета AB становится чисто технической задачей. Из точки A пускаем к границе раздела два произвольных луча; с учётом уточнённого нами смысла закона Снелла строим преломлённые лучи. Точка A' является первичным изображением точки A . Она расположена симметрично точке A относительно верхней границы раздела сред. Но лучи, вышедшие из точки A' вновь пересекутся в точке A'' , которая расположена симметрично точке A' относительно нижней границы раздела сред. Аналогичные рассуждения можно провести и для точки B . Следовательно, $L_2 = H - L_1 = 4$ см. Это изображение действительное. Увеличение k , даваемое

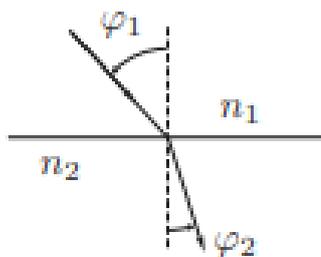


Рис. 8. Ход луча при прохождении границы раздела с положительным показателем преломления.

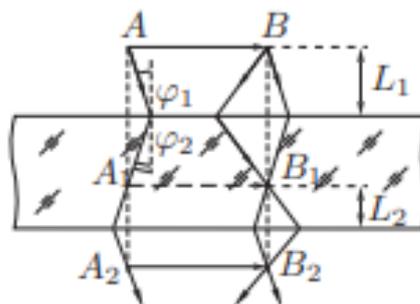


Рис. 9. Ход луча при прохождении сквозь пластинку с отрицательным показателем преломления.

пластинкой, равно 1. Ещё одно изображение $A'B'$ будет внутри пластинки (оно также действительное с увеличением $k = 1$).

Заключение

Электронный образовательный ресурс по курсу нанооптики, созданный в системе Intranet Academic, имеет формат сайта по метаоптике, что даёт возможность обеспечить непрерывную информационную поддержку обучения нанооптике в рамках бакалавриата университета. Электронный образовательный ресурс по оптике метаматериалов в системе Intranet Academic позволяет обеспечить возможность хранения текущих и промежуточных образовательных результатов, включая результаты тестирования.

Гипотеза данной части исследования, заключающаяся в том, что если использовать непрерывную информационную поддержку процесса преподавания курса по нанооптике, ориентированного на формирование у студентов практических навыков использования информационных технологии в процессе обучения нанооптике, то процесс обучения нанооптике будет более результативным при организации систематического контроля знаний с применением информационных технологий обучения нанооптике, подтверждена полностью.

Электронный образовательный ресурс в виде сайта по оптике метаматериалов может быть использован при проведении дисциплины по выбору по нанооптике в педагогических университетах. Систематизация теоретических материалов по оптике метаматериалов позволила создать структуру тематических модулей электронного образовательного ресурса по метаоптике и наполнить теоретическими материалами страницы электронного образовательного ресурса в виде сайта по метаоптике. Разработанная информационная система сопровождения изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике позволяет обеспечить непрерывное информационное сопровождение процесса преподавания курса по нанооптике в университете.

Список использованных источников

1. Optomechanical parametric oscillation of a quantum light-fluid lattice / A. A. Reynoso [et al.] // Physical Review B. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 19. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.195310>.
2. Cafaro Carlo, Ray Shannon, Alsing Paul M. Optimal-speed unitary quantum time evolutions and propagation of light with maximal degree of coherence // Physical Review A. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.052425>.
3. Decay mechanisms of ensemble averages of nonlinear oscillators / C. Gong [et al.] // Physical Review A. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.052209>.
4. Liao Yunhong, Zhou Xiaoming. Topological Pumping in Doubly Modulated Mechanical Systems // Physical Review Applied. — 2022. — mar. — Vol. 17, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.034076>.
5. Optical Drills by Dynamic High-Order Bessel Beam Mixing / Gabrielius Kontenis [et al.] // Physical Review Applied. — 2022. — mar. — Vol. 17, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.034059>.
6. Goldsberry Benjamin M., Wallen Samuel P., Haberman Michael R. Nonreciprocity and Mode Conversion in a Spatiotemporally Modulated Elastic Wave Circulator // Physical Review Applied. — 2022. — mar. — Vol. 17, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.034050>.
7. Acoustic wavelength-selected metamaterials designed by reversed fractional stimulated Raman adiabatic passage / Shuai Tang [et al.] // Physical Review B. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.104107>.

Сведения об авторах:

Константин Константинович Алтунин — кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: kostya_altunin@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

Елена Алексеевна Шленкина — магистрант факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: zmejka123@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-7402-4916

Web of Science ResearcherID  АВН-1508-2020

Development of an information support system for studying a topic on the optics of metamaterials as part of a course on nanooptics

K. K. Altunin , E. A. Shlenkina 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted April 7, 2022

Resubmitted April 12, 2022

Published June 7, 2022

Abstract. The results of the process of developing an information system to support the study of a topic on the optics of metamaterials as part of a course on nanooptics as part of a full-time bachelor's degree in a pedagogical field of study with a profile in the field of physics and mathematics at the Pedagogical University are discussed. The results of the development of elements of the information system for supporting the course on nanooptics in the Intranet Academic system are described. Theoretical materials and knowledge control materials of the information support system for the course on nanooptics in the Intranet Academic system are considered. The features of teaching the academic discipline in nanooptics within the framework of elective disciplines in the fourth year of full-time bachelor's degree in the pedagogical direction of training with a profile in the field of physics and mathematics at the Pedagogical University are discussed. In the process of teaching the academic discipline in nanooptics in a mixed form, distance courses and electronic educational resources were used in the form of sites with theoretical materials and materials for the systematic and systematic control of knowledge in the form of tests on individual topics and control tests for the course of nanooptics.

Keywords: nanooptics, optics of metamaterials, course, information system to support the study of the course, bachelor's degree, pedagogical area of training, theoretical materials, knowledge control

PACS: 42.25.Bs

References

1. Optomechanical parametric oscillation of a quantum light-fluid lattice / A. A. Reynoso [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 19. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.195310>.
2. Cafaro Carlo, Ray Shannon, Alsing Paul M. Optimal-speed unitary quantum time evolutions and propagation of light with maximal degree of coherence // *Physical Review A*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.052425>.
3. Decay mechanisms of ensemble averages of nonlinear oscillators / C. Gong [et al.] // *Physical Review A*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.052209>.
4. Liao Yunhong, Zhou Xiaoming. Topological Pumping in Doubly Modulated Mechanical Systems // *Physical Review Applied*. — 2022. — mar. — Vol. 17, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.034076>.

5. Optical Drills by Dynamic High-Order Bessel Beam Mixing / Gabrielius Kontenis [et al.] // Physical Review Applied. — 2022. — mar. — Vol. 17, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.034059>.
6. Goldsberry Benjamin M., Wallen Samuel P., Haberman Michael R. Nonreciprocity and Mode Conversion in a Spatiotemporally Modulated Elastic Wave Circulator // Physical Review Applied. — 2022. — mar. — Vol. 17, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.034050>.
7. Acoustic wavelength-selected metamaterials designed by reversed fractional stimulated Raman adiabatic passage / Shuai Tang [et al.] // Physical Review B. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.104107>.

Information about authors:

Konstantin Konstantinovich Altunin – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Technical Disciplines of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: kostya.altunin@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

Elena Alekseevna Shlenkina — Master’s student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: zmejka123@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-7402-4916

Web of Science ResearcherID  ABH-1508-2020

УДК 535.8
ББК 22.343
ГРНТИ 29.31.21
ВАК 01.04.05

Разработка дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE

О. Н. Захарова ¹

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 5 мая 2022 года
После переработки 12 мая 2022 года
Опубликована 7 июня 2022 года

Аннотация. Описан результат разработки модульной структуры, теоретических материалов, элементов контроля дистанционного курса по оптоэлектронике, созданного на платформе MOODLE. Рассматривается процесс создания модульной структуры и материалов дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE. Дистанционный курс по оптоэлектронике содержит сведения из оптоэлектроники, а также описание оригинальных результатов по описанию систем, приборов и устройств оптоэлектроники.

Ключевые слова: оптоэлектроника, дистанционный курс, модульная структура, теоретические материалы, элементы контроля знаний, система управления обучением MOODLE

PACS: 01.50.H-

Введение

Рассматривается процесс создания модульной структуры и материалов дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE. Дистанционный курс по оптоэлектронике будет содержать теоретические сведения из оптоэлектроники, а также описание оригинальных результатов по описанию систем, приборов и устройств оптоэлектроники.

Целью исследования является создание дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE. В задачи исследования входят создание модульной структуры курса по оптоэлектронике, создание теоретических материалов курса по оптоэлектронике, разработка элементов дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

Объектом исследования являются курс оптоэлектроники. Предметом исследования является процесс создания модульной структуры, материалов и элементов дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

¹E-mail: zkhrrvolly@gmail.com

Гипотеза исследования состоит в том, что если создать и использовать дистанционный курс по оптоэлектронике, основанный на комбинации теоретических методов и численных методов в процессе изучения оптоэлектроники, то можно повысить познавательный интерес студентов университетов к курсу по оптоэлектронике и реализовать систему смешанного обучения оптоэлектронике.

В качестве методов исследования используется анализ теоретических материалов по оптоэлектронике, синтез различных концепций описания физических процессов оптоэлектронике, компьютерное моделирование простых дисперсионных зависимостей характеристик оптоэлектронных приборов, проектирование дистанционного курса.

В качестве материалов исследования используются теоретические материалы по оптоэлектронике.

Базой исследования дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE является образовательный портал ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова».

Обзор работ по оптоэлектронным приборам

Сильное поглощение света в ближней инфракрасной области полупроводниковыми диалкогендами переходных металлов необходимо для повышения эффективности извлечения фотоносителей в оптоэлектронных устройствах. Численно продемонстрировано, что оригинальная метаповерхность Гюйгенда диалкогенда переходного металла специально разработана для преодоления предела поглощения 50 % субволновой тонкой плёнки. Уникальная метаповерхность, состоящая из массива нанодисков из диалкогендов переходного металла, демонстрирует характерные резонансы Ми, включая электрические и магнитные диполи. Тщательно оптимизируя соотношение сторон нанодисков, успешно реализуется экстраординарное спектральное перекрытие ортогональных электрических и магнитных дипольных резонансов[1].

Скорости рекомбинации в оптоэлектронных полупроводниках обычно регистрируют с помощью длительных и дорогостоящих измерений. В статье [2] представлен метод простого и быстрого извлечения коэффициентов скорости затухания, используя только измерения квантовой эффективности фотолюминесценции, которые продемонстрированы на тонкоплёночных образцах галогенидного перовскита. Объединяем эти отношения с данными фотолюминесценции с временным разрешением, чтобы получить абсолютные скорости рекомбинации, с превосходным согласием, когда подход сравнивается с более затратным по времени и инфраструктуре методом спектроскопии нестационарного поглощения. Этот подход также позволяет напрямую количественно определить соотношение между полной скоростью рекомбинации второго порядка и скоростью излучательной рекомбинации второго порядка. Показано, что излучательная рекомбинация является лишь частью общей рекомбинации второго порядка в диапазоне образцов галогенидного перовскита, имеющих отношение к фотогальванике. Продemonстрированы последствия быстрого извлечения скоростей распада путём извлечения отношений скоростей распада в микромасштабе и путём расчёта ожидаемой максимальной эффективности солнечного элемента, изготовленного из измеренной плёнки перовскита. Показано, что уменьшение потерь первого порядка значительно повысит эффективность солнечных элементов для образцов до тех пор, пока время жизни фотолюминесценции с временным разрешением не превысит примерно 1 мкс (при низкой интенсивности импульса возбуждения), после чего безызлучательная рекомбинация второго порядка ограничивает эффективность солнечных батарей на основе перовскита. Представлены основы для быстрого скрининга оптоэлектронных полупроводников с помощью методов, широко доступных для многих исследовательских групп, идентифицирует процессы распада, которые в противном случае были бы упущены, и напрямую связывает

извлечённые значения с прогнозируемыми показателями производительности устройства.

