

ISSN 2712-8326



НАУКА ONLINE
SCIENCE ONLINE

Электронный научный журнал
№ 2 (23) | 2023

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

НАУКА ONLINE, № 2 (23), 2023.

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 (23), 2023.

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 (Roskomnadzor).

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

1 Педагогические науки	1
<i>А. Р. Гиматетдинова.</i> Разработка элементов системы задач по курсу физики в медицине в фармацевтическом колледже	1
<i>О. Н. Захарова.</i> Исследование элементов системы профильной подготовки по физике в классе из двух подгрупп разных профилей обучения . .	13
<i>Э. В. Орлова.</i> Исследование элементов системы профильной подготовки по физике в Ундоровском лицее	37
2 Физико-математические науки	46
<i>К. К. Алтунин.</i> Онлайн-курс по физическим основам нанотехнологии	46
<i>К. К. Алтунин, Е. Е. Волкова.</i> Разработка дистанционного курса по наноплазмонике графена	62
<i>К. К. Алтунин, Е. С. Штром.</i> Разработка дистанционного курса по оптике нанопокровов	87
Авторский указатель	118

CONTENTS

1 Pedagogical sciences	1
Development of elements of the system of tasks for the course of physics in medicine at the College of Pharmacy <i>A. R. Gimatetdinova</i>	1
Investigation of the elements of the system of profile training in physics in a class from two subgroups of different profiles of education <i>O. N. Zakharova</i>	13
Investigation of the elements of the system of specialized training in physics at the Undors Lyceum <i>E. V. Orlova</i>	37
2 Physical and mathematical sciences	46
Online course on the physical foundations of nanotechnology <i>K. K. Altunin</i>	46
Development of a distance course on graphene nanoplasmonics <i>K. K. Altunin, E. E. Volkova</i>	62
Development of a distance course on the optics of nanocoatings <i>K. K. Altunin, E. S. Shtrom</i>	87
Author's index	118

Секция 1

Педагогические науки

Научная статья
УДК 372.853
ББК 74.47
ГРНТИ 14.25.09
ВАК 13.00.02
PACS 01.40.-d
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Разработка элементов системы задач по курсу физики в медицине в фармацевтическом колледже

А. Р. Гиматетдинова  ¹

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

Поступила в редакцию 5 апреля 2023 года

После переработки 7 апреля 2023 года

Опубликована 5 июня 2023 года

Аннотация. Обсуждаются результаты разработки элементов системы задач по физике в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже. Рассматриваются особенности создания системы разноуровневых задач на примере задач по молекулярной физике, термодинамике, электростатике в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже. Представлены результаты создания научно-методического обеспечения системы подготовки по физике в медицине на основе системы физических задач разного уровня сложности в фармацевтическом колледже. Обсуждаются результаты разработки разноуровневых задач по молекулярной физике, термодинамике, электростатике в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже. Рассмотрены примеры решения задач по молекулярной физике, термодинамике, электростатике в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже.

Ключевые слова: физика, задача, занятия по физике, система задач, молекулярная физика, термодинамика

¹E-mail: gimatetdinova@mail.ru

Введение

Рассматриваются характерные особенности создания системы разноуровневых задач в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже.

Целью исследования является создание научно-методического обеспечения системы подготовки по физике в медицине в фармацевтическом колледже.

Задача исследования состоит в разработке разноуровневых задач в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже.

Объектом исследования является процесс подготовки по физике в медицине с использованием комбинированных методов и приёмов решения разноуровневых задач в фармацевтическом колледже.

Предметом исследования является система разноуровневых задач в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже.

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать систему разноуровневых задач по физике, то можно наполнить курс физики в медицине эффективными средствами контроля знаний физики в медицине в фармацевтическом колледже.

Научная новизна исследования заключается в сочетании традиционных и интерактивных технологий при изучении курса физики в медицине в фармацевтическом колледже.

В качестве методов исследования применяются методы решения физических задач разного уровня сложности в курсе физики в медицине в фармацевтическом колледже.

Теоретическая значимость исследования состоит в формировании системы разноуровневых задач для применения в курсе физики в медицине в фармацевтическом колледже.

Практическая значимость исследования заключается в определении условий применения системы разноуровневых задач в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже.

Обзор

Наряду с непрерывным прогрессом в клинических процедурах с использованием ионизирующего излучения и связанных с ним инструментов, несколько других новых и мощных ресурсов становятся всё более и более важными [1]. Такие инструменты, как ультразвук для онкологической и неврологической терапевтической практики, наночастицы, нанотехнологии для терапевтических применений и искусственный интеллект для количественной медицинской визуализации, — это лишь несколько примеров богатой панорамы инструментов, доступных в настоящее время медицинским физикам. Сегодня медицинская физика является основной дисциплиной, признанной во всем мире, её приложения охватывают множество областей медицины, и её влияние и научные результаты заслуживают распространения в сообществе прикладных наук [1].

В работе [2] обсуждается будущее физики в медицине и биологии. Медицинской физике суждено постоянно меняться. Он возник как дисциплина, которая отвечает на технологические и научные проблемы, с которыми сталкивается медицина, либо путём разработки и внедрения новых технологий визуализации и лечения, либо путем открытия и внедрения новых и существующих методологий. За прошедшие годы медицинская физика оказала глубокое влияние на медицинскую практику, особенно с точки зрения улучшения диагностики и лечения заболеваний. Едва ли можно представить более динамичную область физики с более блестящим долгосрочным будущим. Однако эта привилегия предоставляется не бесплатно; она требует от медицинских физиков широких научных интересов, постоянного обучения и приобретения новых знаний, а также постоянной готовности к неожиданностям, которые могут изменить направле-

ние их работы. Из-за этой особой динамики медицинской физики вопросы о её будущем возникают чаще, чем в других областях. Несмотря на то, что предсказать будущее невозможно, общее развитие области можно предвидеть, рассмотрев факторы и силы, которые движут её развитием, — разработки в области медицины и других смежных областей, уникальный опыт, которым обладают медицинские физики, и продемонстрированную гибкость области в прошлое. В свете достижений в области медицинской физики не следует упускать из виду, что медицинская физика не является единственной физической/технической дисциплиной, находящейся на пересечении с медициной. Разработки в медицинской физике иногда сильно перекрываются с разработками в смежных дисциплинах, таких как биомедицинская инженерия и биофизика.

В статье [3] описаны наблюдения за исследовательской методологией в медицинской физике, в соответствии с которой ключевые разработки произошли благодаря тому, что они стояли на плечах тех, кто был раньше, и иллюстрируется это изобретением рентгеновской компьютерной томографии и разработкой лучевой терапии с модулированной интенсивностью. Также обсуждается столь же ключевая роль несколько оклеветанной инкрементальной науки. Сделаны некоторые комментарии по поводу огромного диапазона деятельности в медицине, в которую внесли свой вклад медицинские физики. И наоборот, взгляд в будущее — совершенно ненаучный процесс. Тем не менее, добавлены мысли в общих чертах, а также в частности для области (физика радиотерапии), в которой можно было бы ожидать, что предложения будут более точными. Сосредоточившись первоначально на раке, физики изобрели множество способов диагностики заболеваний с помощью изображений. Самыми ранними были рентгенология (1895 г.), простая ксерография (1907 г.), затем классическая томография (изображение размытых срезов) (1920 г.), оптическая диафаногрфия (1929 г.), стереоскопия, аналоговый томосинтез, приведший к рентгеновской компьютерной томографии в 1972 г., как уже обсуждалось. Визуализация в ядерной медицине началась в 1940-х годах с использованием простых счётчиков Гейгера (1948 г.), сцинтилляционного сканирования (1950 г.), визуализации камеры Ангера (1957 г.), генератора технеция (1960 г.), вращающегося сканирующего позитронно-эмиссионного томографа (1963 г.), аналогового одноканального томографа. фотонная томография (1967 г.) и коммерческая гамма-камера, сканирующая позитронно-эмиссионную компьютерную томографию (1978 г.). Позитронно-эмиссионная томография началась в 1951 году, а простые позитронно-эмиссионные томографы были изобретены к 1953 году. Принципы магнитного резонанса были разработаны в 1946 году, а первая магнитно-резонансная томография была проведена примерно в 1976 году, а патологическая магнитно-резонансная томография — примерно в 1980 году. Ультразвуковые сканеры появились раньше. до 1930-х годов, но Вторая мировая война дала толчок технологическому развитию, и первые ультразвуковые снимки человека были сделаны примерно в 1950 году. Ультразвуковая визуализация беременности началась в 1961 году. Лекселл в Швеции работал над ультразвуковой визуализацией в 1950-х годах. Электроимпедансная томография началась в 1982 г. Обнаружение фотонов гамма-излучения во многом обязано развитию спинтарископа Крукса (1903 г.), камеры Вильсона (1895 г.), электроскопа с золотым листом и счётчика Гейгера (1929 г.). Искусственные радиоизотопы были впервые получены на циклотроне Лоуренса (1931 г.) и ядерных реакторах в Ок-Ридже и Брукхейвене, а также на атомных электростанциях Центра энергетических исследований Харвелл в 1940-х годах.

В статье [4] описано прошлое, настоящее и будущее медицинской физики в странах Северной Европы.

В статье [5] обсуждается недавний прогресс, достигнутый с помощью применения атомно-силовой микроскопии для изучения клеток и клеточных взаимодействий, исследования отдельных молекул, визуализации биоповерхностей с высоким разрешением и

исследования модельных мембран и их взаимодействий. В статье [5] представлен краткий обзор истории атомно-силовой микроскопии в биологии и рассмотрены будущие перспективы в науках о жизни.

Атомно-силовая микроскопия обеспечивает надёжный метод обнаружения наноразмерной структурной информации. Во-первых, в статье [6] объясняются основы атомно-силовой микроскопии, включая принципы, манипулирование и анализ. Затем сообщается о применении атомно-силовой микроскопии в исследованиях пищевых наук и технологий, включая качественное изображение макромолекул и полимеров, сложный или количественный анализ структуры, молекулярное взаимодействие, молекулярные манипуляции, топографию поверхности и характеристику нанопродуктов. В статье [6] результаты показали, что атомно-силовая микроскопия может дать глубокие знания о свойствах пищевых продуктов, а анализ атомно-силовой микроскопии можно использовать для иллюстрации некоторых механизмов изменения свойств во время обработки и хранения. Однако нынешняя трудность применения атомно-силовой микроскопии для исследования пищевых продуктов заключается в отсутствии соответствующей методологии для различных пищевых систем. Лучшее понимание технологии атомно-силовой микроскопии и разработка соответствующей методологии для сложных пищевых систем привели бы к более глубокому пониманию свойств пищевых продуктов на макромолекулярном уровне и расширению их применения. Результаты атомно-силовой микроскопии могут значительно улучшить технологии обработки и хранения пищевых продуктов.

В настоящее время реализована высокоскоростная атомно-силовая микроскопия. Он позволяет напрямую визуализировать динамические структурные изменения и динамические процессы функционирования биологических молекул в физиологических растворах с высоким пространственно-временным разрешением. Динамические молекулярные события неизбирательно подробно показаны в фильме, снятом с помощью атомно-силовой микроскопии, что помогает понять, как действуют биологические молекулы, чтобы функционировать. В статье [7] описывается исторический обзор технического развития высокоскоростной атомно-силовой микроскопии, обобщаются элементарные устройства и методы, используемые в современной высокоскоростной атомно-силовой микроскопии, а затем освещаются недавние исследования изображений. Наконец, кратко обсуждаются будущие задачи высокоскоростной атомно-силовой микроскопии.