Современные оптоэлектронные устройства и приборы полагаются на фундаментальные концепции электродинамики резонатора для улучшения физических характеристик, встраивая активную среду в оптический резонатор для улучшения связи света с веществом. Эта скорость связи обычно мала по сравнению с энергией электронов и фотонов. Несмотря на несколько демонстраций, устройства, работающие с гораздо большей силой связи света и материи в так называемом режиме сильной связи света и материи, ещё предстоит продемонстрировать как жизнеспособные практические кандидаты. Одним из основных технологических препятствий, препятствующих их распространению, является понимание извлечения и инъекции тока носителей из сильно связанных состояний света и материи. В статье [3] исследуется это фундаментальное явление в квантово-каскадных детекторах среднего инфракрасного диапазона квантовой хромодинамики, работающих в режиме связи света и вещества от умеренной до сильной. Они действуют вокруг $\lambda = 10$ мкм с минимальным расщеплением Раби 9.3 мэВ. Простая модель, основанная на обычном описании транспорта в квантовой хромодинамике, не воспроизводит поляритонных особенностей в спектрах фототока. Наоборот, более совершенный подход, основанный на полуклассической теории связанных мод, способен воспроизводить как оптические, так и электрические спектры с превосходным согласием. Сопоставляя поглощение и фотоотклик с моделированием, продемонстрировано, что в этой системе резонансное туннелирование из поляритонных состояний, по-видимому, является преобладающим механизмом извлечения. Тёмные межподзональные состояния не играют существенной роли в этом процессе, в отличие от того, что происходит в электрически инжектированных поляритонных излучателях.

Наноэлектроника доменных стенок привлекла большое внимание с момента открытия проводящих доменных стенок, где доменные стенки р-п-перехода незаменимы для устройств оптоэлектроники. В статье [4] сообщается об изготовлении доменной стенки р-п-перехода на основе р-п-проводящих доменных стенок в разрезанной тонкой плёнке ниобата лития на изоляторе с использованием метода поляризации бокового электрического поля.

Основываясь на коэффициенте пропускания туннелирующих электронов, в статье [5] представлен туннельный ток и проводимость через квадратный потенциальный барьер как для графена, так и для графеновых решёток в линейно поляризованном нерезонансном одевающем поле. Наличие такого одевающего поля вносит фактор анизотропии в энергетическую дисперсию туннелирующих электронов, так что поперечное сечение конуса Дирака выглядит как эллиптическое. Следовательно, большая ось эллипса, контролируемая поляризацией поля, будет смещена относительно нормального направления барьерного слоя в системе туннелирования, что демонстрирует асимметричный парадокс Клейна для туннелирования в ненормальном направлении. Результирующий туннельный ток в этой системе рассчитывается с использованием коэффициента прохождения и продольной групповой скорости (отличной от продольного импульса) электронов. Представляя численно рассчитанную туннельную проводимость, модифицированную лазерным перевязочным полем, продемонстрировано значительное улучшение электропроводности за счёт интенсивности внешнего лазерного поля, что, как ожидается, будет иметь решающее значение в применении сверхбыстрой оптической модуляции оптоэлектронных устройств для фотодетектирования и волоконно-оптических устройств связи.

Наличие беспорядка в полупроводниках может резко изменить их физические свойства. Тем не менее, модели, точно учитывающие это, всё ещё немногочисленны и неэффективны в вычислительном отношении. В статье [6] представлены математическая и

вычислительная модели, способные имитировать оптоэлектронный отклик полупроводниковых сплавов с длиной стороны в несколько десятков нанометров, и в то же время учитывать эффекты квантовой локализации, вызванные композиционным беспорядком на наноуровне. Модель основана на анализе Вигнера-Вейля структуры собственных состояний электрона и дырки в фазовом пространстве, что стало возможным благодаря теории ландшафта локализации. После проверки расчётами на основе собственных состояний в одномерной и двумерной модели применяется для расчёта поглощения света в трёхмерных сплавах InGaN различного состава. Получены подробные структуры хвоста поглощения ниже средней ширины запрещённой зоны и энергии Урбаха всех моделируемых составов. Более того, формализм Вигнера-Вейля позволяет нам определять и вычислять трехмерные карты эффективной локально поглощаемой мощности на всех частотах. Наконец, предлагаемый подход открывает путь для обобщения этого метода на все процессы энергообмена, такие как излучательная и безизлучательная рекомбинация в реальных устройствах.

В статье [7] исследовано влияние коэффициента эллиптичности поля поляризованного излучения на оптоэлектронные свойства двумерной полудираковской системы. Оптическая проводимость рассчитывается в рамках подхода уравнения энергетического баланса, полученного из полуклассического уравнения Больцмана. Обнаружено, что существует анизотропное оптическое поглощение, индуцированное как внутризонными, так и межзонными электронными переходными каналами в перпендикулярных направлениях xx и yy . Кроме того, исследуется влияние коэффициента эллиптичности, температуры, плотности носителей и параметра запрещённой зоны на оптическую проводимость двумерной полудираковской системы. Оптическая проводимость рассчитывается внутри энергетической системы, расположенной соответственно в поперечном и вертикальном направлениях. Показано, что коэффициент эллиптичности, температура, плотность носителей и параметр запрещенной зоны могут играть важную роль в настройке силы, положения пика и формы спектра оптической проводимости. Результаты, полученные в этом исследовании, показывают, что двумерная полудираковская система. Оптическая проводимость, рассчитанная в рамках системы, которая может быть перспективным анизотропным и перестраиваемым оптическим и оптоэлектронным материалом для применения в инновационных двумерных оптических и оптоэлектронных устройствах, активных в инфракрасном и терагерцовом диапазонах.

Нитрид эрбия представляет собой новый полупроводниковый пниктид из каменной соли и редкоземельных элементов, который в последние годы вызвал значительный интерес в связи с его потенциальными применениями в термоэлектрическом преобразовании энергии, устройствах спинтроники и криокулерах Гиффорда-МакМагона. Из-за внутриэлектронного $4f$ -перехода эрбия легированные эрбием III-нитридные полупроводники, такие как GaN, InGaN, демонстрируют сильное излучение в безопасном для сетчатки глаза и оптоволоконном диапазоне длин волн 1.54 мкм, который широко исследуется для разработки твердотельных лазеры, усилители и светоизлучающие устройства. Однако из-за склонности нитрида эрбия к окислению в окружающей среде выращивание высококачественных тонких плёнок из нитрида эрбия было сложной задачей, и глубокое понимание его электронной структуры остается без ответа. В статье [8] электронная структура валентной зоны тонких плёнок нитрида эрбия измерена с помощью нормальной, а также фотоэмиссионной спектроскопии резонансного синхротронного излучения. Измерения фотоэмиссии показывают максимум валентной зоны и разность энергий Ферми около 2.3 эВ в нитриде эрбия.

Объёмный фотоэлектрический эффект в кристаллах, лишенных инверсионной симметрии, предлагает большой потенциал для применения в оптоэлектронике благодаря своим уникальным свойствам, таким как фотонапряжение выше запрещённой зоны и

переключаемый фототок. Из-за их больших спонтанных поляризации сегнетоэлектрические материалы являются идеальной платформой для изучения объёмной фотоэлектрической энергии. Однако определить происхождение экспериментально наблюдаемого фотогальванического отклика часто бывает сложно из-за запутанности между объёмными и межфазными эффектами, что приводит к многочисленным спорам в этой области. Эта проблема особенно ярко выражена в вертикальных гетероструктурах, где два эффекта сопоставимы. В статье [9] сообщается о переходе между объёмными и межфазными откликами в вертикальных гетероструктурах BiFeO_3 при изменении энергии фотонов. Показано, что возбуждение значительно выше ширины запрещённой зоны приводит к объёмному фотогальваническому отклику, но возбуждение на краю полосы требует изгиба полосы на границе раздела для разделения фотоносителей. Результаты не только помогают прояснить противоречивые сообщения в литературе, но и закладывают основу для более глубокого понимания сегнетоэлектрического фотоэлектрического эффекта и его применения в различных устройствах.

Структура оптической диадической функции Грина для описания поперечных электромагнитных полей в плоском пакете солнечных элементов из перовскита связана с электронной моделью дрейфа и диффузии для строгого рассмотрения рециркуляции фотонов в режиме волновой оптики для реалистичного фотоэлектрического устройства. Оптическая модель обеспечивает локальную скорость реабсорбции, а также совместимый с детальным балансом префактор излучения, которые используются в электронной модели для достижения самосогласованного решения, которое даёт полные характеристики оптоэлектронного устройства. В статье [10] представленный подход даёт подробное представление о влиянии рециркуляции фотонов на характеристики устройства при различных режимах переноса заряда и рекомбинации и может помочь определить различные электронные и оптические потери для неидеальных, реалистичных устройств. Глобальная эффективность рециркуляции фотонов количественно определяется путём определения квантовой эффективности реабсорбированного излучения, в то время как локальная эффективность может быть, кроме того, количественно определена путём определения эффективного локального префактора излучения. Представленная здесь модель может быть использована для разработки будущих устройств, использующих весь потенциал повторного использования фотонов.

В статье [11] с использованием обобщенного уравнения Больцмана Задеголя предложен решеточный метод Больцмана во временной области. Методы во временной области, такие как метод конечных разностей во временной области, были предложены исследователями в качестве инструментов для изучения и проектирования полупроводниковых и оптоэлектронных устройств. Решетчатый метод Больцмана во временной области наследует основные преимущества решетчатых методов Больцмана по сравнению с обычными методами, а именно простоту реализации, простоту обработки сложной геометрии и явные алгоритмы, которые делают метод очень подходящим для эффективной параллельной обработки. Теоретические выводы были проверены путём проведения решеточного анализа во временной области Больцмана на некоторых эталонных структурах.

Гетероструктуры Ван-дер-Ваальса демонстрируют множество интригующих явлений, включая сверхбыстрое разделение зарядов после сильного экситонного поглощения в видимом спектральном диапазоне. Однако, несмотря на огромный потенциал будущих приложений в области оптоэлектроники, лежащий в основе микроскопический механизм остается спорным. В статье [12] используется фотоэмиссионная спектроскопия с временным и угловым разрешением в сочетании с микроскопической теорией многих частиц, чтобы выявить соответствующие микроскопические каналы переноса заряда в эпитаксиальных гетероструктурах WS_2 /графен. Обнаружено, что временная

шкала эффективного сверхбыстрого разделения зарядов в материале определяется прямым туннелированием в тех точках зоны Бриллюэна, где пересекаются полосы WS_2 и графена, а время жизни переходного состояния с разделенным зарядом определяется дефектным туннелированием через локализованные вакансии серы. Тонкое взаимодействие внутренних и связанных с дефектами каналов переноса заряда, может быть использовано для разработки высокоэффективных светособирающих и регистрирующих устройств.

В книге [13] практичным и последовательным образом вводятся сложные концепции, включая такие, как квантовая механика электронно-фотонного взаимодействия, квантование электромагнитного поля, свойства полупроводников, квантовая теория гетероструктур и нелинейная оптика. Рассмотрены концепции для описания физики, свойств и характеристик основных оптоэлектронных устройств: светоизлучающих диодов, лазеров с квантовыми ямами, фотодетекторов, оптических параметрических генераторов и волноводов. Акцент сделан на объединяющих теоретических аналогиях оптоэлектроники, таких как эквивалентность квантования в гетероструктурных ямах и волноводных модах, запутанность излучения абсолютно чёрного тела и полупроводниковая статистика. Также представляются различные устройства, включая лазеры с вертикальным поверхностным излучением, инфракрасные фотодетекторы с квантовыми ямами, квантовые каскадные лазеры и оптические преобразователи частоты.

В статье [14] обнаружен и исследован фотовольтаический эффект, обусловленный фотогенерацией носителей тока на границе раздела сред в органических полимерных гетероструктурах на основе разработанных композитов с дырочной (допированные полиимиды, сопряжённые полимеры) и электронной (допированные полиэфиримиды и карбазолилсодержащие полимеры) проводимостью обнаружен и исследован фотовольтаический эффект, обусловленный фотогенерацией носителей тока на границе раздела. Наилучшие характеристики наблюдали для гетероструктур с диффузной и развитой (объёмной) границей раздела. Максимальная энергетическая эффективность конверсии составляет 0.5 процента в области длины волны от 400 нм до 650 нм. Используются компоненты с повышенной фотостойкостью и термостойкостью.

В статье [15] исследованы электрофизические параметры и характеристики элементов оптоэлектронных приборов в спецкурсе по оптоэлектронике. В статье [16] исследованы оптические свойства шероховатой поверхности элементов оптоэлектроники. В статье [17] исследованы структуры и свойства халькогенидных стекол для оптоэлектроники.

Анализ работ по оптоэлектронике показывает актуальность темы исследования.

Разработка структуры и элементов дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE

Рассмотрим основные результаты разработки модульной структуры и теоретических элементов дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

Под проектированием дистанционного курса по оптоэлектронике понимают процесс разработки дистанционного курса, в котором активно используются автоматизированные методы контроля в ходе продвижения при изучении курса по оптоэлектронике. Основные задачи изучения курса по оптоэлектронике состоят в развитии логики теоретического мышления, интуиции, творческих способностей, овладении системой знаний и умений по оптоэлектронике. Основной подход к изучению курса по оптоэлектронике с использованием информационных технологий заключается в увеличении визуально воспринимаемой студентом информации посредством использования дистанционного курса в процессе изучения оптоэлектронике в университете. Структура дистанционно-

го курса по оптоэлектронике включает в себя специальным образом сформированные модули, содержащие тематические связанные материалы и элементы контроля в виде тестов, задач и заданий. На первом этапе создания дистанционного курса производится определение целей и задач, которые необходимо реализовать в процессе проектирования дистанционного курса. На втором этапе создания дистанционного курса производится разработка структуры дистанционного курса в строгом соответствии с выбранной тематикой и объёмом курса по оптоэлектронике. На третьем этапе создания дистанционного курса по оптоэлектронике производится разработка содержания блоков дистанционного курса по тематическим модулям и темам. На четвёртом этапе создания дистанционного курса по оптоэлектронике производится визуализация полученной структуры в наглядном виде для планомерного контроля наполнения различных модулей и тем курса по оптоэлектронике. На пятом этапе создания дистанционного курса производится поиск программного обеспечения для разработки дистанционного курса по оптоэлектронике и его создание. Дизайн дистанционного курса выполнен средствами системы управления обучением MOODLE. На шестом этапе создания дистанционного курса производится разработка методических рекомендаций для пользователя ресурса. На седьмом этапе создания дистанционного курса по оптоэлектронике производится наполнение модулей элементами и отладка элементов. На восьмом этапе создания дистанционного курса производится разработка банка тестовых вопросов и заданий по курсу по оптоэлектронике, создание банка тестов, компоновка тестов по темам и модулям. На девятом этапе создания дистанционного курса производится апробация дистанционного курса по оптоэлектронике в учебном процессе. На десятом этапе создания дистанционного курса производится корректирование содержания и выявление недостатков дистанционного курса по оптоэлектронике.

На рис. 1 приведено изображение входной страницы дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE. Входная страница дистанционного курса по оптоэлектронике содержит название курса, эмблему курса, перечень преподавателей курса и краткое описание курса.

На рис. 2 приведено изображение страницы с некоторыми элементами первой темы дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Дистанционный курс по оптоэлектронике представляет собой структурированную совокупность гипертекстовых страниц, в которых заключен необходимый теоретический материал, справочные таблицы, рисунки, справочные материалы по оптоэлектронике, тесты и элементы навигации средствами системы управления обучением MOODLE. Закрывая и открывая модули можно поддерживать темп продвижения по курсу по оптоэлектронике средствами системы управления обучением MOODLE. Для более глубокого изучения тем можно воспользоваться источниками, приведёнными в списке рекомендуемой литературы, и гиперссылками на внутренние и внешние источники информации в глобальной сети Интернет. По основным терминам и определениям дистанционный курс по оптоэлектронике содержит гиперссылки на статьи глоссария. Весь теоретический материал по оптоэлектронике можно разделить на темы, а каждая из тем, в свою очередь, делится на модули. В свою очередь модули могут подразделяться на подтемы. В дистанционном курсе по оптоэлектронике приведены примеры решения задач, задачи с ответами для самостоятельного решения и задачи без ответов для проведения проверочных и контрольных работ. Каждая изучаемая тема в дистанционном курсе по оптоэлектронике включает элементы, содержащие следующие учебные элементы: необходимый теоретический материал, дидактические материалы к занятиям, ряд заданий для самостоятельной работы, гиперссылки на рекомендуемые учебные издания и учебники по оптоэлектронике, гиперссылки на внешние электронные источники

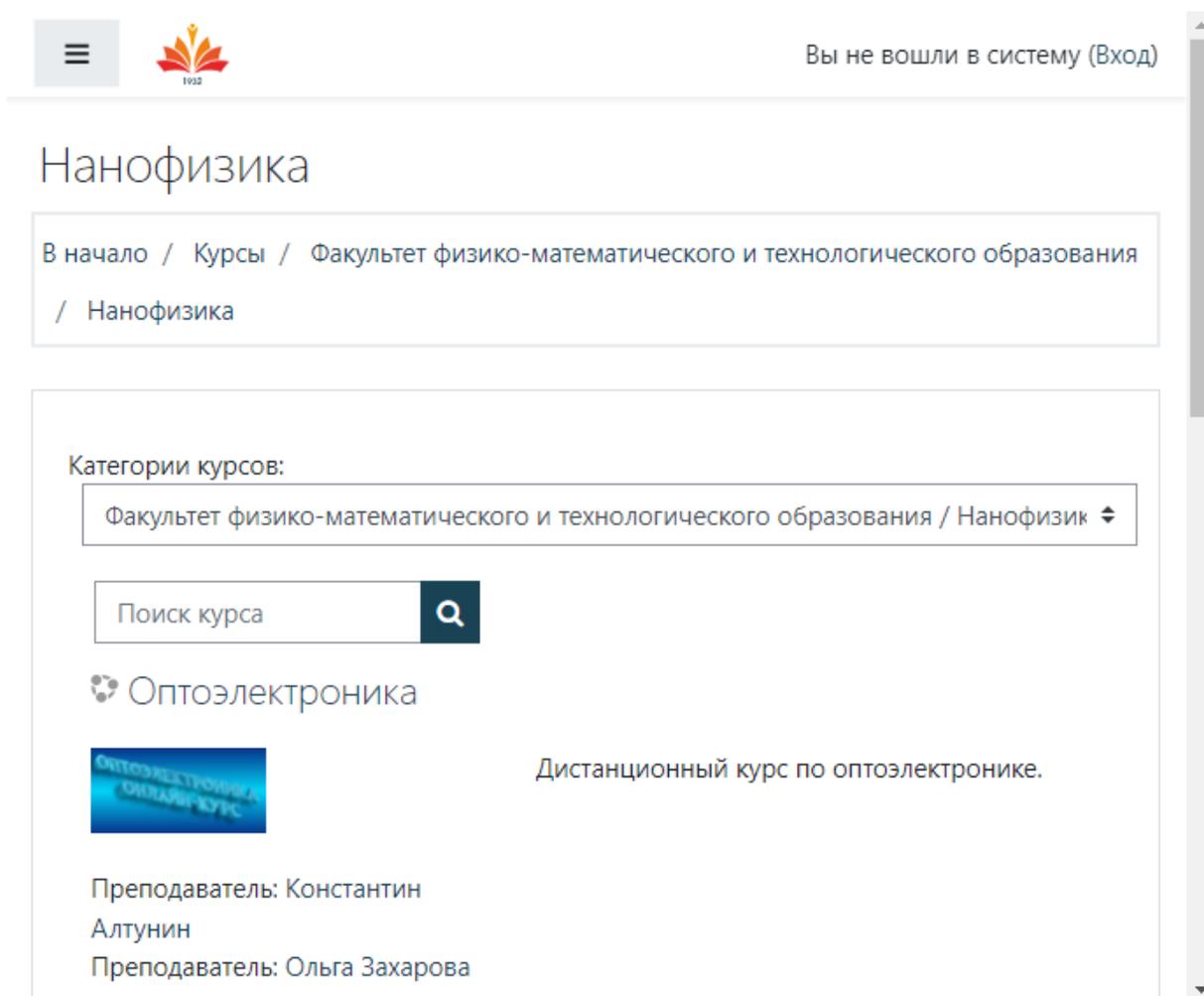


Рис. 1. Входная страница дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

информации.

На рис. 3 приведено изображение первой части модульной структуры дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 4 приведено изображение второй части модульной структуры дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 5 приведено изображение третьей части модульной структуры дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 6 приведено изображение четвертой части модульной структуры дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 7 приведено изображение пятой части модульной структуры дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 8 приведено изображение шестой части модульной структуры дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 9 приведено изображение страницы с некоторыми элементами второй темы дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на

The screenshot shows a Moodle course page for 'Оптоэлектроника'. At the top, there is a navigation menu with a hamburger icon, a logo with the year 1932, and user profile icons. The course title 'Оптоэлектроника' is displayed with a settings gear icon. Below the title is a breadcrumb trail: 'Личный кабинет / Мои курсы / Оптоэлектроника / 1. Элементы зонной теории твёрдых тел'. A dark blue button labeled 'Режим редактирования' is visible on the right. The main content area is titled '2. Уравнения Максвелла для диэлектрической среды. Материальные уравнения. Уравнения граничных условий' and '1. Элементы зонной теории твёрдых тел'. Under the first heading, there is a section for 'Объявления' (Announcements) with a text block defining 'Оптоэлектроника' as a scientific-technical direction. Below this are three document icons representing course materials: 'Элементы зонной теории твёрдых тел', 'Давыдов, В. Н. Физические основы оптоэлектроники : учебное пособие / В. Н. Давыдов. - Томск : ТУСУР, 2016. - 139 с.', and 'Щапова, И. А. Основы оптоэлектроники и лазерной техники : учебное пособие / И. А. Щапова. - 3-е изд., стереотип. - Москва : ФЛИНТА, 2017. - 235 с.'

Рис. 2. Страница с некоторыми элементами первой темы дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

платформе MOODLE.

На рис. 10 приведено изображение страницы с первой лекцией по полевым уравнениям Максвелла для среды в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE. Лекция по уравнениям Максвелла в дистанционном курсе по оптоэлектронике используется для подачи нового материала по теме, связанной с изучением различных форм полевых уравнений Максвелла для среды. Полевые уравнения Максвелла используются для описания взаимодействия оптического излучения с оптоэлектронными приборами и устройствами. Работа с лекцией и с вопросами внутри лекции оценивается в 1 балл. В лекции имеются вопросы, которые позволяют отследить работу студентов с лекцией. Правильные ответы, данные на вопросы лекции, позволяют студентам перейти на следующий слайд лекции и выйти на конец лекции после изучения всех страниц лекции.



Оптоэлектроника



Личный кабинет / Мои курсы / Оптоэлектроника

Режим редактирования

1. Элементы зонной теории твёрдых тел

Форум: 1 Пояснение: 1 Файл: 1 Гиперссылки: 2

2. Уравнения Максвелла для диэлектрической среды. Материальные уравнения. Уравнения граничных условий

Лекция: 1 Пояснение: 1 Тесты: 2 Семинар: 1 Вики: 1 Задания: 2

Прогресс: 1 / 8

3. Взаимодействие оптического излучения с твёрдыми телами. Основные свойства и параметры оптического излучения. Излучение и поглощение света в твёрдых телах

Рис. 3. Первая часть модульной структуры дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Разработка элементов контроля знаний в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE

Рассмотрим результаты разработки некоторых элементов контроля в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

Каждая изучаемая тема в дистанционном курсе по оптоэлектронике включает элементы, содержащие следующие контролируемые элементы: тестовые задания для организации промежуточного и итогового контроля по оптоэлектронике. Правильная подборка физических задач и заданий в каждом тематическом модуле курса по оптоэлектронике поможет закрепить изученный материал и подготовить студента с помощью материалов и заданий курса по оптоэлектронике.