Знание молекулярных сил, управляющих взаимодействием рецептор-лиганд, является ключом к детальному пониманию процессов клеточной адгезии и разработке новых приложений в науке о биоматериалах. До недавнего времени не существовало инструментов для анализа и картирования этих сил на сложных биоповерхностях, таких как клеточные поверхности. Однако за последнее десятилетие атомно-силовая микроскопия одиночных молекул открыла захватывающие новые возможности для обнаружения и локализации сил молекулярного распознавания на искусственных биоповерхностях и живых клетках. В статье [8] описаны общие принципы метода атомно-силовой микроскопии, представляем процедуры, обычно используемые для подготовки образцов и наконечников, и обсуждаем ряд приложений, имеющих отношение к области биоматериалов.

Примеры интерактивных задач по физике, использованные на занятиях в фармацевтическом колледже, рассматривались в работе [9].

Проведённый обзор литературы показал, что исследование систем подготовки является актуальной задачей в методике обучения физике.

Результаты разработки элементов системы задач по физике

Рассмотрим примеры задач на уроках по физике в старших классах в фармацевтическом колледже.

Задача 1. Почему галчонок из мультфильма «Простоквашино» спокойно усаживается на электрические провода?

Решение.

Чтобы решить данную задачу следует вспомнить определение электрического напряжения. Электрическое напряжение определяется как разность потенциалов в начальной точке и конечной точке электрической цепи. Представим визуализацию проблемной задачи. Электрическая цепь между птицей и электрическим проводом не является замкнутой. Таким образом, между птицей и электрическим проводом не протекает электрический ток.

Задача 2. Дядя Фёдор, впусив с улицы кота Матроскина, понял, что на улице холодно. Как дядя Фёдор это определил?

Решение.

У кота Матроскина встала шерсть «дыбом» – между шерсткой скапливается воздух, тем сам сохраняет своё тепло.

Задача 3. Объясните, почему деревянный дом в деревне Простоквашино намного теплее, чем каменный дом из сказки «Три поросёнка»?

Решение.

Дерево содержит намного больше воздуха, чем кирпич. Следовательно, теплопроводность кирпича выше, поэтому тепло сохраняет хуже.

Задача 4. Лечебные ванны с серой, которые используются в медицине и активно применяются в санаториях для снятия боли в суставах, содержат $1.9 \cdot 10^5$ атомов серы в 1 м^3 воды. На сколько молекул воды приходится один атом серы?

Решение.

Количество вещества определяется по формуле:

$$\nu = \frac{N}{N_A} . \quad (1)$$

Выражаем число молекул

$$N = \nu N_A . \quad (2)$$

$$N_e = \rho V \frac{N_A}{\mu} . \quad (3)$$

Найдём отношение

$$\frac{N_e}{N} = \frac{\rho V}{N \mu} . \quad (4)$$

Вычислим численное значение

$$N_e/N = (10^3 \cdot 1 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}) / (1.9 \cdot 10^5 \cdot 1.8 \cdot 10^6) = 1.68 \cdot 10^{18} .$$

Задача 5. Эритроцитам необходима одна минута, чтобы пройти весь путь по телу человека. Какой путь пройдёт клетка крови за 24 часа, если студент группы 1/2 имеет рост 175 см?

Решение.

Время, за которое клетка крови проходит весь путь по телу человека, будет равно $t = 24 \cdot 60 \cdot 60 = 86400 \text{ с}$. Рост студента равен 1.75 м. Количество циклических оборотов эритроцита по кровеносным сосудам тела человека равно $N = 86400/60 = 1440$. Путь, пройденный клеткой эритроцита, равен $s = N\ell = 1440 \cdot 1.75 = 2520 \text{ м}$.

Задача 6. На физкультуре во время поднятия гири сердце студента группы 1/2 сокращается до 140 раз в минуту. Время поднятия гири составляет 10 секунд. При

каждом сокращении оно совершает работу равную поднятию гири массой 0.3 кг на расстояние 0.3 м. Определите мощность, развиваемую сердцем студента.

Решение.

Механическую мощность, развиваемую сердцем студента, определим по формуле:

$$P = \frac{A}{t} . \quad (5)$$

Работу определим по формуле:

$$A = mgh . \quad (6)$$

Вычислим численное значение работы $A = 0.3 \cdot 10 \cdot 0.3 = 0.9$ Дж.

Время $t = 70/140 = 0.5$.

Получим значение мощности $P = 0.9/0.5 = 1.8$ Вт.

Задача 7. Расстояние слухового прохода у человека равно 2.5 см. Определите частоту звука, при которой слышимость будет наилучшей.

Решение.

Переводим в международную систему единиц расстояние слухового прохода у человека $\ell = 2.5 \cdot 10^{-2} = 0.25$ м.

Определим частоту звука, при которой слышимость звука будет наилучшей.

$$\nu = \frac{c}{\lambda} . \quad (7)$$

Вычислим численное значение частоты звука, при которой слышимость звука будет наилучшей. Получим значение $\nu = 3 \cdot 10^2/0.25 = 12 \cdot 10^2$ Гц.

Задача 8. За 24 часа масса воздуха, прошедшего через лёгкие человека равно 10 кг. Какой объём занимает воздух, прошедший через легкие человека?

Решение.

Объём, который занимает воздух, прошедший через лёгкие человека, определим по формуле:

$$V = \frac{m}{\rho} . \quad (8)$$

Вычислим численное значение объёма воздуха, прошедшего через лёгкие. Объём, который занимает воздух, прошедший через лёгкие человека, равен $V = 10/1.29 = 7.75$ кг.

Задача 9. (минимальный уровень).

Теоретик Баг при обработке результатов эксперимента обратил внимание, что идеальный газ совершает работу 15 кДж при изотермическом расширении газа в имеющейся в лаборатории университета термодинамической установке. Теоретик Баг смог установить, что количество теплоты, было передано газу в процессе работы термодинамической установки в лаборатории университета. Выясните, какое количество теплоты, было передано идеальному газу.

Решение.

При изотермическом процессе внутренняя энергия не изменяется, то есть $\Delta U = 0$. Тогда газ совершает механическую работу за счёт сообщённого ему количества теплоты $Q = A$. Следовательно, какое количество теплоты, переданное идеальному газу, равно $Q = 15$ кДж.

Задача 10. (минимальный уровень).

Ученик Петя заметил, что внешние силы над газом совершили работу 500 Дж, а количество теплоты ему было передано 300 Дж. Помогите ученику Пете определить, как изменилась внутренняя энергия газа в результате произошедшего термодинамического процесса.

Решение.

Согласно первому началу термодинамики, внутреннюю энергию системы можно изменить, передав системе тепло и совершив над ней работу:

$$\Delta U = Q + A' . \quad (9)$$

Подсчитываем численное значение изменение внутренней энергии газа в ходе термодинамического процесса. $\Delta U = 300 + 500 = 800$ Дж.

Задача 11. (минимальный уровень)

Внутренняя энергия газа возросла на 15 Дж, а работа, которая была совершена над ним 55 Дж. Определите, какое количество теплоты отдал (получил) газ в совершённом процессе?

Решение.

Записываем первое начало термодинамики

$$Q = \Delta U - A \quad (10)$$

и подставляем значения: $Q = 15 - 55 = -40$ Дж. Ответ получился со знаком «минус», так как это работа внешних сил над газом, а не наоборот.

Задача 12. (средний уровень).

В резервуаре с поршнем площадь поперечного сечения, которого 200 см^2 находится газ. После чего, газ нагрели, сообщив количество теплоты, равное $1.5 \cdot 10^5$ Дж. Поршень поднялся на расстояние $h = 30$ см. Давление газа осталось равным $p = 2 \cdot 10^7$ Па. Определите, как изменилась внутренняя энергия газа?

Решение.

Запишем первое начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A' . \quad (11)$$

Работу против внешних сил, которую совершил газ, можно найти по формуле из механики:

$$A' = pSh . \quad (12)$$

Отсюда находим изменение внутренней энергии

$$\Delta U = Q - A' = Q - pSh , \quad (13)$$

а затем подставляем численные значения $\Delta U = 1.5 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^7 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^{-1} = 30$ кДж.

Задача 13. (средний уровень).

При изобарном нагревании идеального газа количество вещества равно 800 моль. При температуре 500 К, газу отдали 9.4 МДж количества теплоты. Вычислите увеличение внутренней энергии и работу газа.

Решение.

Запишем формулу для нахождения работы:

$$A = \nu R \Delta T , \quad (14)$$

Подставляем численные значения величин в полученное выражение работы. Получим значение работы $A = 800 \cdot 8.31 \cdot 500 = 3.3 \cdot 10^6$ Дж. Запишем первое начало термодинамики

$$\Delta U = Q - A . \quad (15)$$

Вычислим значением изменения внутренней энергии газа. Получим значение $\Delta U = 9.4 \cdot 10^6 - 3.3 \cdot 10^6 = 6.1 \cdot 10^6$ Дж.

Задача 14. (средний уровень).

Экспериментатор Глюк сконструировал новый воздушный шар, предназначенный для полётов в стратосферу. Определите внутреннюю энергию гелия, заполняющего воздушный шар объёмом 50 м^3 при давлении 60 кПа ?

Решение.

Запишем формулу для нахождения внутренней энергии гелия

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT . \quad (16)$$

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M} RT . \quad (17)$$

Из предыдущих уравнений следует уравнение для нахождения внутренней энергии газа

$$U = \frac{3}{2} pV . \quad (18)$$

Подставим численные значения в выражение внутренней энергии гелия. Получим значение внутренней энергии гелия, заполняющего воздушный шар, равное $U = 1.5 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 50 \text{ м}^3 = 6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$.

Задача 15. (расширенный уровень).

Экспериментатор Глюк создал термодинамическую установку, в которой одноатомный газ в количестве 5 моль адиабатно расширяется от начального давления, равного 1 МПа . В этом термодинамическом процессе температура газа уменьшается от 320 К до 275 К . Определите работу, совершаемую газом в этом термодинамическом процессе?

Решение.

Адиабатный процесс представляет собой процесс, в ходе которого система не обменивается теплотой с окружающей средой. Тогда первое начало термодинамики $\Delta U + A = Q$, может записано для адиабатического процесса следующим образом $-\Delta U = A$. Для определения совершённой работы необходимо вычислить величину внутренней энергии.

Запишем формулу для нахождения внутренней энергии

$$U = \frac{i}{2} \nu RT . \quad (19)$$

С учётом данной формулы получаем для работы газа следующее выражение:

$$A = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_2) . \quad (20)$$

Подставим численные значения данных в условия величин. Получим значение работы $A = 1.5 \cdot 5 \cdot 8.31 (320 - 275) = 2804.6 \text{ Дж}$.

Задача 16. (расширенный уровень).

Студент определил при температуре 300 К плотность водорода, но не рассчитал давление водорода. Чему равно давление водорода в баллоне?

Решение.

Плотность газа определяется как отношение массы газа к объёму, который он занимает, $\rho = m/V$. Давление газа определим через уравнение Менделеева-Клапейрона.

$$p = \frac{mR}{VM} T = \rho \frac{RT}{M} . \quad (21)$$

Подставим численные значения, тогда получим значение давление водорода в баллоне, равное $p = 0.2 \cdot 8.31 \cdot 300 / 0.002 = 249 \text{ кПа}$.