На первом этапе создания банка заданий и вопросов производится определение целей и задач, для которых будет использоваться банка заданий и вопросов. Банк вопросов, предназначенный для стандартного тестового контроля, и банк вопросов, предназначенный для тестового контроля заданий разного уровня и тематического содержания, будут существенно различаться. На втором этапе создания банка заданий и вопросов производится разработка тематической структуры банка заданий и вопросов в соответ-

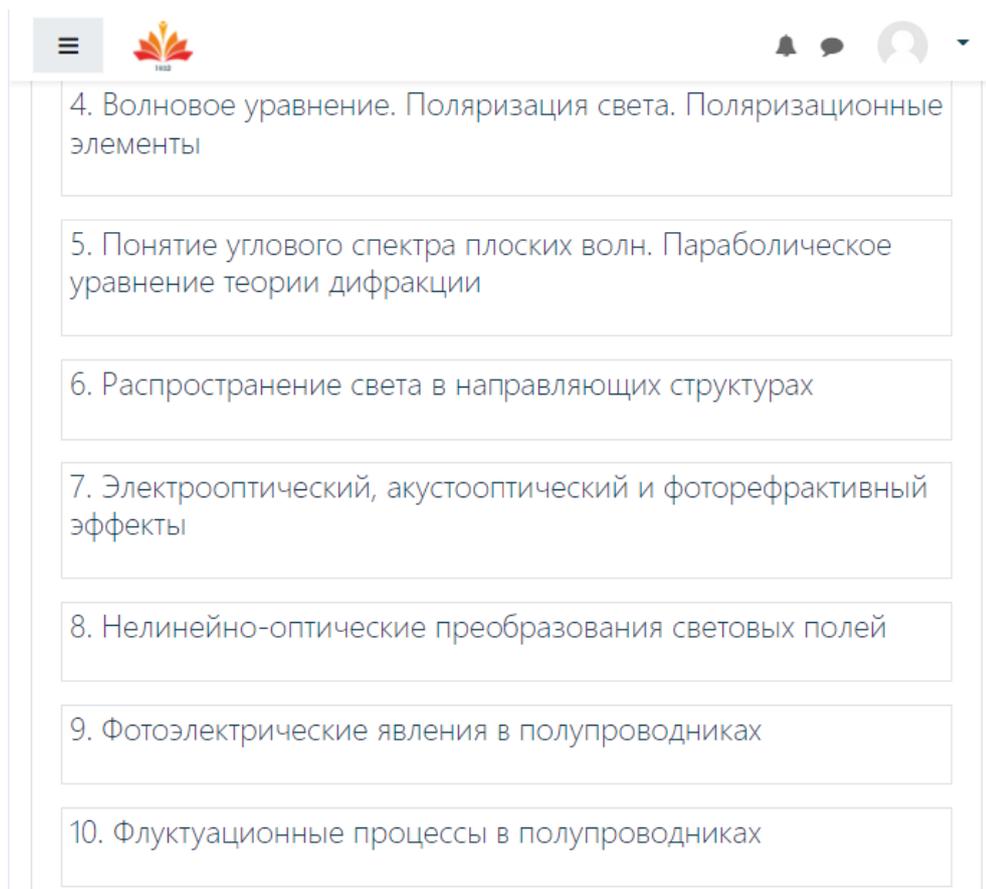


Рис. 4. Вторая часть модульной структуры дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

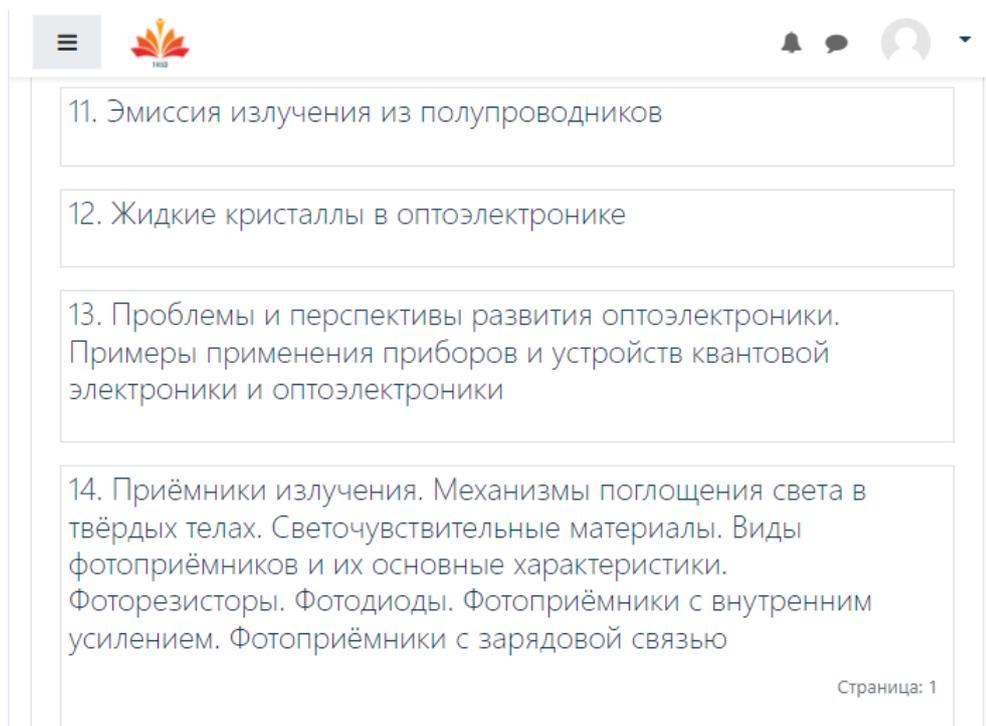


Рис. 5. Третья часть модульной структуры дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

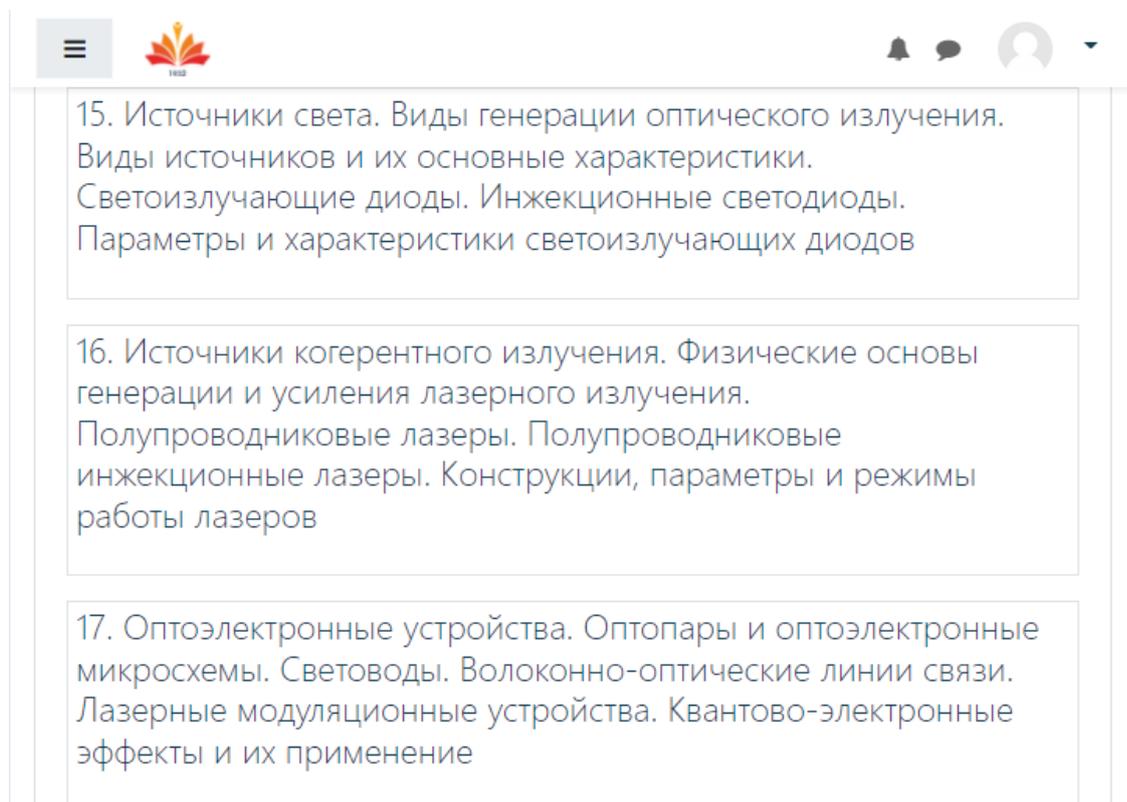


Рис. 6. Четвёртая часть модульной структуры дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

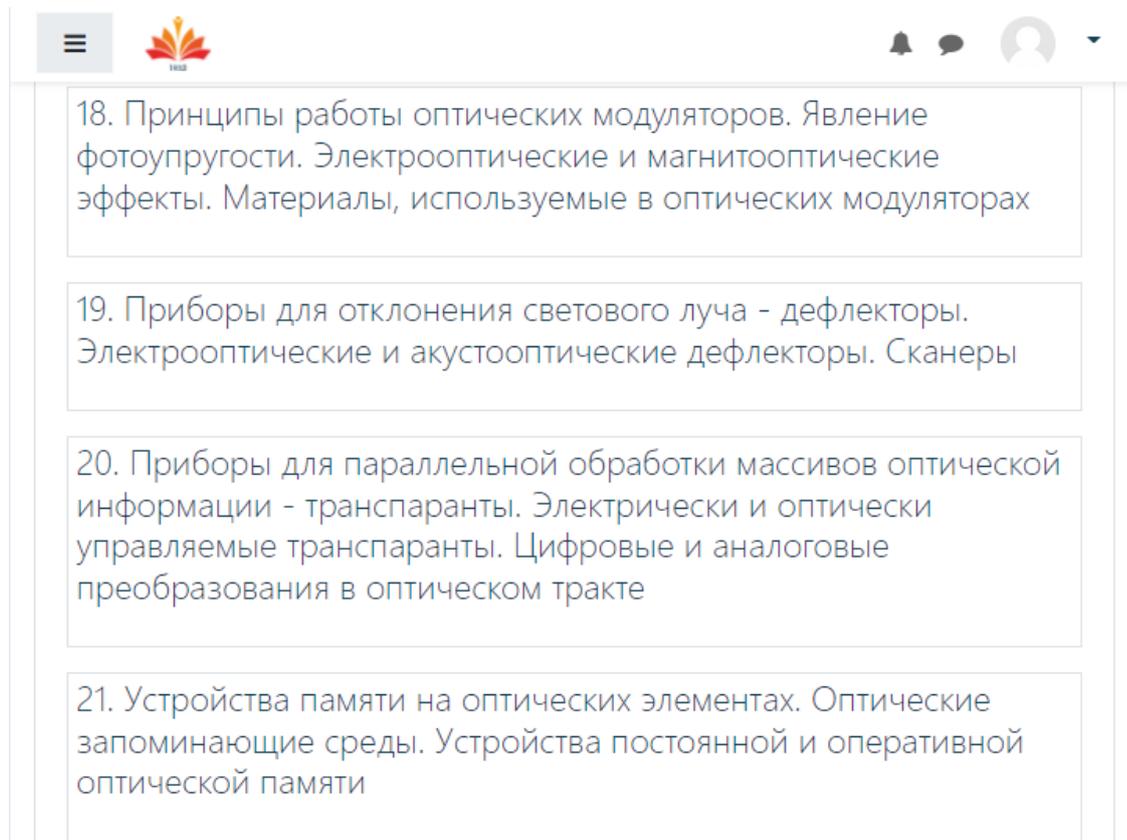


Рис. 7. Пятая часть модульной структуры дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

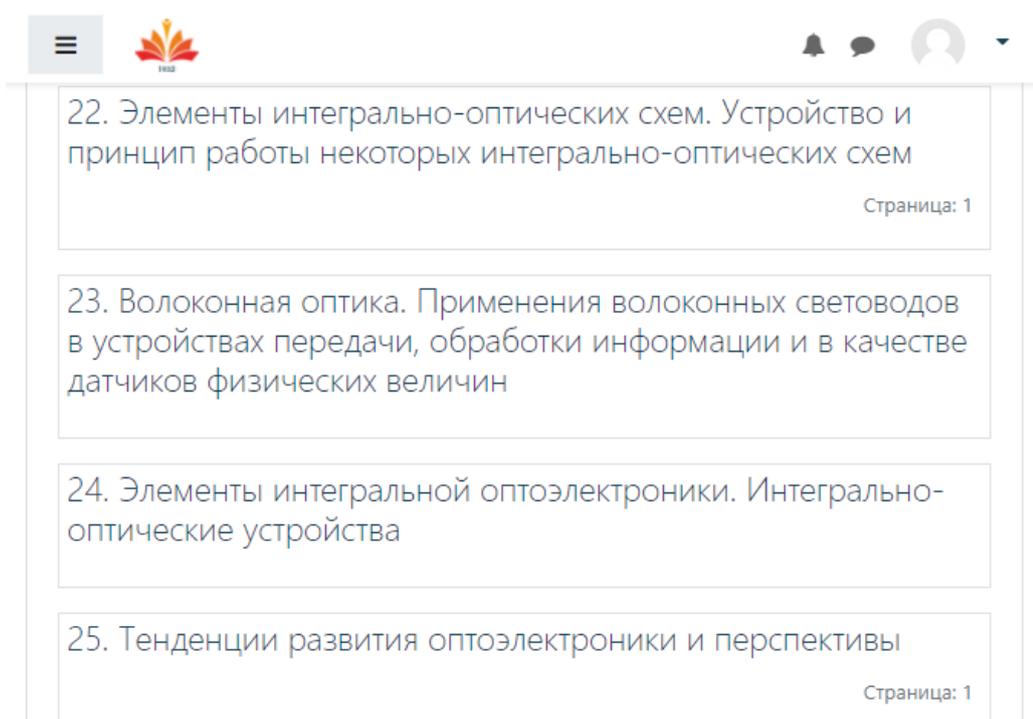


Рис. 8. Шестая часть модульной структуры дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

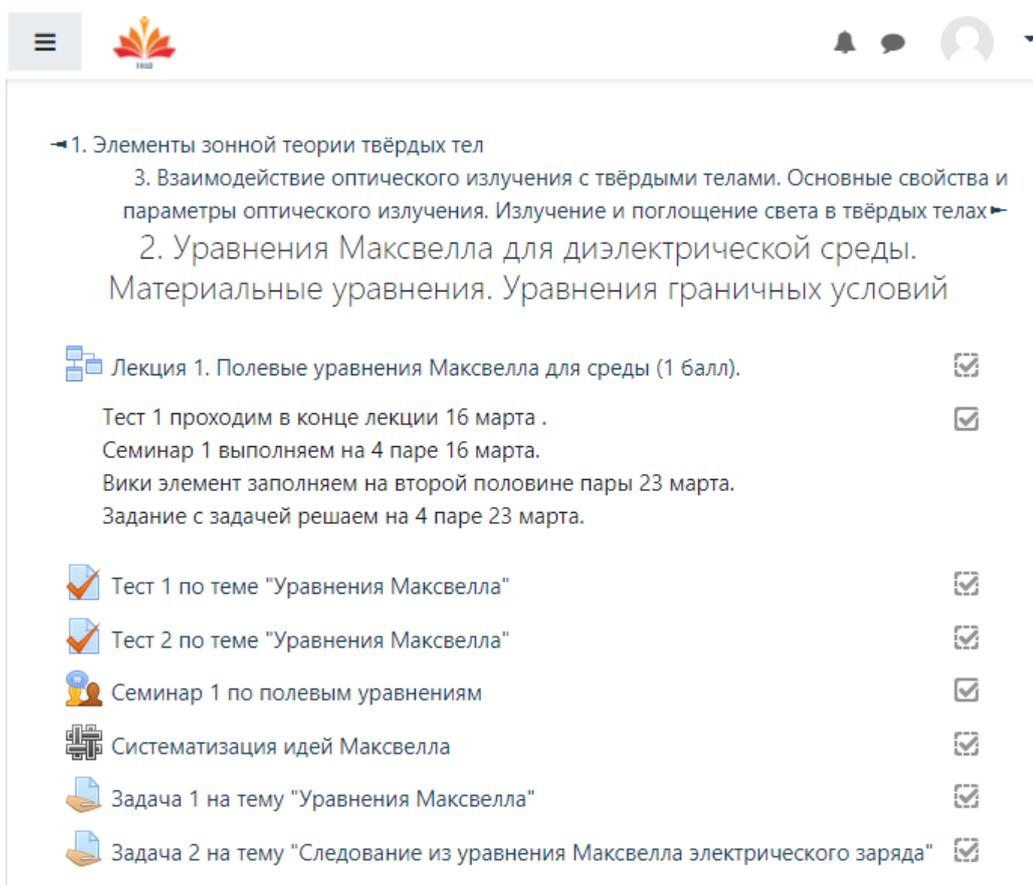


Рис. 9. Страница с некоторыми элементами второй темы дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Лекция 1. Полевые уравнения Максвелла для среды (1 балл). ?

Просмотр Редактировать Отчеты Оценить эссе

1. Основные понятия

Основные законы электродинамики (уравнения Максвелла) были сформулированы в 1873 году. По своей значимости они аналогичны законам Ньютона в механике. Современная формулировка дана Герцем и Хевисайдом. Эти уравнения связывают характеристики электромагнитного поля и его источники.

В данные уравнения входят \vec{E} - напряженность электрического поля, \vec{B} индукция магнитного поля. Эти величины являются основными, т.к. определяют силу, действующую на заряженную частицу (F_L) – силу Лоренца.

Входят две вспомогательные величины \vec{D} - индукция электрического поля и \vec{H} - напряженность магнитного поля. Также

Рис. 10. Страница с первой лекцией по полевым уравнениям Максвелла для среды в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ствии с выбранными целями и задачами. На третьем этапе создания банка заданий и вопросов производится разработка содержания тестовых заданий и вопросов в составе банка вопросов и заданий. На четвертом этапе создания банка заданий и вопросов производится наполнение банка вопросов и заданий различными типами вопросов и заданий. На пятом этапе создания банка заданий и вопросов производится создание тестов в составе моделей и тем курса по оптоэлектронике. На шестом этапе создания банка заданий и вопросов производится отладка тестов в составе дистанционного курса по оптоэлектронике. На седьмом этапе создания банка заданий и вопросов производится разработка методических рекомендаций по использованию тестов в составе моделей и тем курса по оптоэлектронике. На восьмом этапе создания банка заданий и вопросов производится апробация банка тестовых вопросов и заданий по оптоэлектронике в учебном процессе. На девятом этапе создания банка заданий и вопросов производится корректирование содержания и выявление недостатков банка тестовых вопросов и заданий в составе дистанционного курса по оптоэлектронике.

Тест 1 по теме, связанной с изучением уравнений Максвелла, содержит в себе два открытых вопроса с множественным выбором, из данного множества ответов можно выбрать лишь один. В системе на выполнение теста 1 установлено временное ограничение, то есть время, которое отводится на выполнение теста составляет не более 5 минут. Тест 1 выполняется после лекции по полевым уравнениям Максвелла для среды. Тест 1

контролирует теоретические знания студентов по полевым уравнениям Максвелла для среды на репродуктивном уровне. В первом вопросе теста 1 проверяется знание закона Гаусса, второй вопрос контролирует знание количества уравнений в системе уравнений Максвелла. Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл.

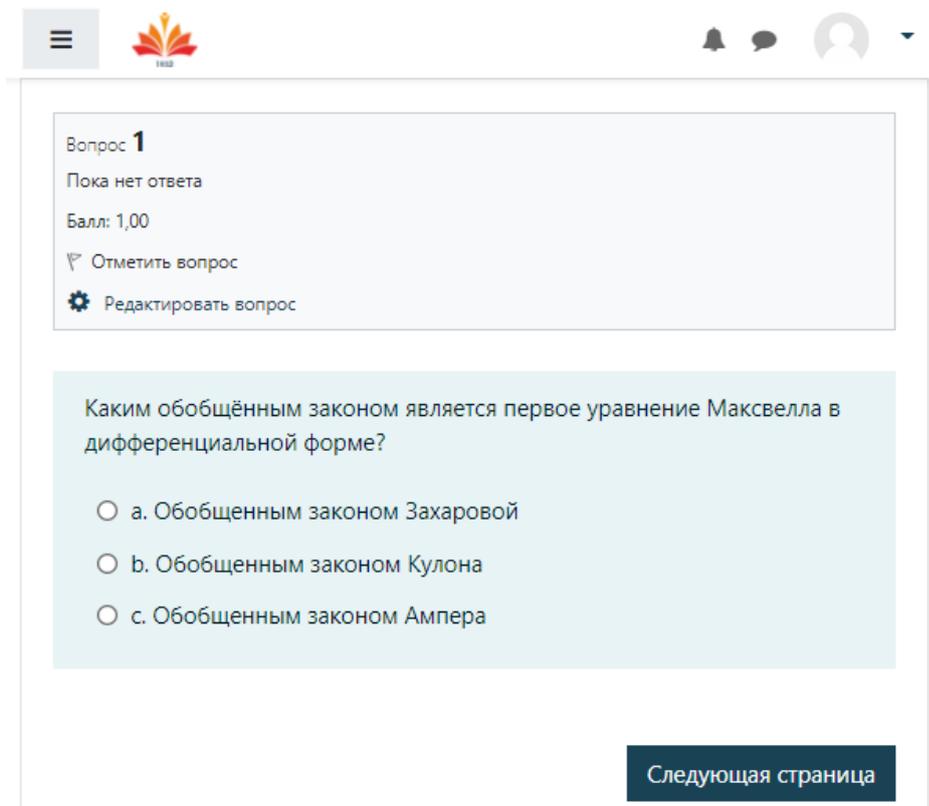


Рис. 11. Вопрос 1 из первого теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 11 приведено изображение страницы с вопросом 1 из первого теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 12 приведено изображение страницы с вопросом 2 из первого теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

Тест 2 по теме, связанной с изучением полевых уравнений Максвелла, содержит в себе 5 открытых вопросов с множественным выбором, из данного множества ответов можно выбрать лишь один и 1 закрытый. В системе на выполнение теста 2 установлено временное ограничение. Время, которое отводится на выполнение теста составляет не более 15 минут. Тест 2 выполняется в начале следующего занятия через неделю. После изучения лекции полевыми уравнениями Максвелла и сопровождающих теоретических материалов студенты переходят к выполнению теста 2. Открытые вопросы направлены на усвоение закона Гаусса и законов Максвелла и их физических смыслов, закрытый вопрос 4 направлен на понимание теоремы о циркуляции магнитного поля.

На рис. 13 приведено изображение страницы с вопросом 1 из второго теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе MOODLE.

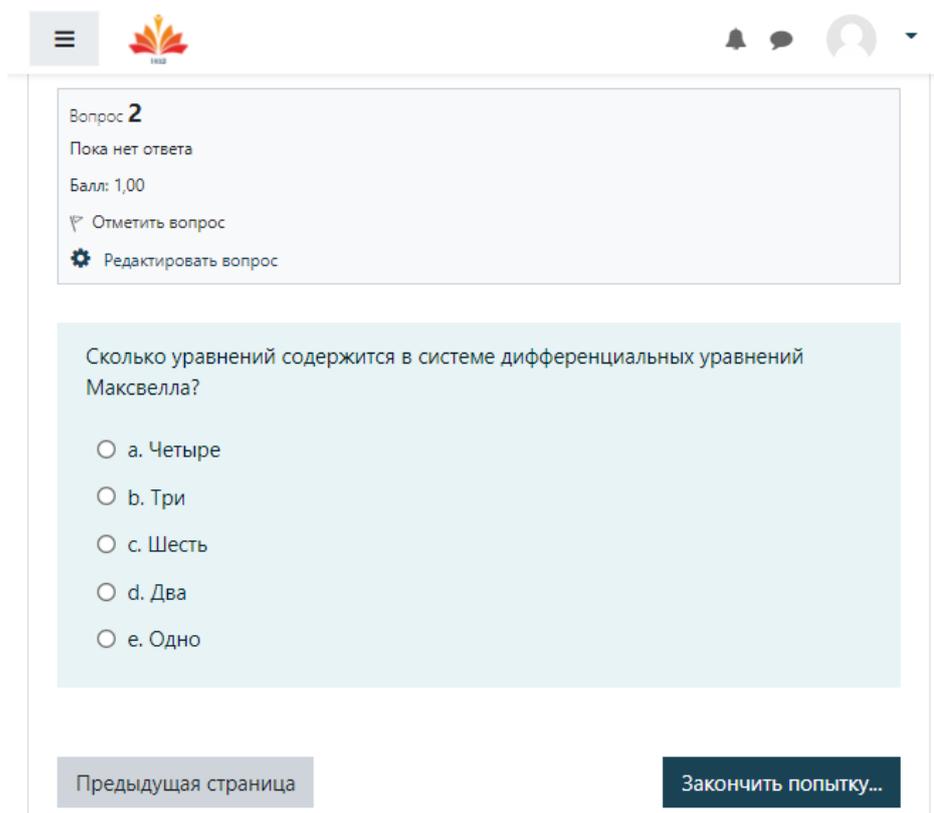


Рис. 12. Вопрос 2 из первого теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 14 приведено изображение страницы с вопросом 2 из второго теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 15 приведено изображение страницы с вопросом 3 из второго теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 16 приведено изображение страницы с вопросом 4 из второго теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 17 приведено изображение страницы с вопросом 5 из второго теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 18 приведено изображение страницы с вопросом 6 из второго теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

К семинару 1 по полевым уравнениям Максвелла заранее на установленный период открываются вопросы для подготовки и проработки ответов. Семинар 1 по полевым уравнениям Максвелла содержит 4 вопроса для подготовки. Вопросы семинара 1 охватывают первое, второе, третье и четвертое уравнение Максвелла в интегральной и диф-