Заключение

Представлены результаты разработки разноуровневых задач для курса физики в медицине в фармацевтическом колледже. Разработанные разноуровневые задачи позволяют оперативно организовать текущий контроль знаний в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже. Методика решения разноуровневых задач позволяет формировать замкнутый объём знаний по физике путём решения задач по физике с медицинским уклоном. Методика решения разноуровневых задач позволяет систематизировать и закрепить знания, полученные при изучении курса физики в медицине. Эффективность методики решения разноуровневых задач можно повысить с помощью специально подобранных заданий по физике, обеспечивающих обратную связь и самоконтроль.

Результаты разработки системы задач по физике подтверждают актуальность создания и совершенствования системы задач для курса физики в медицине в фармацевтическом колледже. Выявлена особенность структурирования системы задач по уровню сложности и трудоёмкости выполнения на примере задач по молекулярной физике и термодинамике в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже. Представленные результаты создания системы подготовки на основе системы физических задач разного уровня сложности могут быть использованы в курсе физики в медицине в фармацевтическом колледже. Разработанные разноуровневые задачи по молекулярной физике, термодинамике, электростатике имеют составляющую с медицинским содержанием, что подчёркивает специфику курса физики в медицине в фармацевтическом колледже. Рассмотренные примеры решения задач по молекулярной физике и термодинамике были апробированы в фармацевтическом колледже в 2022-2023 учебном году.

Задача исследования, состоящая в разработке разноуровневых задач в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже, решена полностью.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если использовать систему разноуровневых задач по физике, то можно наполнить курс физики в медицине эффективными средствами контроля знаний физики в медицине в фармацевтическом колледже, подтверждена полностью.

Список использованных источников

1. Gallo Salvatore, Veronese Ivan. Applications of medical physics // Applied Sciences. — 2022. — feb. — Vol. 12, no. 4. — P. 1852. — URL: <https://doi.org/10.3390/app12041852>.
2. Jeraj Robert. Future of physics in medicine and biology // Acta Oncologica. — 2009. — jan. — Vol. 48, no. 2. — P. 178–184. — URL: <https://doi.org/10.1080/02841860802558938>.
3. Webb Steve. The contribution, history, impact and future of physics in medicine // Acta Oncologica. — 2009. — jan. — Vol. 48, no. 2. — P. 169–177. — URL: <https://doi.org/10.1080/02841860802244158>.
4. Medical physics in the Nordic countries: The past, the present and the future / Ludvig Paul Muren [et al.] // Acta Oncologica. — 2009. — jan. — Vol. 48, no. 2. — P. 165–168. — URL: <https://doi.org/10.1080/02841860802558946>.
5. Past, present and future of atomic force microscopy in life sciences and medicine / Pierre Parot [et al.] // Journal of Molecular Recognition. — 2007. — Vol. 20, no. 6. — P. 418–431. — URL: <https://doi.org/10.1002/jmr.857>.

6. Application of atomic force microscopy as a nanotechnology tool in food science / Hongshun Yang [et al.] // Journal of Food Science. — 2007. — may. — Vol. 72, no. 4. — P. R65–R75. — URL: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00346.x>.
7. Ando Toshio. High-speed atomic force microscopy coming of age // Nanotechnology. — 2012. — jan. — Vol. 23, no. 6. — P. 062001. — URL: <https://doi.org/10.1088/0957-4484/23/6/062001>.
8. Dupres V., Verbelen C., Dufrene Y. Probing molecular recognition sites on biosurfaces using AFM // Biomaterials. — 2007. — may. — Vol. 28, no. 15. — P. 2393–2402. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2006.11.011>.
9. Гиматетдинова А. Р. Исследование интерактивных элементов для активизации познавательной деятельности учащихся на занятиях по физике в фармацевтическом колледже // НАУКА ONLINE. — 2023. — № 1 (22). — С. 10–51. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2023/05/01222023-002.pdf>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: gimatetdinova@mail.ru

ORCID iD  0000-0001-8087-0417

Web of Science ResearcherID  GYD-8333-2022

Original article
PACS 01.40.-d
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Development of elements of the system of tasks for the course of physics in medicine at the College of Pharmacy

A. R. Gimatetdinova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted April 5, 2023

Resubmitted April 7, 2023

Published June 5, 2023

Abstract. The results of the development of elements of the system of tasks in physics within the framework of the course of physics in medicine at the College of Pharmacy are discussed. The features of creating a system of multi-level tasks are considered on the example of tasks in molecular physics, thermodynamics, electrostatics as part of the course of physics in medicine at the College of Pharmacy. The results of the creation of scientific and methodological support for a system of training in physics in medicine based on a system of physical tasks of different levels of complexity in a pharmaceutical college are presented. The results of the development of multilevel problems in molecular physics, thermodynamics, and electrostatics are discussed as part of the course of physics in medicine at the College of Pharmacy. Examples of solving problems in molecular physics, thermodynamics, electrostatics within the course of physics in medicine at the College of Pharmacy are considered.

Keywords: physics, physics classes, cognitive activity, interactive element, development of logical thinking

References

1. Gallo Salvatore, Veronese Ivan. Applications of medical physics // Applied Sciences. — 2022. — feb. — Vol. 12, no. 4. — P. 1852. — URL: <https://doi.org/10.3390/app12041852>.
2. Jeraj Robert. Future of physics in medicine and biology // Acta Oncologica. — 2009. — jan. — Vol. 48, no. 2. — P. 178–184. — URL: <https://doi.org/10.1080/02841860802558938>.
3. Webb Steve. The contribution, history, impact and future of physics in medicine // Acta Oncologica. — 2009. — jan. — Vol. 48, no. 2. — P. 169–177. — URL: <https://doi.org/10.1080/02841860802244158>.
4. Medical physics in the Nordic countries: The past, the present and the future / Ludvig Paul Muren [et al.] // Acta Oncologica. — 2009. — jan. — Vol. 48, no. 2. — P. 165–168. — URL: <https://doi.org/10.1080/02841860802558946>.
5. Past, present and future of atomic force microscopy in life sciences and medicine / Pierre Parot [et al.] // Journal of Molecular Recognition. — 2007. — Vol. 20, no. 6. — P. 418–431. — URL: <https://doi.org/10.1002/jmr.857>.

6. Application of atomic force microscopy as a nanotechnology tool in food science / Hongshun Yang [et al.] // Journal of Food Science. — 2007. — may. — Vol. 72, no. 4. — P. R65–R75. — URL: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00346.x>.
7. Ando Toshio. High-speed atomic force microscopy coming of age // Nanotechnology. — 2012. — jan. — Vol. 23, no. 6. — P. 062001. — URL: <https://doi.org/10.1088/0957-4484/23/6/062001>.
8. Dupres V., Verbelen C., Dufrene Y. Probing molecular recognition sites on biosurfaces using AFM // Biomaterials. — 2007. — may. — Vol. 28, no. 15. — P. 2393–2402. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2006.11.011>.
9. Gimatetdinova A. R. Research of interactive elements to enhance the cognitive activity of students in the classroom in physics at the College of Pharmacy // Science Online. — 2023. — no. 1 (22). — P. 10–51. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2023/05/01222023-002.pdf>.

Information about authors:

Alsu Ryastemovna Gimatetdinova — 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: gimatetdinova@mail.ru

ORCID iD  0000-0001-8087-0417

Web of Science ResearcherID  GYD-8333-2022

УДК 372.853
ББК 22.3
ГРНТИ 29.01.45
ВАК 13.00.02
PACS 01.40.-d
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Исследование элементов системы профильной подготовки по физике в классе из двух подгрупп разных профилей обучения

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 2023 года
После переработки 12 мая 2023 года
Опубликована 5 июня 2023 года

Аннотация. Описаны результаты педагогического эксперимента по физике в классе из двух подгрупп разных профилей обучения: физико-математического профиля и гуманитарного профиля. Проведён педагогический эксперимент по апробации системы подготовки по физике на примере изучения темы по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения в старшей школе. Выполнена статистическая обработка результатов педагогического эксперимента по апробации по апробации системы подготовки по физике на примере изучения темы по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения в профильной школе.

Ключевые слова: физика, педагогический эксперимент, профиль обучения, успеваемость, биоритм

Введение

Целью исследования являются разработка и научное обоснование методики использования систем задач на законы сохранения в физике как средства развития школьников в классе из двух подгрупп разных профилей обучения, а также рассмотрение методики изучения законов сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения в школе.

В связи с поставленной целью была сформулирована задача проведения педагогического эксперимента по апробации системы задач по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения.

Объектом исследования являются процесс обучения физике в рамках темы по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения.

Предметом исследования является процесс формирования умения решать задачи по физике в рамках темы по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения.

¹E-mail: zkhrrvolly@gmail.com

Гипотеза исследования состоит в том, что процесс решения систематизированных задач на законы сохранения ориентирован на формирование у учащихся умения использовать фундаментальные законы сохранения во всех разделах физики, и будет более результативным при организации систематического контроля знаний по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения.

Научная новизна работы заключается в сочетании применении технологий интенсификации обучения за счёт активизации познавательной активности учащихся при изучении законов сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения.

В качестве методов исследования применяются методические приёмы и способы решения задач на использование законов сохранения в физике в профильной школе.

Теоретическая значимость исследования заключается в создании модели для выявления особенностей системы преподавания физики в рамках темы по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения.

Практическая значимость исследования заключается в том, что апробирована и внедрена в педагогическую практику система подготовки в рамках темы по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения. Практическое значение исследования состоит в использовании системы подготовки в рамках темы по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения.

Обзор

Привычки ума — это одно из измерений долгосрочных результатов обучения, состоящее из критического мышления, творческого мышления и саморегуляции. Необходимо развивать характер нации. В статье [1] описано исследование, целью которого является изучение особенностей мышления учащихся при изучении физики. В статье [1] описаны результаты исследования, в котором принимают участие 36 студентов физических специальностей университета, расположенного в Банджармасине, Индонезия, которые знакомятся с физикой твёрдого тела. В качестве метода исследования использовался описательный анализ. Средний балл саморегуляции – 3.18, критического мышления – 3.06 и творческого мышления – 2.95. Результаты показывают, что нет существенной разницы в привычках мышления студентов между критическим мышлением, творческим мышлением и саморегуляцией.

Основаны ли исследования в области физического образования на репрезентативной выборке учащихся? Чтобы ответить на этот вопрос, в статье [2] просмотрели исследовательские работы по физическому образованию из трех журналов за 1970–2015 годы, пытаясь найти количество предметов исследования, курс, на который были зачислены предметы, и учреждение, в котором проводилось исследование. В статье [2] объединили эти данные с демографическими данными об этих учебных заведениях, чтобы составить профиль субъектов исследования в области физического образования, и сравнили демографические данные этого населения с демографическими данными всех студентов, изучающих физику в Соединенных Штатах. Результаты, представленные в статье [2], показывают, что испытуемые в области физического образования в целом лучше подготовлены математически и относятся к узкому и нерепрезентативному подмножеству намеченных нами целевых групп студентов-физиков. По этой причине результаты исследования могут быть не столь распространены на все студенческие группы, как предполагали ранее.

подавляющее большинство исследований, связанных с педагогикой активного обучения, используют пассивные лекционные методы в качестве основы. В статье [3] предлагается выйти за рамки таких сравнений, чтобы понять механизмы, которые делают разные стили активного обучения уникальными. В статье [3] используются наблюдения COPUS для записи действий студентов и преподавателей в шести известных стилях ак-

тивного обучения физике и используем анализ скрытого профиля для классификации этих наблюдений. Анализ скрытого профиля с использованием двух профилей успешно группирует профили COPUS в интерактивные лекционные и другие. Пять скрытых профилей успешно сортируют наблюдения по интерактивным лекциям, инструкциям по моделированию, лабораторным работам ISLE, лабораторным задачам с богатым контекстом, а также повторению или обсуждению. Этот анализ служит доказательством концепции и предлагает различия в методах обучения в разных педагогических дисциплинах, которые можно дополнительно исследовать с помощью этого метода.