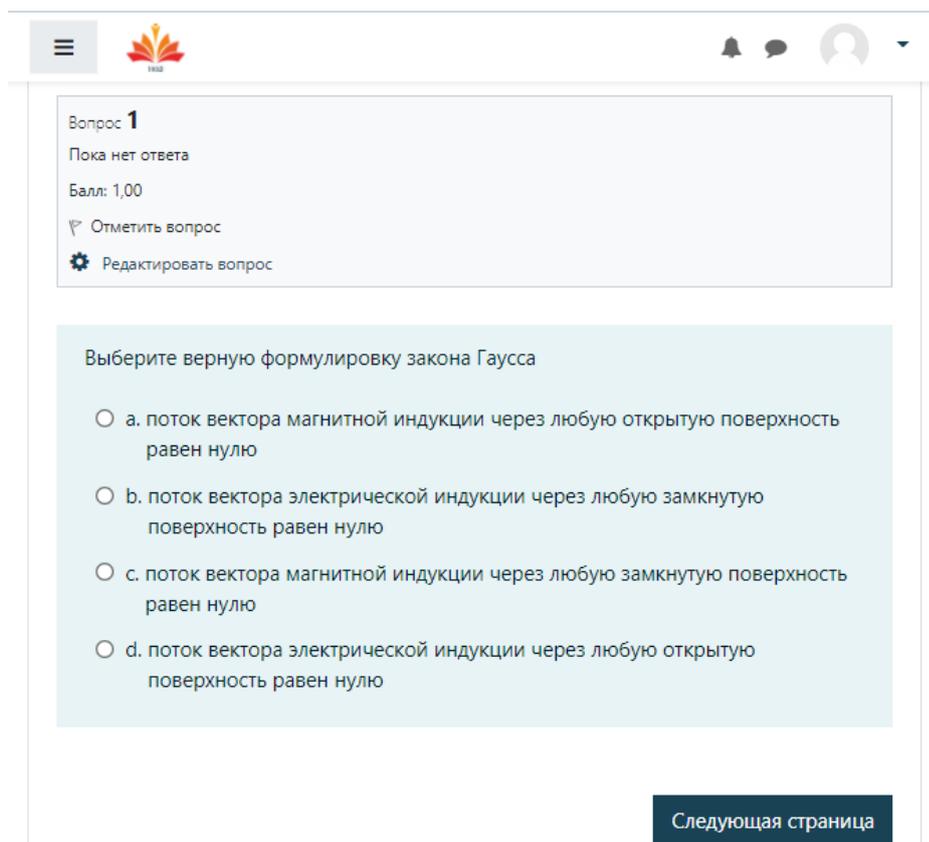


Рис. 13. Вопрос 1 из второго теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

ференциальной формах, их математическую запись и формулировку. Данный элемент курса отличается количеством баллов и методом оценивания. Максимальная оценка за полное выполнение задания семинара 1 по полевым уравнениям Максвелла составляет 13 баллов, полная оценка семинара складывается из оценки за индивидуальную работу и оценки за взаимное оценивание. Файлы работ загружаются в задание в количестве не более одного файла. Этот элемент является инструментом совершенствования практической работы на эвристическом уровне и создан для участия студентов в обсуждении с целью лучшего понимания уравнений Максвелла для среды.

На рис. 19 приведено изображение страницы с настройками семинара 1 по полевым уравнениям Максвелла во второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 20 приведено изображение страницы с вопросами семинара 1 по полевым уравнениям Максвелла во второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

В wiki-элементе собираются теоретические и справочные материалы по результатам обсуждения основных идей, приводящих к уравнениям Максвелла. Элемент курса по оптоэлектронике в виде wiki-элемента используется для организации самостоятельной работы в домашних условиях и для организации работы на занятии в дистанционном или смешанном формате. Работа в wiki-элементе по структурированию следствий полевым уравнениям Максвелла развивает поисковые способности студентов и умение отбирать информацию.

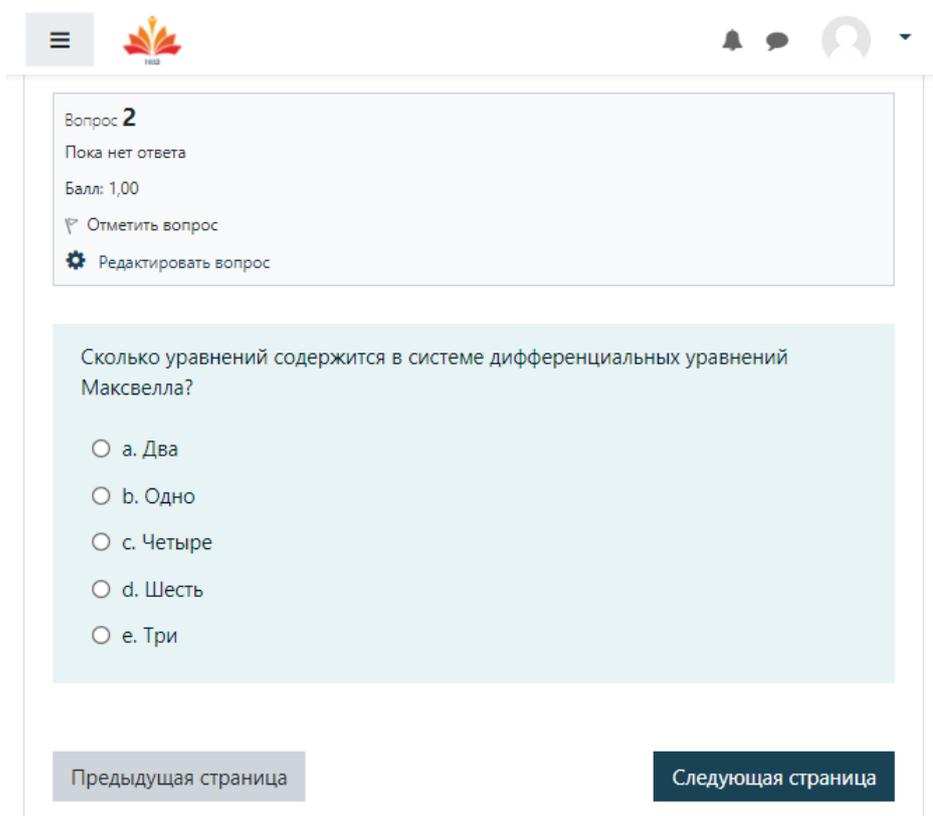


Рис. 14. Вопрос 2 из второго теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

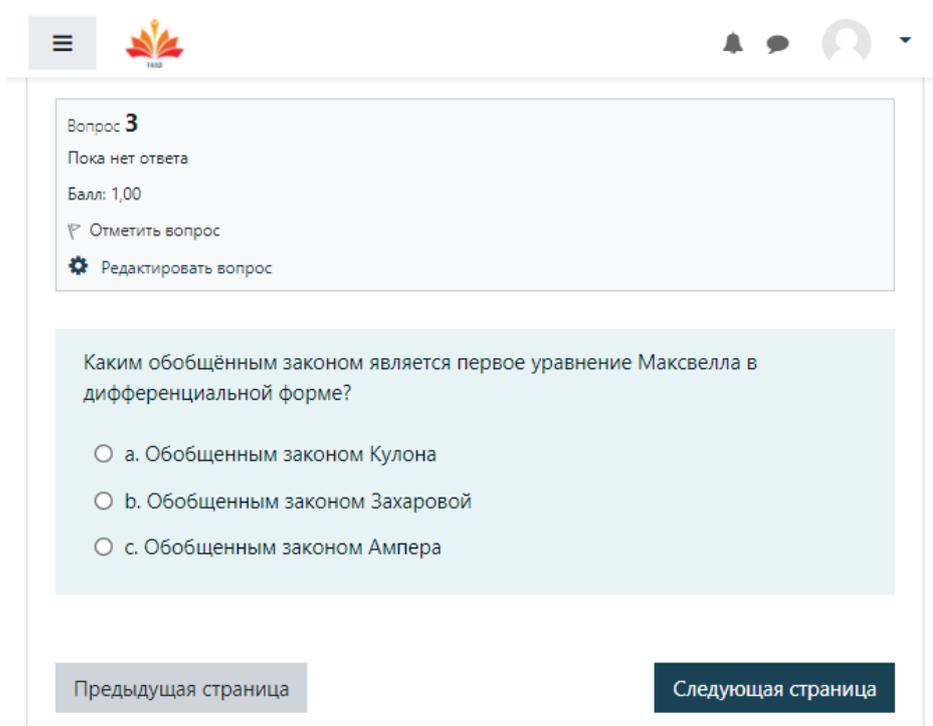


Рис. 15. Вопрос 3 из второго теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

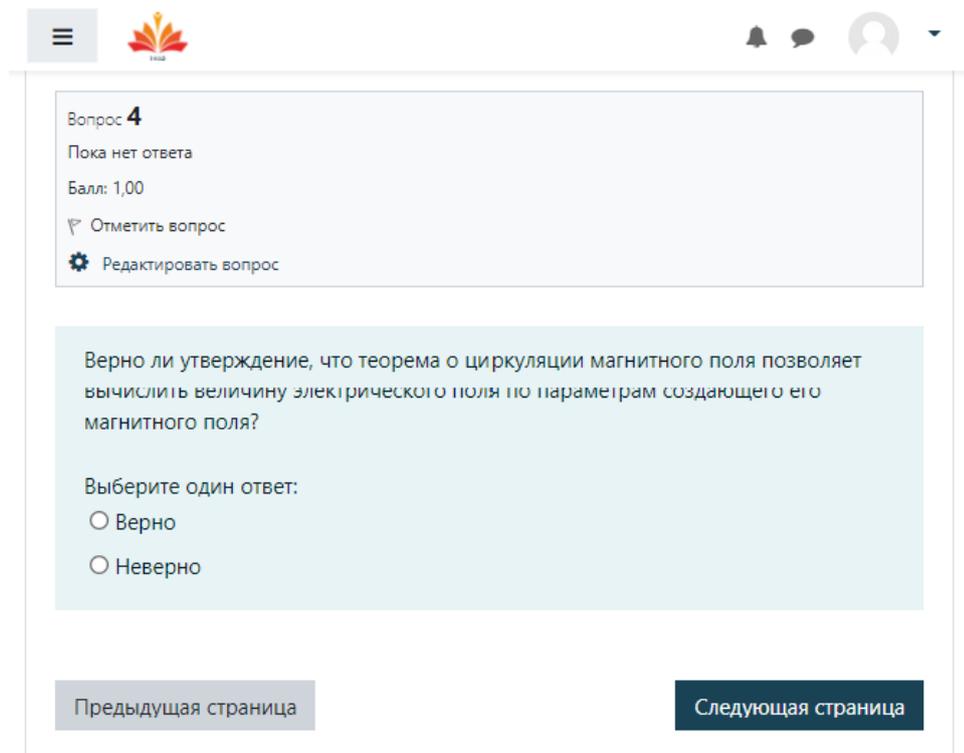


Рис. 16. Вопрос 4 из второго теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

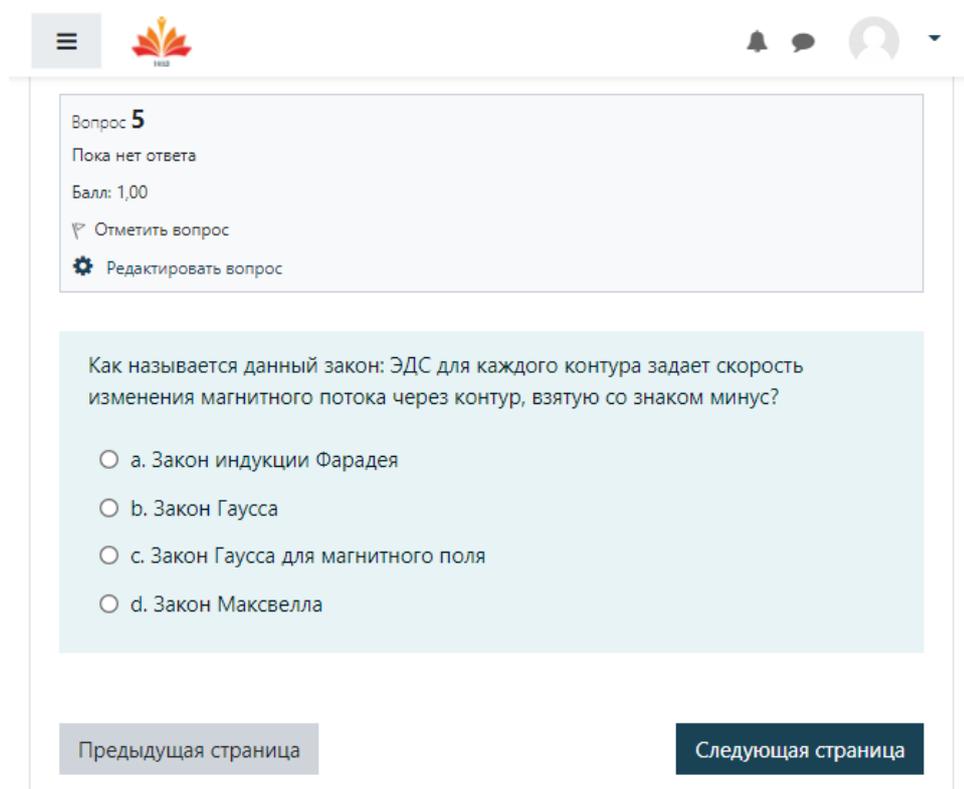


Рис. 17. Вопрос 5 из второго теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