В статье [4] описаны результаты исследования, связанного с необходимостью определить эмоции, которые испытывают учащиеся от К-7 до К-10 по отношению к изучению физики и химии, поскольку фактом является уменьшение числа учащихся, выбирающих маршруты, связанные с наукой. По каждому предмету были рассмотрены разные блоки содержания с целью выявления эмоций по отношению к каждому из них. Рассматриваемая выборка состояла из 149 учеников К-8, 152 учеников К-9 и 130 учеников К-10 из нескольких средних и старших школ Бадахоса (Испания) в течение 2014–2015 учебного года. Студенты испытывали больше положительных эмоций к содержанию химии, чем к физике. Выявлено снижение средней частоты положительных эмоций, таких как радость, веселье и спокойствие, от К-8 до К-10, а также увеличение отрицательных эмоций, таких как скука, тревога, отвращение, страх, нервозность, беспокойство, и печаль. Также было обнаружено, что положительные эмоции по отношению к содержанию химии в основном связаны с методами и отношением учителей, в то время как отрицательные эмоции по отношению к физике связаны с исключительным использованием учебника, решением задач по физике или устным представлением тем на уроке.

Результаты педагогического эксперимента по физике

Педагогический эксперимент проводился в 10 классе МБОУ «Гимназия № 13» города Ульяновска в период с 7 ноября 2022 года по 27 декабря 2022 года. В классе 23 ученика, класс разделен на две группы разного профиля обучения: физико-математического профиля и гуманитарного профиля. Среди 23 учащихся классов 10 девочек и 13 мальчиков. В группе физико-математического профиля обучения 12 человек, 4 из них – девочки и 8-мальчики, данная группа обучалась по программе углубленного уровня 4 часа в неделю по учебнику О. Ф. Кабардина, В. А. Орлова, Э. Е. Эвенчик и др. под ред. А. А. Пинского, О. Ф. Кабардина, при этом использовались следующие задачки: Рымкевич А. П. 10-11 кл.: пособие для общеобразовательных учреждений, Гольдфарб Н. И. 10-11 кл.: пособие для общеобразовательных учреждений, Марон А. Е. 10 кл.: дидактические материалы. Группа гуманитарного направления состоит из 11 человек, из которых 6 девочек и 5 мальчиков. Данная группа гуманитарного направления обучалась по программе базового уровня 2 часа в неделю по учебнику Г. Я. Мякишева, Б. Б. Буховцева, Н. Н. Сотского под редакцией Н. А. Парфентьевой, при этом использовались следующие задачки: А. П. Рымкевич. 10-11 кл.: пособие для общеобразовательных учреждений; О. И. Громцева. Сборник задач по физике 10-11 классы. В качестве контрольной группы была выбрана подгруппа 10 А класса физико-математического профиля обучения, а в качестве групп сравнения выбраны две группы: первая – подгруппа 10 А класса с гуманитарным профилем обучения и 10 В класс из лицея Ульяновского государственного педагогического университета имени И. Н. Ульянова.

Целью педагогического эксперимента является необходимость определить степень обученности учащихся, качественную успеваемость, абсолютную успеваемость, уровни требований и другие параметры обученности по методике П. В. Симонова; проанализировать состояние учебной подготовки учащихся и эффективность предложенной методики преподавания. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: отсле-

живание успеваемости учащихся по трём темам раздела «Законы сохранения» изучаемого курса физики, фиксирование отметок; рассчитать степень обученности учащихся, качественную успеваемость, абсолютную успеваемость и другие параметры; проанализировать методику преподавания и дать рекомендации.

Схема педагогического эксперимента состояла из проведения трёх последовательных занятий по теме «Законы сохранения», по которым наблюдались и фиксировались отметки учащихся. Для экспериментальной группы вводились некоторые понятия о наноструктурах. В экспериментальной группе взяты уроки по физике, проведенные 8, 9 и 10 ноября 2022 года 8 ноября на уроке по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» количество отметок «неудовлетворительно» составило 2, количество отметок «удовлетворительно» составило 3, количество отметок «хорошо» составило 3, количество отметок «отлично» составило 4. Степень обученности учащихся была равна 61 %. Качественная успеваемость была равна 58.33 %, абсолютная успеваемость была равна 83.33 %.

9 ноября 2022 года на уроке по теме «Законы сохранения в механических процессах» количество отметок «неудовлетворительно» составило 0, количество отметок «удовлетворительно» составило 3, количество отметок «хорошо» составило 4, количество отметок «отлично» составило 5. Степень обученности учащихся была равна 72 %. Качественная успеваемость была равна 72 %, абсолютная успеваемость была равна 100 %.

На уроке физики 10 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» количество отметок «неудовлетворительно» составило 0, количество отметок «удовлетворительно» составило 0, количество отметок «хорошо» составило 5, количество отметок «отлично» составило 7. Степень обученности учащихся была равна 85 %. Качественная успеваемость была равна 100 %, абсолютная успеваемость была равна 100 %.

В группе сравнения 1 взяты уроки, проведённые 7, 10, 15 ноября 2022 года. 7 ноября 2022 года на уроке по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» количество отметок «неудовлетворительно» составило 0, количество отметок «удовлетворительно» составило 3, количество отметок «хорошо» составило 5, количество отметок «отлично» составило 3. Степень обученности учащихся была равна 66.2 %. Качественная успеваемость была равна 72.7 %, абсолютная успеваемость была равна 100 %.

На уроке по физике, проведённом 10 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах», количество отметок «неудовлетворительно» составило 0, количество отметок «удовлетворительно» составило 1, количество отметок «хорошо» составило 6, количество отметок «отлично» составило 4. Степень обученности учащихся была равна 74,5%. Качественная успеваемость была равна 90.9 %, абсолютная успеваемость была равна 100%.

На уроке по физике, проведённом 15 ноября 2022 года, по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» количество отметок «неудовлетворительно» составило 0, количество отметок «удовлетворительно» составило 1, количество отметок «хорошо» составило 5, количество отметок «отлично» составило 5. Степень обученности учащихся была равна 77.82 %. Качественная успеваемость была равна 90,9%, абсолютная успеваемость была равна 100 %.

В качестве второй контрольной группы выбран 10 В класс лицея при ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова» в первом полугодии 2022-2023 учебного года. В контрольной группе было 24 человека. Контрольная группа состоит из 14 мальчиков и 10 девочек. В контрольной группе физика изучается в объёме 4 часа в неделю. В контрольной группе есть отдельная учебная дисциплина по лабораторному практикуму по физике в объёме 1 час в неделю. В ходе педагогического эксперимента в качестве проверочных работ выбраны следующие работы: входная диагностика по теме, связанной

с изучением законов сохранения в механике, занятие на решение задач, включающее кратковременную самостоятельную работу, контрольная работа по теме, связанной с изучением законов сохранения в механике. Проведём анализ успеваемости учеников контрольной группы на трёх занятиях.

На входной диагностике по законам сохранения в механике, проведённой 26 октября 2022 года, ученики контрольной группы получили 6 отметок «отлично», 8 отметок «хорошо», 7 отметок «удовлетворительно», 0 отметок «неудовлетворительно», 3 ученика отсутствовали на занятии и не были аттестованы. На входной диагностике по законам сохранения в механике, проведённой 26 октября 2022 года, абсолютная успеваемость составила 87.5 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На входной диагностике по законам сохранения в механике, проведённой 26 октября 2022 года, качественная успеваемость составила 58.3 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На входной диагностике по законам сохранения в механике, проведённой 26 октября 2022 года, степень обученности учащихся составила 57.7 %, что соответствует конструктивному уровню степени обученности учащихся. На входной диагностике по законам сохранения в механике, проведённой 26 октября 2022 года, высший уровень требований составил 56.8 %. На входной диагностике по законам сохранения в механике, проведённой 26 октября 2022 года, средний уровень требований составил 32.6 %. На входной диагностике по законам сохранения, проведённой 26 октября 2022 года, низкий уровень требований составил 15.5 %. На входной диагностике по законам сохранения, проведённой 26 октября 2022 года, среднее арифметическое значение отметок составило 3.46. На входной диагностике по законам сохранения, проведённой 26 октября 2022 года, экспериментальное значение хи-квадрат равно 8.9, что меньше критического значения хи-квадрат при уровне значимости 0.01 и числе степеней свободы 5, равного 15.086.

На занятии с самостоятельной работой по законам сохранения в механике, проведённой 11 ноября 2022 года, ученики контрольной группы получили 10 отметок «отлично», 9 отметок «хорошо», 3 отметки «удовлетворительно», 0 отметок «неудовлетворительно», 2 ученика отсутствовали на занятии и не были аттестованы. На занятии с самостоятельной работой по законам сохранения в механике, проведённой 11 ноября 2022 года, абсолютная успеваемость составила 91.7 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На занятии с самостоятельной работой по законам сохранения в механике, проведённой 11 ноября 2022 года, качественная успеваемость составила 79.2 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На занятии с самостоятельной работой по законам сохранения в механике, проведённой 11 ноября 2022 года, степень обученности учащихся составила 70.8 %, что соответствует оптимальному уровню степени обученности учащихся. На занятии с самостоятельной работой по законам сохранения в механике, проведённой 11 ноября 2022 года, высший уровень требований составил 70.2 %. На занятии с самостоятельной работой по законам сохранения в механике, проведённой 11 ноября 2022 года, средний уровень требований составил 42.2 %. На занятии с самостоятельной работой по законам сохранения в механике, проведённой 11 ноября 2022 года, низкий уровень требований составил 11.5 %. На занятии с самостоятельной работой по законам сохранения в механике, проведённой 11 ноября 2022 года, среднее арифметическое значение отметок составило 3.96. На занятии с самостоятельной работой по законам сохранения в механике, проведённой 11 ноября 2022 года, экспериментальное значение хи-квадрат равно 16.4, что больше теоретического критического значения хи-квадрат при уровне значимости 0.01 и числе степеней свободы 5, равного 15.086.

На занятии с контрольной работой по законам сохранения в механике, проведённой 18 ноября 2022 года, ученики контрольной группы получили 12 отметок «отлично»,

10 отметок «хорошо», 2 отметки «удовлетворительно», 0 отметок «неудовлетворительно», отсутствующих учеников не было. На занятии с контрольной работой по законам сохранения в механике, проведённой 18 ноября 2022 года, абсолютная успеваемость составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На занятии с контрольной работой по законам сохранения в механике, проведённой 18 ноября 2022 года, качественная успеваемость составила 91.7 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На занятии с контрольной работой по законам сохранения в механике, проведённой 18 ноября 2022 года, степень обученности учащихся составила 79.7 %, что соответствует оптимальному уровню степени обученности учащихся. На занятии с контрольной работой по законам сохранения в механике, проведённой 18 ноября 2022 года, высший уровень требований составил 79.7 %. На занятии с контрольной работой по законам сохранения в механике, проведённой 18 ноября 2022 года, средний уровень требований составил 48.3 %. На занятии с контрольной работой по законам сохранения в механике, проведённой 18 ноября 2022 года, низкий уровень требований составил 25.0 %. На занятии с контрольной работой по законам сохранения в механике, проведённой 18 ноября 2022 года, среднее арифметическое значение отметок составило 4.42. На занятии с контрольной работой по законам сохранения в механике, проведённой 18 ноября 2022 года, экспериментальное значение хи-квадрат равно 27.7, что больше теоретического значения хи-квадрат при уровне значимости 0.01 и числе степеней свободы 5, равного 15.086.