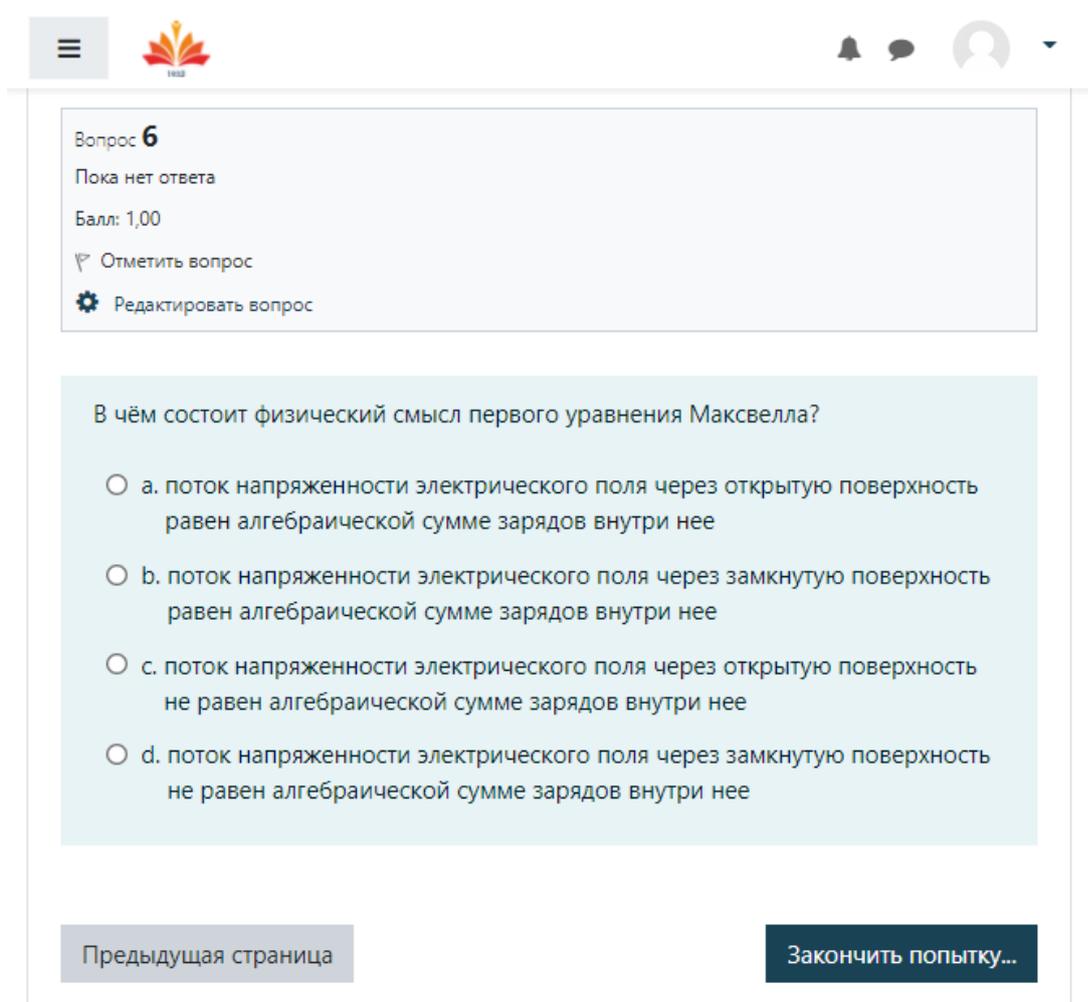


Рис. 18. Вопрос 6 из второго теста по второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

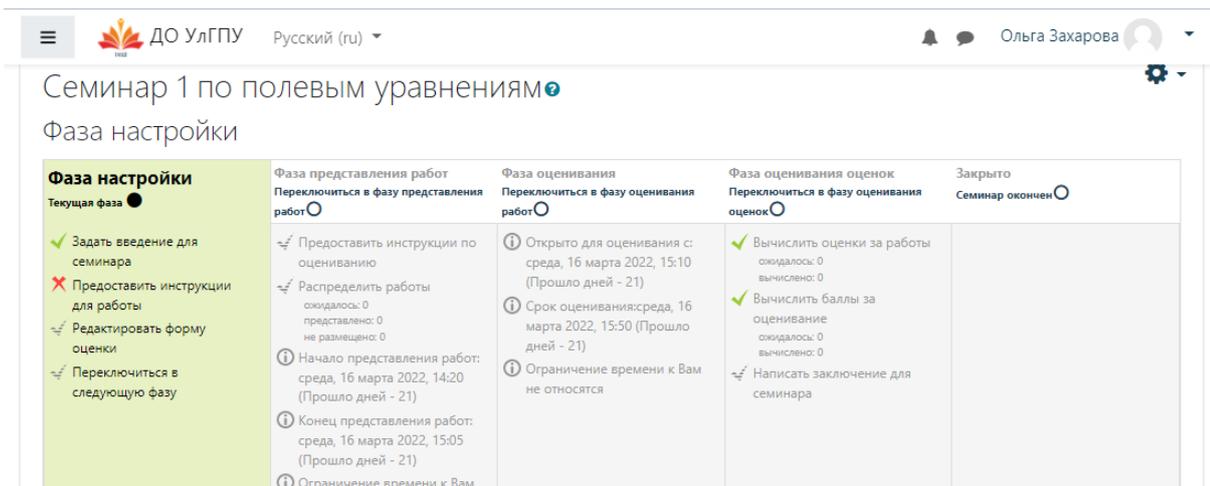


Рис. 19. Страница с настройками семинара 1 по полевым уравнениям Максвелла во второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

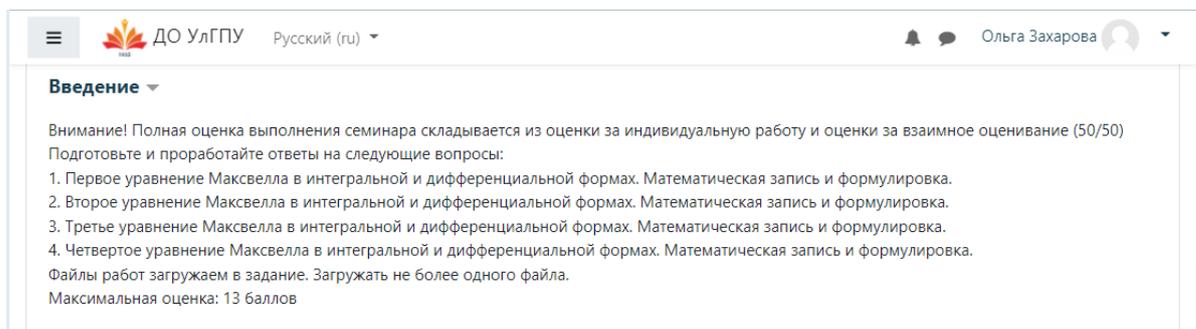


Рис. 20. Страница с вопросами семинара 1 по полевым уравнениям Максвелла во второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды, в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

После выполнения wiki-элемента студентам предлагается решить задачи. В составе второй темы курса по оптоэлектронике создано два задания с задачами. Задача 1 связана с расчётом зависимости напряжённости электрического поля как функцию расстояния до центра однородного диэлектрического шара некоторого радиуса. Задача 2 связана с выводом закона сохранения электрического заряда из уравнений Максвелла. Установлены сроки сдачи задания, задания прикрепляются в файле. Задачи в курсе необходимы для того, чтобы студенты закрепляли и систематизировали знания по теме, связанной с изучением уравнений Максвелла, для совершенствования навыка решения задач, развивать вычислительные навыки, логическое мышление. Ограничение к прикрепляемым файлам в заданиях по объёму составляет 5 Мбайт.

Каждая задача во второй теме курса по оптоэлектронике оценивается в 12 баллов.

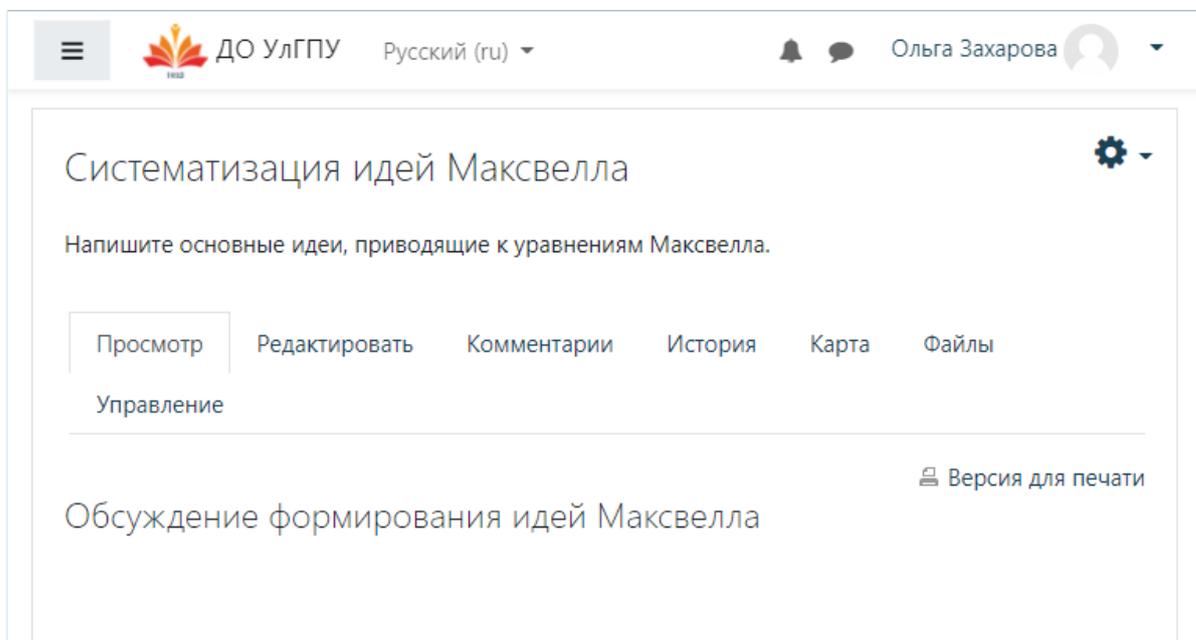


Рис. 21. Страница с wiki-элементом по полевым уравнениям Максвелла во второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 21 приведено изображение страницы с wiki-элементом по полевым уравнениям Максвелла во второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды в составе дистанционного курса по оптоэлектронике.

The screenshot shows a Moodle course page. At the top, there is a navigation bar with the logo of 'ДО УлГПУ' (DOP Ulgpu), the language 'Русский (ru)', and the user name 'Ольга Захарова'. The main heading is 'Задача 1 на тему: "Уравнения Максвелла"'. Below the heading, the text reads: 'Рассчитайте зависимость напряжённости электрического поля как функцию от расстояния до центра однородного диэлектрического шара радиуса R_0 .' and 'Ограничение объема одного файла 5 Мбайт.' Below this is a 'Резюме оценивания' (Assessment Summary) table.

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	среда, 23 марта 2022, 15:50

Рис. 22. Страница с задачей 1 во второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 22 приведено изображение страницы с задачей 1 во второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

The screenshot shows a Moodle course page. At the top, there is a navigation bar with the logo of 'ДО УлГПУ' (DOP Ulgpu), the language 'Русский (ru)', and the user name 'Ольга Захарова'. The main heading is 'Задача 2 на тему: "Следование из уравнения Максвелла закона электрического заряда"'. Below the heading, the text reads: 'Показать, что из уравнений Максвелла следует закон сохранения электрического заряда' and 'Ограничение объема одного файла 5 Мбайт.' Below this is a 'Резюме оценивания' (Assessment Summary) table.