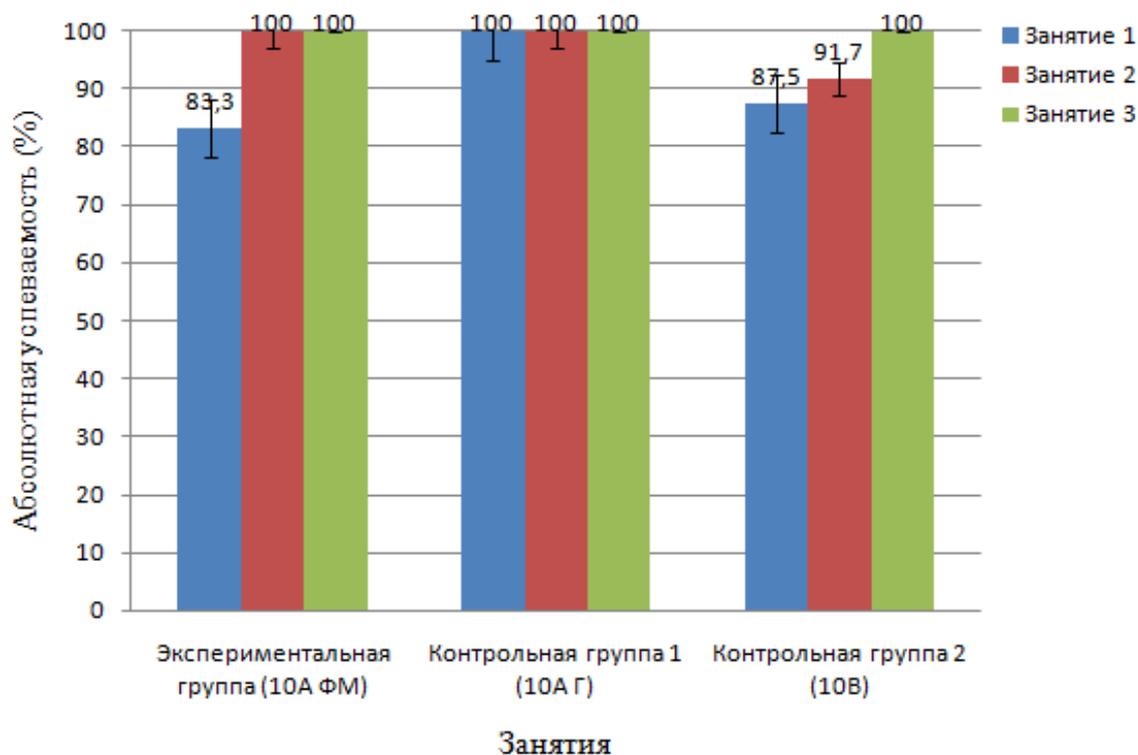


Рис. 1. Результаты абсолютной успеваемости учеников экспериментальной и контрольных групп в ходе педагогического эксперимента по физике.

На рис. 1 представлены результаты абсолютной успеваемости учеников экспериментальной и контрольных групп в ходе педагогического эксперимента по физике.

На рис. 2 представлены результаты качественной успеваемости учеников экспериментальной и контрольных групп в ходе педагогического эксперимента по физике.

На рис. 3 представлены результаты степени обученности учащихся экспериментальной и контрольных групп в ходе педагогического эксперимента по физике.

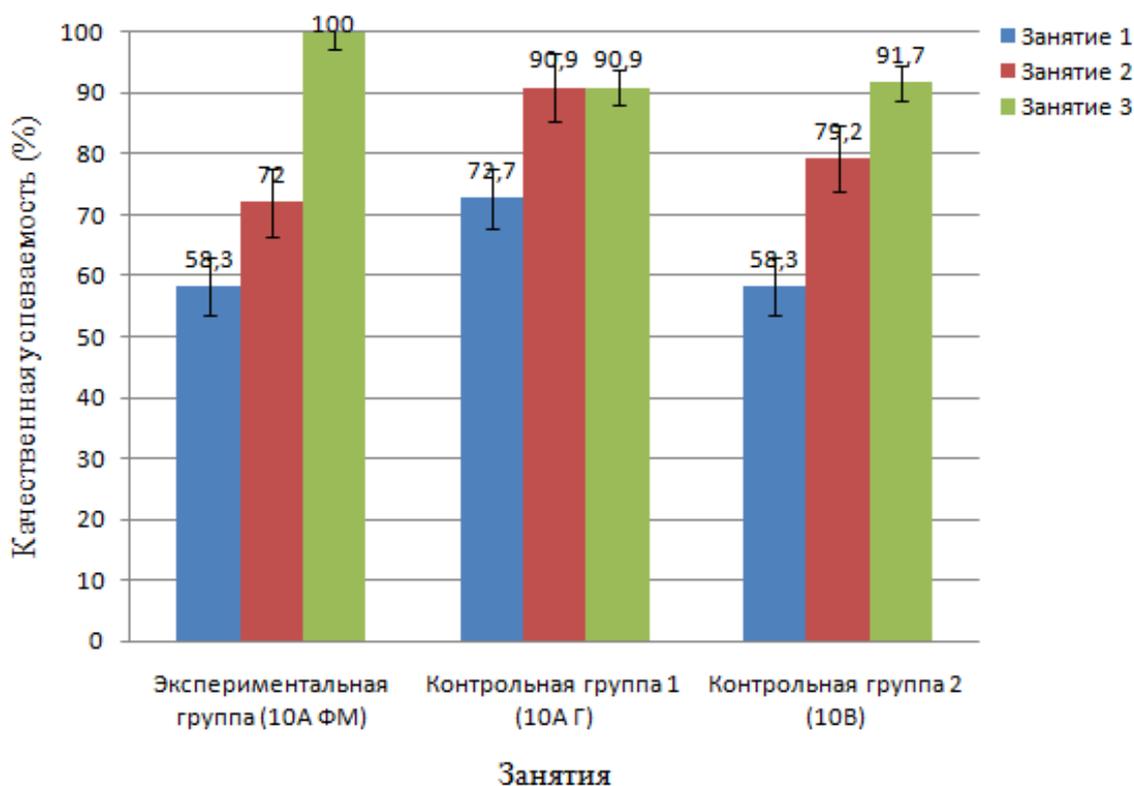


Рис. 2. Результаты качественной успеваемости учеников экспериментальной и контрольных групп в ходе педагогического эксперимента по физике.

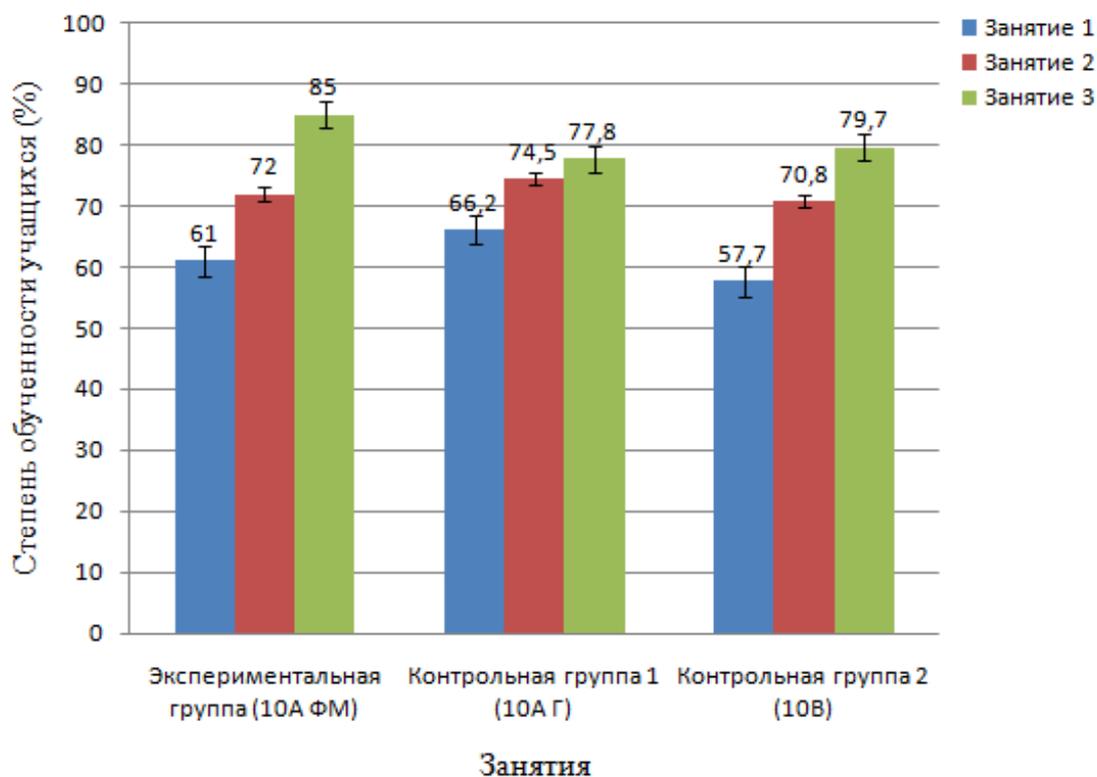


Рис. 3. Результаты степени обученности учащихся экспериментальной и контрольных групп в ходе педагогического эксперимента по физике.

Результаты расчёта биоритмов

Ученик 1 на уроке 8 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «хорошо». В этот день показатели биоритмов ученика 1 были следующими: -63,11% - физический, 78,18% - эмоциональный, 45,82% - интеллектуальный. Работоспособность ученика 1 на занятии 8 ноября 2022 года была заметно снижена, ученик 1 был неактивен на уроке: не отвечал на вопросы учителя, не отвечал у доски, не заработал вклад в отметку, однако ученик 1 все равно получил отметку «хорошо». Интеллектуальные и эмоциональные биоритмы помогли обучению ученика 1, с физическим биоритмом ученик 1 справился, данный биоритм не оказал сильного влияния на успеваемость ученика.

На уроке 9 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 1 получил отметку «удовлетворительно». В этот день показатели биоритмов были следующими: -81,7% - физический, 62,35% - эмоциональный, 28,17% - интеллектуальный. На данном занятии ученик 1 не поддерживал обсуждение темы, но выполнил домашнее задание. Показатели эмоционального и интеллектуального биоритмов понизились, и вместе с ними понизилась и успеваемость ученика. Биоритмы оказали влияние на успеваемость и на активность ученика, у ученика 1 была низкая работоспособность на уроке.

На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 1 получил отметку «отлично». В этот день показатели биоритмов ученика 1 были следующими: -94,23% - физический, 43,39% - эмоциональный, 9,51% - интеллектуальный. На данном занятии ученик был сконцентрирован на работе, письменная работа была выполнена безошибочно. Эмоциональный и интеллектуальный биоритм в этот день помогли ученику повысить успеваемость, физический биоритм, вероятно, тоже оказал влияние: ученик на данном занятии был спокоен, не общался с одноклассниками, внимательно выполнял работу.

Ученик 2 на уроке 8 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «неудовлетворительно». В этот день показатели биоритмов ученика 2 были следующими: 97,91% - физический биоритм, - 78,18% - эмоциональный биоритм, -69,01% - интеллектуальный биоритм. Ученик 1 на занятии 8 ноября 2022 года был активным, внес вклад в дополнительную отметку. Интеллектуальный и эмоциональный биоритмы противодействовали повышению успеваемости ученика 2 на уроке.

На уроке 9 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 2 получил отметку «удовлетворительно». В этот день показатели биоритмов ученика 2 были следующими: 99,77% - физический, -90,1% - эмоциональный биоритм, -54,06% - интеллектуальный биоритм. Эмоциональный и интеллектуальный биоритмы могли противодействовать получению отметки «хорошо» или «отлично» на занятии 9 ноября 2022 года. Ученик 2 в этот день самостоятельно вызвался решать задачу у доски, при решении задач ученик тяжело контролировал свои эмоции: нервничал, допускал много ошибок, легко вводился в заблуждение, слыша комментарии своих одноклассников. Несмотря на высокий показатель, физический биоритм не оказал сильного положительного влияния на обучение ученика 2, но и не противодействовал обучению.

На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 2 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 2 в этот день были следующими: 94,23% - физический, -97,49% - эмоциональный, -37,17% - интеллектуальный. Ученик 2 по-прежнему находился в фазе эмоционального минимума и интеллектуального спада. Данный ученик на протяжении всего педагогического эксперимента переживал за свои оценки не только по физике, но и по другим предметам, это состояние можно объяснить и показателями интеллектуального

и эмоционального биоритмов. Несмотря на внутренние переживания, ученик 2 не показывал свои переживания: вызывался к доске, задавал вопросы учителю и легко шел на контакт с одноклассниками. Физический биоритм оказал положительное влияние ученика на самоощущение.

Ученик 3 на уроке 8 ноября 2022 по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «удовлетворительно». В этот день показатели биоритмов ученика 3 были следующими: -29,98% - физический биоритм, -97,49% - эмоциональный биоритм, 9,51% - интеллектуальный биоритм. Ученик 3 не выполнил домашнюю работу, в целом, не был активен на уроке. Физический, интеллектуальный и эмоциональный биоритмы не помогли ученику 3 получить более высокую оценку на занятии 8 ноября 2022 года.

На уроке 9 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 3 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 3 в этот день были следующими: 0% - физический, -100% - эмоциональный, -9,51% - интеллектуальный. Показатель физического биоритма позволяет сделать вывод о том, что ученик 3 находится в переломной фазе, в этот день ему особенно тяжело физически, он не активен; показатель эмоционального биоритма говорит нам о том, что ученик эмоционально истощен, в этот период для ученика 3 характерны агрессивность, обидчивость и раздражительность. Концентрация внимания и течение мыслей затруднялось, об этом позволяет судить показатель интеллектуального биоритма. Ученик 3, несмотря на показатели биоритмов, сумел получить положительную отметку, возможно, этому поспособствовал и интеллектуальный биоритм, эмоциональный и физический биоритмы в совокупности отразились на физическом и моральном состоянии ученика и могли препятствовать получению более высокой отметки. На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 3 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 3 в этот день были следующими: 26,98% - физический, -97,49% - эмоциональный, -28,17% - интеллектуальный. Несмотря на невысокие показатели биоритмов, ученик 4 хорошо справился с контрольной работой и получил положительную оценку.

Ученик 4 на уроке 8 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 4 были следующими: 39,84% - физический, 97,49% - эмоциональный, 69,01% - интеллектуальный. Данный учащийся продемонстрировал свои теоретические знания по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» для решения задач на самостоятельной работе, продемонстрировал умение находить творческий подход к решению задач. Биоритмы оказали положительное влияние на успеваемость ученика 4.

На уроке 9 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 4 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 4 в этот день были следующими: 13,62% - физический, 90,1% - эмоциональный, 81,46% - интеллектуальный. Ученик 4 внёс вклад в дополнительную отметку в этот день: сдал домашнюю работу на проверку, был активен на занятии. Ученик 4 отлично справился с физическим диктантом в начале урока. Биоритмы помогли обучению ученика 4.

На уроке по физике, проведённом 10 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»», ученик 4 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов в этот день были следующими: -13,62% - физический, 78,18% - эмоциональный, 90,96% - интеллектуальный. Ученик 4 в этот день находился в фазе интеллектуального максимума и в фазе эмоционального подъема, что помогло получению высокой положительной отметки. Физический биоритм показывает, что ученик 4 находился в фазе спада, но сильного влияния на успеваемость ученика данный биоритм не оказал.

Ученик 5 на уроке 8 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «отлично». 8 ноября 2022 года показатели биоритмов ученика 5 были следующими: -51,96% - физический, -22,25% - эмоциональный, 99,89% - интеллектуальный. Физический и эмоциональный биоритм сказались на концентрации внимания ученика 5, данный ученик на занятии 8 ноября 2022 года не получил никакого вклада в отметку, не отвечал дополнительно на вопросы, не сдал домашнее задание. Интеллектуальный биоритм оказал положительное влияние 8 ноября 2022 года на обучение ученика 5.

На уроке 9 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 5 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 5 в этот день были следующими: -88,79% - физический, -62,35% - эмоциональный, 90,96% - интеллектуальный. Интеллектуальный биоритм был наиболее влиятельным для получения положительной оценки. Ученик 5 был невнимательным и был не сконцентрирован на занятии, что не позволило ему получить отметку выше. На активность ученика на уроке оказали влияние физический и эмоциональный биоритмы.

На занятии 10 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 5 получил отметку «отлично». В этот день показатели биоритмов были следующими: -73,08% - физический, -43,39% - эмоциональный биоритм, 97,18% - интеллектуальный. Ученик 5 смог справиться с влиянием физического и эмоционального биоритмов, интеллектуальный биоритм помог ученику 5 повысить успеваемость.

Ученик 6 на уроке 8 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «отлично». 8 ноября 2022 года показатели биоритмов ученика 6 были следующими: 99,77% - физический, -97,49% - эмоциональный, 61,82% - интеллектуальный. 8 ноября 2022 года ученик 6 получил вклад в оценку, сам вызывался к доске, выполнил домашнее задание. Влияние эмоционального биоритма не сказалось на успеваемости ученика 6. Соответственно, физический и эмоциональный биоритмы помогли его обучению на занятии, влияние этих биоритмов сказалось на активности ученика 6. На успеваемости ученика отразилось влияние интеллектуального биоритма.

На уроке 9 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 6 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 6 были следующими: 94,23% - физический, -90,1% - эмоциональный, 45,82% - интеллектуальный. Интеллектуальный биоритм оказал положительное влияние на успеваемость, а эмоциональный и физический биоритмы, возможно, препятствовали получению оценки выше.

На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 6 получил отметку «отлично». В этот день показатели биоритмов ученика 6 были следующими: 81,7% - физический, -78,18% - эмоциональный, 28,17% - интеллектуальный. С контрольной работой ученик 6 справился, продемонстрировал высокий уровень теоретических знаний и их применение на определенных задачах. Интеллектуальный и физический биоритмы оказали положительное влияние на успеваемость, с физическим биоритмом ученик сумел справиться, он не оказал сильного влияния на успеваемость.

Ученик 7 на уроке 8 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «удовлетворительно». Показатели биоритмов в этот день были следующими: -26,98% - физический, 43,39% - эмоциональный, -94,54% - интеллектуальный. Данный ученик был не активен на занятии: не сдал домашнюю работу, не вызывался к доске, не отвечал на вопросы. Физический и интеллектуальный биоритмы оказали негативное влияние на успеваемость ученика 7. Получить положительную отметку ученику 7 мог помочь эмоциональный биоритм.

На уроке 9 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процес-

сах» ученик 7 получил отметку «хорошо». В этот день показатели биоритмов ученика 7 были следующими: 0% - физический, 22,25% - эмоциональный, -98,98% - интеллектуальный. На данном занятии ученик 7 не получил вклада в дополнительную оценку, был не активен, но и не отвлекался, хорошо написал физический диктант, сдал на проверку домашнюю работу. Судя по показателям биоритма, ученик находился в переломной фазе физического состояния, в фазе эмоционального подъема и в фазе интеллектуального минимума, однако ученик 7 сумел справиться с биоритмами и показал неплохой результат на занятии 9 ноября 2022 года.

На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 7 получил отметку «отлично». В этот день показатели биоритмов ученика 8 были следующими: 26,98% - физический, 0% - эмоциональный, -99,89% - интеллектуальный. Показатели биоритмов позволяют сделать следующий вывод: ученик находился в фазе подъема физического состояния, в переломной фазе эмоционального состояния, и в фазе интеллектуального минимума. Эмоциональный и интеллектуальный биоритмы не оказали сильного отрицательного влияния на успеваемость ученика, возможно, физический биоритм помог преодолеть эмоциональный и интеллектуальный и повысить успеваемость, получить отметку «отлично».

Ученик 8 на уроке 8 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «отлично». Показатели биоритмов в этот день были следующими: 26,98% - физический, -97,49% - эмоциональный -98,98% - интеллектуальный.

Ученик 8 на уроке 9 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» получил отметку «удовлетворительно». Показатели биоритмов ученика 8 в этот день были следующими: 51,96% - физический, -100% - эмоциональный, -98,89% - интеллектуальный. Данный ученик находился в фазах эмоционального и интеллектуального минимумов. Физический биоритм указывает на то, что ученик находился в фазе подъема. Интеллектуальный и эмоциональный биоритмы противодействовали получению более высокой отметки, а физический биоритм, возможно, помог получить ученику 8 отметку «удовлетворительно».

Ученик 8 на уроке 10 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» получил отметку «хорошо». Показатели ученика 8 в этот день были следующими: 73,08% - физический, -97,48% - эмоциональный, -97,18% - интеллектуальный. Физический биоритм указывает на то, что ученик находился в фазе подъема. Ученик 8 сумел преодолеть эмоциональный и интеллектуальный биоритмы и получить положительную отметку за контрольную работу.

Ученик 9 на уроке 8 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов в этот день были следующими: -39,84% - физический, 62,35% - эмоциональный, -37,17% интеллектуальный. Влияние физического и интеллектуального биоритмов оказались несущественными, так как 8 ноября 2022 года внес вклад в оценку, отвечая на вопросы учителя, комментируя решение задачи с места, сдал домашнюю работу. Можно сделать вывод о том, что на активность ученика оказал влияние эмоциональный биоритм.

Ученик 9 на уроке 9 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» получил отметку «отлично». Показатели ученика 9 в этот день были следующими: -63,11% - физический, 78,18% - эмоциональный, -18,93% - интеллектуальный. Ученик находился в фазе интеллектуального спада, в фазе эмоционального подъема, в фазе физического подъема. Ученик был активен на занятии: было отмечено наличие домашнего задания, решил задачу у доски, внес вклад в дополнительную отметку, отвечая на вопросы учителя в течение урока. Ученик 9 сумел преодолеть физический и интеллектуальный биоритмы и получить отметку «отлично», эмоциональный биоритм

помог ученику 9 получить отметку «отлично» и уверенно отвечать на вопросы в течение урока.

Ученик 9 на уроке 10 ноября 2022 по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» года получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 9 в этот день были следующими: -81,7% - физический, 90,1% - эмоциональный, 0% - интеллектуальный. С контрольной работой ученик 9 справился хорошо, показав высокий уровень теоретических знаний, которыми владеет и умение применять их на определённых задачах. Ученик 9 сумел успешно справиться с контрольной работой, то есть он сумел справиться с влиянием интеллектуального и физического биоритмов, эмоциональный биоритм оказал положительное влияние на успеваемость ученика.