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	среда, 23 марта 2022, 15:50

Рис. 23. Страница с задачей 2 во второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 23 приведено изображение страницы с задачей 2 во второй теме, связанной с изучением уравнений Максвелла для диэлектрической среды в составе дистанционного курса по оптоэлектронике в системе MOODLE.

Задача 1.

Найдите объёмное положение уровня Ферми φ_0 в германии марки ГДА-10 при заданных температурах $T_1 = 300$ К и $T_2 = 77$ К. Рассчитайте положение уровня Ферми φ_0 в приближении полностью ионизованной примеси в кремнии марки КЭФ-4.5 при температурах $T_1 = 300$ К и $T_2 = 77$ К.

Решение.

Рассмотрим первую часть задачи и решим её. В легированном полупроводнике $p_0 \gg n_i$ положение уровня Ферми φ_0 можно рассчитать по формуле $\varphi_0 = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{p_0}{n_i} \right)$. Концентрацию основных носителей p_0 найдём, зная величину удельного сопротивления $\rho = 10$ Ом·см, как $\rho_0 = \frac{1}{qm\rho}$.

Использование дистанционных курсов решает проблему систематизации теоретического материала, задач и заданий, а также обеспечивает планомерную выдачу заданий, последовательный контроль и даёт рациональный подход в преподавании оптоэлектронике. Применение дистанционного курса по оптоэлектронике обеспечивает обучение студентов университета в удобном темпе и выбранном уровне материала. Дистанционный курс по оптоэлектронике позволяет успешно решить задачу построения индивидуальных образовательных траекторий для студентов.

По итогам разработки дистанционного курса по оптоэлектронике можно сделать вывод о наличии элементов для эффективного контроля знаний по оптоэлектронике в составе дистанционного курса в системе управления обучением MOODLE.

Заключение

Курс по оптоэлектронике может быть использован при проведении очных занятий, занятий смешанной формы, дистанционных занятий. Систематизация теории по физическим основам оптоэлектроники позволила наполнить теоретическими материалами курс по оптоэлектронике. Разработаны элементы такие как лекция, тест, задание, семинар, вики для курса по оптоэлектронике, позволяющие контролировать усвоение знаний по физике от репродуктивного до творческого уровня. В составе курса по оптоэлектронике представлены элементы для проверки теоретических знаний по физическим основам оптоэлектроники, позволяющие организовать автоматизированную проверку знаний по физическим основам курса. Наполнен содержанием избранный модуль курса по оптоэлектронике, позволяющий контролировать усвоение знаний по оптоэлектронике от репродуктивного до творческого уровня.

Выводы по работе можно сформулировать следующим образом:

1. созданные теоретические материалы курса по оптоэлектронике в системе управления обучения MOODLE позволяют проводить обучение по оптоэлектронике в дистанционной и смешанной формах обучения,
2. разработанная модульная структура курса по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE позволяет управлять продвижением студентов по курсу по оптоэлектронике,
3. разработанный дистанционный курс по оптоэлектронике готов к началу использования в учебном процессе бакалавриата педагогического направления подготовки с профилем по физике и математике.

Созданный в работе дистанционный курс позволяет эффективно планировать, организовывать и проводить обучение по оптоэлектронике. Использование курса по оптоэлектронике способствует повышению эффективности самостоятельной работы, обеспечению визуализации процесса обучения, повышению эффективности управления обучением с использованием возможностей системы MOODLE.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если создать и использовать курс по оптоэлектронике, основанный на комбинации теоретических методов и численных методов в процессе изучения оптоэлектроники, то можно повысить познавательный интерес к курсу по оптоэлектронике и реализовать систему смешанного обучения оптоэлектронике, подтверждена полностью.

Созданный дистанционный курс по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE содержит элементы для эффективного контроля знаний по оптоэлектронике. Использование дистанционного курса по оптоэлектронике позволит реализовать обучение оптоэлектронике по смешанной технологии.

Созданный дистанционный курс по оптоэлектронике в системе управления обучением MOODLE может быть использован в учебном процессе бакалавриата педагогического направления подготовки с профилем по физике и математике, или в учебном процессе бакалавриата педагогического направления подготовки с профилем по физике и информатике, или в учебном процессе бакалавриата педагогического направления подготовки с профилем по физике и астрономии.

Список использованных источников

1. Polarization-independent near-infrared superabsorption in transition metal dichalcogenide Huygens metasurfaces by degenerate critical coupling / Hongju Li [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — apr. — Vol. 105, no. 16. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.165305>.
2. Extracting decay-rate ratios from photoluminescence quantum efficiency measurements in optoelectronic semiconductors / Alan R. Bowman [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — apr. — Vol. 17, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.044026>.
3. Direct polariton-to-electron tunneling in quantum cascade detectors operating in the strong light-matter coupling regime / M. Lagr e [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — apr. — Vol. 17, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.044021>.
4. Domain-wall p-n-junction in lithium niobate thin film on an insulator / Yuezhao Qian [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — . — Vol. 17, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.044011>.
5. Optically modulated tunneling current of dressed electrons in graphene and a dice lattice / Andrii Iurov [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 11. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.115309>.
6. Wigner-Weyl description of light absorption in disordered semiconductor alloys using the localization landscape theory / Jean-Philippe Banon [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 12. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.125422>.
7. Anisotropic and tunable optical conductivity of a two-dimensional semi-Dirac system in the presence of elliptically polarized radiation / H. Y. Zhang [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 11. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.115423>.
8. Electronic structure of rare-earth semiconducting ErN thin films determined with synchrotron radiation photoemission spectroscopy and first-principles analysis /

- Krithika Upadhy [et al.] // Physical Review B. — 2022. — feb. — Vol. 105, no. 7. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.075138>.
9. Crossover between bulk and interface photovoltaic mechanisms in a ferroelectric vertical heterostructure / Amr Abdelsamie [et al.] // Physical Review Applied. — 2022. — feb. — Vol. 17, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.024047>.
 10. Zeder Simon, Ruhstaller Beat, Aeberhard Urs. Assessment of photon recycling in perovskite solar cells by fully coupled optoelectronic simulation // Physical Review Applied. — 2022. — jan. — Vol. 17, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.014023>.
 11. Zadehgol Abed. Introducing a lattice Boltzman time-domain method: a thermodynamics-based approach for simulating quantum effects // Physical Review E. — 2022. — jan. — Vol. 105, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreve.105.015307>.
 12. Microscopic understanding of ultrafast charge transfer in van der Waals heterostructures / R. Krause [et al.] // Physical Review Letters. — 2021. — dec. — Vol. 127, no. 27. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.127.276401>.
 13. Rosencher Emmanuel, Vinter Borge. Optoelectronics. — Cambridge University Press, 2002. — may. — URL: <https://doi.org/10.1017/cbo9780511754647>.
 14. Румянцев Б. М., Береняев В. И., Пebaлк Д. В. Органические полимерные р-п-гетероструктуры для оптоэлектроники // Химическая физика. — 2014. — Т. 33, № 4. — С. 48.
 15. Буркова Е. Г., Бондина В. П. Исследование электрофизических параметров и характеристик элементов оптоэлектронных приборов в спецкурсе по оптоэлектронике // Евразийский союз ученых. — 2016. — № 1-3 (22). — С. 25–27.
 16. Новиков А. А., Прокопенко В. Т., Храпцовский И. А. Оптические свойства шероховатой поверхности элементов оптоэлектроники // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. — 2004. — № 15. — С. 73–80.
 17. Протасова Л. Г. Исследование структуры и свойств халькогенидных стекол для оптоэлектроники // Известия Уральского государственного экономического университета. — 2003. — № 6. — С. 56–61.

Сведения об авторах:

Ольга Николаевна Захарова — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: zkhrvolly@gmail.com

ORCID iD  0000-0003-4052-3212

Web of Science ResearcherID  ABB-9746-2021

Development of a distance course on optoelectronics in the learning management system MOODLE

O. N. Zakharova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted May 5, 2022

Resubmitted May 12, 2022

Published June 7, 2022

Abstract. The result of the development of a modular structure, theoretical materials, control elements of a distance course in optoelectronics created on the platform MOODLE is described. The process of creating a modular structure and materials for a distance course on optoelectronics in the learning management system MOODLE is considered. The distance course on optoelectronics contains information from optoelectronics, as well as a description of the original results on the description of systems, devices and devices of optoelectronics.

Keywords: optoelectronics, distance course, modular structure, theoretical materials, knowledge control elements, the learning management system MOODLE

PACS: 01.50.H-

References

1. Polarization-independent near-infrared superabsorption in transition metal dichalcogenide Huygens metasurfaces by degenerate critical coupling / Hongju Li [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — apr. — Vol. 105, no. 16. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.165305>.
2. Extracting decay-rate ratios from photoluminescence quantum efficiency measurements in optoelectronic semiconductors / Alan R. Bowman [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — apr. — Vol. 17, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.044026>.
3. Direct polariton-to-electron tunneling in quantum cascade detectors operating in the strong light-matter coupling regime / M. Lagrée [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — apr. — Vol. 17, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.044021>.
4. Domain-wall p-n-junction in lithium niobate thin film on an insulator / Yuezhaoh Qian [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — . — Vol. 17, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.044011>.
5. Optically modulated tunneling current of dressed electrons in graphene and a dice lattice / Andrii Iurov [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 11. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.115309>.
6. Wigner-Weyl description of light absorption in disordered semiconductor alloys using the localization landscape theory / Jean-Philippe Banon [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 12. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.125422>.

7. Anisotropic and tunable optical conductivity of a two-dimensional semi-Dirac system in the presence of elliptically polarized radiation / H. Y. Zhang [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 11. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.115423>.
8. Electronic structure of rare-earth semiconducting ErN thin films determined with synchrotron radiation photoemission spectroscopy and first-principles analysis / Krithika Upadhyaya [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — feb. — Vol. 105, no. 7. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.075138>.
9. Crossover between bulk and interface photovoltaic mechanisms in a ferroelectric vertical heterostructure / Amr Abdelsamie [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — feb. — Vol. 17, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.024047>.
10. Zeder Simon, Ruhstaller Beat, Aeberhard Urs. Assessment of photon recycling in perovskite solar cells by fully coupled optoelectronic simulation // *Physical Review Applied*. — 2022. — jan. — Vol. 17, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.014023>.
11. Zadehgol Abed. Introducing a lattice Boltzman time-domain method: a thermodynamics-based approach for simulating quantum effects // *Physical Review E*. — 2022. — jan. — Vol. 105, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreve.105.015307>.
12. Microscopic understanding of ultrafast charge transfer in van der Waals heterostructures / R. Krause [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2021. — dec. — Vol. 127, no. 27. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.127.276401>.
13. Rosencher Emmanuel, Vinter Borge. *Optoelectronics*. — Cambridge University Press, 2002. — may. — URL: <https://doi.org/10.1017/cbo9780511754647>.
14. Rumyantsev B. M., Berenyaev V. I., Pebalk D. V. Organic polymer p-n-heterostructures for optoelectronics // *Chemical Physics*. — 2014. — Vol. 33, no. 4. — P. 48.
15. Burkova E. G., Bondina V. P. Study of electrophysical parameters and characteristics of elements of optoelectronic devices in a special course on optoelectronics // *Eurasian Union of Scientists*. — 2016. — no. 1-3 (22). — P. 25–27.
16. Novikov A. A., Prokopenko V. T., Khramtsovsky I. A. Optical properties of the rough surface of optoelectronics elements // *Scientific and technical bulletin of the St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics*. — 2004. — no. 15. — P. 73–80.
17. Protasova L. G. Study of the structure and properties of chalcogenide glasses for optoelectronics // *Proceedings of the Ural State University of Economics*. — 2003. — no. 6. — P. 56–61.

Information about authors:

Olga Nikolaevna Zakharova — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: zkhrvolly@gmail.com

ORCID iD  0000-0003-4052-3212

Web of Science ResearcherID  ABB-9746-2021

Авторский указатель

Алтунин, К. К., 18, 60, 75
Аннамуродова, Т. Б., 1
Волкова, Е. Е., 46
Захарова, О. Н., 89

Лебедев, А. А., 31, 60
Сорокина, Е. О., 18
Шленкина, Е. А., 75