Ученик 10 на уроке 8 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «неудовлетворительно». Показатели биоритмов в этот день были следующими: -39,84% - физический, 0% - эмоциональный, -94,54%. Ученик 10 не ответил ни на один вопрос из физического диктанта, сдал пустой листок, домашнее задание выполнено не было, дополнительного вклада в оценку внесено учеником 10 не было. Уровень активности ученика был низким. Судя по показателю эмоционального биоритма, ученик находился в переломной фазе, возможно, ученик 10 испытывал некоторые переживания, которые повлияли на его активность на уроке. Физический, эмоциональный и интеллектуальный биоритмы противодействовали обучению ученика 10. Ученик 10 на уроке 9 ноября 2022 по теме «Законы сохранения в механических процессах» года получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 10 в этот день были следующими: -63,11% – физический, -22,25% - эмоциональный, -98,98% интеллектуальный биоритм. Несмотря на низкие показатели биоритмов, ученик 10 смог получить высокую отметку. Ученик 10 сумел справиться с влиянием биоритмов. Ученик 10 на уроке 10 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 10 в этот день были следующими: -81,7% - физический, -43,39% - эмоциональный, -99,89% - интеллектуальный. Ученик 10 сумел преодолеть влияние физического, эмоционального и интеллектуального биоритмов.

Ученик 11 на уроке 8 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов в этот день были следующими: -81,7% - физический, 0% - эмоциональный, 90,96% - интеллектуальный. Несмотря на низкую активность на занятии 8 ноября 2022 года, ученик 11 неплохо справился с физическим диктантом, продемонстрировал высокий уровень теоретических знаний, которыми он владеет. Интеллектуальный биоритм положительно повлиял на успеваемость ученика, эмоциональный и физический биоритмы могли противодействовать получению отметки «отлично».

На уроке 9 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 11 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 11 в этот день были следующими: -94,23% - физический, 20,25% - эмоциональный, 97,18% - интеллектуальный. Эмоциональный и интеллектуальный помогли обучению ученика 11 на уроке 10 ноября 2022 года. Влияние физического биоритма ученик 11 сумел побороть, поэтому отрицательное влияние физического биоритма не отразилось на успеваемости ученика 11.

На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 11 получил отметку «хорошо». Показатели его биоритмов в этот день были следующими: -99,77% - физический, 43,39% - эмоциональный, 99,89% - интеллектуальный. Влияние эмоционального и интеллектуального биоритма на успеваемость ученика 11 было положительным. Снижение показателя физического биоритма характеризуется снижением работоспособности, энергичности и выносливо-

сти, возможно, влияние этого биоритма отразилось на успеваемости ученика 11: ученик 11 не сумел получить отметку «отлично» за контрольную работу из-за отсутствия концентрации внимания и медленного выполнения работы.

Ученик 12 на уроке 8 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «удовлетворительно». Показатели биоритмов ученика 12 в этот день были следующими: -88,79% - физический, 97,49% - эмоциональный, 28,17% - интеллектуальный. Ученик 12 легко концентрировался на поставленных перед ним задачах, с легкостью находил верные ответы на все возникающие вопросы учителя, чем внёс вклад в дополнительную оценку, сдал домашнюю работу, однако физический диктант ученик 12 решил на отметку «удовлетворительно». Эмоциональный и интеллектуальные биоритмы оказали положительное влияние на успеваемость ученика 12.

На уроке 9 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 12 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 12 в этот день были следующими: -73,08% - физический, 90,1% - эмоциональный, 9,51% - интеллектуальный. Ученик находился в фазе эмоционального максимума и в фазе интеллектуального подъёма. С возрастанием фаз этих биоритмов интеллектуальные возможности, стрессоустойчивость и позитивный настрой увеличивается. Эти биоритмы положительно повлияли на успеваемость ученика 12 в этот день. Влияние физического биоритма ученик 12 сумел преодолеть.

На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 12 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 12 в этот день были следующими: -51,96% - физический, 78,17% - эмоциональный, -9,51% - интеллектуальный. Ученик 12 находился в фазе физического спада и в фазе интеллектуального спада. Эти фазы характеризуются снижением работоспособности, уровня физической активности, течения мыслей, концентрации. Влияние биоритмов было заметно, вероятно, они помешали ученику 12 получить отметку «отлично». Эмоциональный биоритм помог ученику ослабить влияние физического и интеллектуального биоритма и поэтому ученик 12 получил положительную отметку.

Ученик 13 на уроке 7 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «удовлетворительно». Показатели биоритмов ученика 12 в этот день были следующими: 99,77% - физический, -78,18% - эмоциональный, -98,98% - интеллектуальный. На данном уроке ученик не сдал домашнюю работу, не внес вклада в дополнительную оценку, не участвовал в обсуждении новой темы. Эмоциональный и интеллектуальный биоритмы поспособствовали снижению успеваемости ученика 13.

На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 13 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 12 в этот день были следующими: 63,11% - физический, -22,25% - эмоциональный, -90,96% - интеллектуальный. Несмотря на низкие показатели эмоционального и интеллектуального биоритмов, ученику 13 удалось получить отметку «хорошо». Можно сделать вывод о том, что ученик 13 смог преодолеть влияние биоритмов.

На уроке 15 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 13 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 12 в этот день были следующими: -63,11% - физический, 78,18% - эмоциональный, -18,93% - интеллектуальный. На данном уроке ученик 13 был сконцентрирован на контрольной работе. Несмотря на низкие показатели эмоционального и интеллектуального биоритмов, ученику 13 удалось получить отметку «отлично» за контрольную работу. Эмоциональный биоритм поспособствовал получению положительной оценки и преодолению влияния других биоритмов на успеваемость ученика 13.

Ученик 14 на уроке 7 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 14 в этот день были следующими: -51,96% - физический, 78,18% - эмоциональный, -28,17% - интеллектуальный. В этот день ученик 14 сдал домашнюю работу, активно работал на занятии, что позволило ему внести вклад в дополнительную отметку. Несмотря на то, что ученик 14 находился в фазах физического и интеллектуального спада, он сумел получить высокую положительную отметку. Эмоциональный биоритм, возможно, помог ученику 14 в повышении успеваемости.

На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 14 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 12 в этот день были следующими: 26,98% - физический, 100% - эмоциональный, -75,57% - интеллектуальный. В этот день ученик 14 выходил к доске и вел активное участие в обсуждении решений задач, что позволило ученику 14 внести вклад в дополнительную отметку. Ученик 14 находился в фазе эмоционального максимума и физического подъема, это позволило ему занимать активную позицию на уроке. Интеллектуальный биоритм мог препятствовать получению более высокой отметки.

На уроке 15 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 14 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 12 в этот день были следующими: 99,77% - физический, 43,39% - эмоциональный, -97,18% - интеллектуальный. Ученик продемонстрировал умение решать различные задачи по теме «Законы сохранения в механических процессах». Несмотря на низкий показатель интеллектуального биоритма, ученику 14 удалось получить максимальную отметку за контрольную работу.

Ученик 15 на уроке физики 7 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 15 в этот день были следующими: 73,08% - физический, -43,39% - эмоциональный, 45,82% - интеллектуальный. В этот день было обращено внимание на то, что у ученика полностью отсутствовала домашняя работа, ученик занимал неактивную позицию на уроке, но ученик 15 выходил к доске для решения задачи. Низкий показатель эмоционального биоритма свидетельствует о том, что ученик находится в фазе спада. Эта фаза характеризуется отсутствием концентрации внимания, наличием агрессии и плохого настроения. Возможно, влияние эмоционального биоритма сказалось на успеваемости ученика, однако ученик 15 сумел справиться с этим биоритмом, в этом ему могли помочь физический и интеллектуальный биоритмы.

На уроке физики 10 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 15 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 12 в этот день были следующими: 99,77% - физический, 22,25% - эмоциональный, -9,51% - интеллектуальный. Так же, как и 7 ноября, замечалось отсутствие домашней работы, ученик занимал неактивную позицию на уроке.

На уроке 15 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 15 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 15 в этот день были следующими: 13,62% - физический, 97,49% - эмоциональный, -86,6% - интеллектуальный. Ученик 15 сумел написать работу на отметку «хорошо», в этом ему могли помочь физический и эмоциональный биоритм. Отрицательное влияние интеллектуального биоритма могло сказаться на том, что ученик не смог получить отметку «отлично».

Ученик 16 на уроке 7 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 16 в этот день были следующими: 97,91% - физический, 78,18% - эмоциональный, -75,57% - интеллектуальный. Ученик 16 сдал домашнюю работу, вызывался к доске и актив-

но отвечал на уроке, что позволило внести вклад в дополнительную отметку. Ученик 16 справился с влиянием интеллектуального биоритма. Занимать активную позицию на уроке ученику 16 помогли физический и эмоциональный биоритмы. На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 16 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 16 в этот день были следующими: 81,7% - физический, 100% - эмоциональный, -98,98% - интеллектуальный. Ученик сдал выполненную домашнюю работу, хорошо справился с физическим диктантом. Ученик 16 в этот день находился в фазах эмоционального максимума, физического подъема и интеллектуального минимума. Влияние интеллектуального биоритма сказалось на успеваемости ученика, возможно, он данный биоритм препятствовал получению более высокой отметки. На уроке 15 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 16 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 16 в этот день были следующими: -39,84% - физический, 43,39% - эмоциональный, -69,01% - интеллектуальный. Несмотря на низкие показатели физического и интеллектуального биоритма, ученик 16 успешно справился с контрольной работой. Биоритмы не оказали негативного влияния на успеваемость ученика 16.

Ученик 17 на уроке 7 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 17 в этот день были следующими: 0% - физический, 90,1% - эмоциональный, 28,17% - интеллектуальный. Ученик 17 сдал домашнюю работу, хорошо справился с физическим диктантом. Все биоритмы оказали положительное влияние на успеваемость ученика 17. На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 17 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 17 в этот день были следующими: 23,08% - физический, 97,49% - эмоциональный, -28,17% - интеллектуальный. Несмотря на низкий показатель интеллектуального биоритма, успеваемость ученика 17 была высоко оценена. Физический и эмоциональный биоритм отразились на самоощущении и настроении ученика 17. На уроке 15 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 17 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 17 в этот день были следующими: 81,7% - физический, 22,25% - эмоциональный, -94,5% - интеллектуальный. Ученик 17 хорошо справился с контрольной работой, но ученику 17 не хватило времени для решения всех заданий. Отсутствию концентрации внимания и медленному течению мыслей мог поспособствовать интеллектуальный биоритм. Однако учеником 17 была получена положительная отметка, возможно, этому поспособствовали физический и эмоциональный биоритмы.

Ученик 18 на уроке 7 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «удовлетворительно». Показатели биоритмов ученика 18 в этот день были следующими: -73,08% - физический, -78,18% - эмоциональный, 61,82% - интеллектуальный. Ученик 18 смог получить положительную отметку, в этом ему помог интеллектуальный биоритм. Влияние физического и эмоционального биоритмов препятствовали получению более высокой отметки. На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 18 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 18 в этот день были следующими: 0% - физический, -22,25% - эмоциональный, 9,51% - интеллектуальный. Ученик отлично справился с физическим диктантом, не сделав ни единой ошибки, сдал выполненную домашнюю работу и участвовал в комментировании решения задач, что позволило внести вклад в дополнительную отметку. На уроке 15 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 18 получил отметку «удовлетворительно». Показатели биоритмов ученика 18 в этот день были следующими: 97,01% - физический, 78,18% - эмоциональный, -75,57% - интеллектуальный. Ученик 15

смог справиться с контрольной работой, однако ему не удалось получить более высокую оценку. Ученик 18 находился в фазе эмоционального спада, эта фаза характеризуется значительным замедлением течения мыслей, этот период не лучший для решения задач. Возможно, эмоциональный биоритм препятствовал получению более высокой оценки.

Ученик 19 на уроке 7 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 19 в этот день были следующими: -73,08% - физический, 78,18% - эмоциональный, 90,96% - интеллектуальный. Ученик 19 отлично справился с физическим диктантом, была активен на уроке, выполнил домашнее задание. Интеллектуальный и эмоциональный биоритмы помогли повысить успеваемость ученику 19, физический биоритм мог отразиться на физическом состоянии ученика, но ученик 19 смог преодолеть влияние данного биоритма. На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 19 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 19 в этот день были следующими: 0% - физический, 100% - эмоциональный, 98,98% - интеллектуальный. Ученик 19 находился в фазах эмоционального и интеллектуального максимума и в переломной физической фазе. Ученик 19 вызывался к доске, участвовал в беседе на уроке, отлично справился с физическим диктантом, сдал выполненную домашнюю работу, тем самым заработал вклад в дополнительную отметку. Биоритмы помогли ученику 19 в обучении, несмотря на фазу физического перелома, ученик 19 отлично проявил себя на уроке.

На уроке 15 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 19 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 19 в этот день были следующими: 97,91% - физический, 43,39% - эмоциональный, 45,82% - интеллектуальный. Ученик 19 быстро справился с контрольной работой и выполнил дополнительные задания на дополнительную отметку. Биоритмы благоприятно влияли на успеваемость ученика 19.

Ученик 20 на уроке 7 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «удовлетворительно». Показатели биоритмов ученика 20 в этот день были следующими: 88,79% - физический, 62,35% - эмоциональный, -61,82% - интеллектуальный. Ученик 20 не смог справиться с влиянием интеллектуального биоритма: ученику 20 с трудом удалось написать физический диктант, на уроке ученик 20 не внес вклада в дополнительную отметку, то есть не был активным. Несмотря на высокие показатели физического и эмоционального биоритмов, ученику не удалось получить отметку «хорошо» или «отлично». На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 20 получил отметку «удовлетворительно». Показатели биоритмов ученика 20 в этот день были следующими: 94,23% - физический, 97,49% - эмоциональный, -94,5% - интеллектуальный. Физический и эмоциональный биоритмы помогли ученику 20 получить положительную отметку, однако интеллектуальный биоритм мог препятствовать получению более высокой отметки. На уроке 15 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 20 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 20 в этот день были следующими: -13,62% - физический, 62,35% - эмоциональный, -81,46% - интеллектуальный. Несмотря на то, что ученик 20 находился в фазах физического и эмоционального спада, он сумел написать контрольную работу на отметку «отлично». Ученик 20 сумел справиться с влиянием физического и интеллектуального биоритмов.

Ученик 21 на уроке 7 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 21 в этот день были следующими: 81,7% - физический, 43,39% - эмоциональный, 18,93% - интеллектуальный. Влияние биоритмов было положительным на ученика 21. На уроке

10 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 21 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 21 в этот день были следующими: 13,62% - физический, -22,25% - эмоциональный, 69,01% - интеллектуальный. Ученик 21 сумел преодолеть влияние эмоционального биоритма и получить высокую положительную отметку. На уроке 15 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 21 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 21 в этот день были следующими: -94,34% - физический, -97,49% - эмоциональный, 98,98% - интеллектуальный. В этот день ученики 21 находился в фазах физического и эмоционального минимума и в фазе интеллектуального максимума. Физический и эмоциональный биоритм могли оказать влияние на физическое и эмоциональное состояние ученика, эти биоритмы могли сказаться на концентрации ученика, на настроении. Фаза интеллектуального максимума характеризуется высокими мыслительными способностями, эта фаза является благоприятной для решения сложных задач. Интеллектуальный биоритм оказал положительное влияние на успеваемость ученика 21. Физический и эмоциональный биоритм могли препятствовать получению более высокой отметки.

Ученик 22 на уроке 7 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 22 в этот день были следующими: -94,23% - физический, -90,1% - эмоциональный, -61,82% - интеллектуальный. Ученик 22, несмотря на низкие показатели биоритмов, сумел получить положительную отметку 7 ноября 2022 года. Ученик 22 преодолел влияние биоритмов. На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 22 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 22 в этот день были следующими: -88,79% - физический, -97,49% - эмоциональный, -94,5% - интеллектуальный. Ученик 22, несмотря на низкие показатели биоритмов, сумел получить положительную отметку 10 ноября 2022 года. Ученик 22 преодолел влияние биоритмов и получил высокую положительную отметку. На уроке 15 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 22 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 22 в этот день были следующими: 26,98% - физический, -22,25% - эмоциональный, -81,46% - интеллектуальный. Ученик 22, несмотря на низкие показатели биоритмов, сумел получить положительную отметку 15 ноября 2022 года. Ученик 22 преодолел влияние биоритмов и получил отметку «хорошо» за контрольную работу.

Ученик 23 на уроке 7 ноября 2022 года по теме «Момент импульса. Закон сохранения момента импульса» получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 23 в этот день были следующими: 26,98% - физический, 100% - эмоциональный, -75,57% - интеллектуальный. Ученик 23 находится в фазах эмоционального максимума, физического подъема и интеллектуально спала. Эмоциональный и физический биоритмы могли помочь ученику 23 получить положительную отметку, а интеллектуальный биоритм мог противодействовать получению более высокой отметки. На уроке 10 ноября 2022 года по теме «Законы сохранения в механических процессах» ученик 23 получил отметку «отлично». Показатели биоритмов ученика 23 в этот день были следующими: 88,79% - физический, 78,18% - эмоциональный, -98,98% - интеллектуальный. На данном уроке ученик 23 сдал домашнюю работу, часто задавал вопросы учителю и часто отвечал на вопросы учителя, не единожды был внесен вклад в дополнительную отметку. На активность ученика 23 могли повлиять физический и эмоциональный биоритмы. Влияние интеллектуального биоритма ученик 23 сумел преодолеть. На уроке 15 ноября 2022 года по теме «Контрольная работа «Законы сохранения в механических процессах»» ученик 23 получил отметку «хорошо». Показатели биоритмов ученика 23 в этот день были следующими: 63,11% - физический, -22,25% - эмоциональный, -69,01% - ин-

теллектуальный. Ученик 23 хорошо справится с контрольной работой в целом. Ученик 23 преодолел влиянием эмоционального и интеллектуального биоритмов, физический биоритм мог сказаться на работоспособности ученика и помочь получить высокую отметку.

Наблюдение позволило продемонстрировать и убедиться в том, что биоритмы действительно влияют на успеваемость учащихся. Результаты данного наблюдения позволяют сделать вывод о том, что биоритмы человека не действуют сами по себе, каждый биоритм может оказывать влияние на другие. От физического биоритма учащихся зависит их общее состояние, отрицательная фаза данного биоритма может наложить свой отпечаток на эмоциональную и интеллектуальную сферу. И каждый биоритм, подобно физическому биоритму, может оставить свой отпечаток на другие биоритмы. С некоторыми биоритмами учащиеся смогли справиться, но в этом им также помогали другие биоритмы, например, находясь в фазах физического подъема, эмоционального и интеллектуального спада, ученик получал отметку «хорошо» или «отлично», это означает, что физический биоритм помог справиться с влиянием интеллектуального и эмоционального биоритма.

Результаты диагностики типов мышления и креативности

Опрос на определение типов мышления и креативности, разработанный Дж. Брунером, проводился в 10 А классе МБОУ «Гимназия № 13» 14 ноября 2022 года. Данный опрос проводился в обеих группах класса и позволил определить типы мышления учащихся с разным профилем обучения: технологическим профилем и гуманитарным профилем. Опросник содержит в себе 75 вопросов. В опросе на каждый вопрос учащиеся могли ответить положительно и получить 1 балл, или ответить отрицательно и получить 0 баллов. Далее, результаты опросника обрабатываются следующим образом: для определения уровня предметного мышления складываются баллы ответов на 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36, 41, 46, 51, 56, 61, 66, 71 вопросы, для определения уровня символического мышления складываются баллы ответов на 2, 7, 12, 17, 22, 27, 32, 37, 42, 47, 52, 57, 62, 67, 72 вопросы, для определения уровня знакового мышления складываются баллы ответов на 3, 8, 13, 18, 23, 28, 33, 38, 43, 48, 53, 58, 63, 68, 73 вопросы, для определения уровня образного мышления складываются баллы ответов на 4, 9, 14, 19, 24, 29, 34, 39, 44, 49, 54, 59, 64, 69, 74 вопросы, для определения уровня креативности складываются баллы ответов на 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 вопросы. В зависимости от полученных сумм уровни креативности и типа мышления могут быть следующими: низким (если сумма лежит в диапазоне от 0 до 5 баллов), средним (если сумма лежит в диапазоне от 6 до 9 баллов), высоким (если сумма лежит в диапазоне от 10 до 15 баллов).

Цель данной части исследования состоит в том, чтобы определить уровни типов мышления и креативности учащихся 10 А класса для наиболее продуктивной работы с учащимися на занятиях по физике. Задачи данной части исследования состояли в том, чтобы провести опрос среди всех учащихся 10 А класса, обработать полученные результаты, сравнить уровни типов мышления и креативности двух подгрупп 10 А класса: групп технологического профиля и гуманитарного профиля.

Ученик 1 набрал 5 баллов по предметному мышлению, 9 баллов по знаковому мышлению, 9 баллов по символическому мышлению, 9 баллов по образному мышлению и 11 баллов по креативности, что соответствует низкому уровню предметного мышления, среднему уровню знакового, символического и образного мышлений и высокому уровню креативности.

Ученик 2 набрал 11 баллов по предметному мышлению, 7 баллов по символическому мышлению, 6 баллов по знаковому мышлению, 5 баллов по образному мышлению, 7

баллов по креативности, что соответствует высокому уровню предметного мышления, среднему уровню символического и знакового мышлений и креативности и низкому уровню образного мышления.

Ученик 3 набрал 11 баллов по предметному мышлению, 15 баллов по символическому мышлению, 12 баллов по знаковому мышлению, 9 баллов по образному мышлению, 12 баллов по креативности, что соответствует высоким уровням всех типов мышления и креативности.

Ученик 4 набрал 7 баллов по предметному мышлению, 9 баллов по символическому мышлению, 8 баллов по знаковому мышлению, 12 баллов по образному мышлению и 15 баллов по креативности, что соответствует среднему уровню предметного, знакового и символического мышлений и высокому уровню образного мышления и креативности.

Ученик 5 набрал 6 баллов по предметному мышлению, 5 баллов по символическому мышлению, 7 баллов по знаковому мышлению, 3 балла по образному мышлению и 9 баллов по креативности, что соответствует низкому уровню символического и образного мышлений, среднему уровню предметного и знакового мышлений и креативности.

Ученик 6 набрал 11 баллов по предметному мышлению, 5 баллов по символическому мышлению, 9 баллов по знаковому мышлению, 7 баллов по образному мышлению и 6 баллов по креативности, что соответствует низкому уровню символического мышления, среднему уровню знакового и образного мышлений и креативности и высокому уровню предметного мышления.

Ученик 7 набрал 15 баллов по предметному мышлению, 14 баллов по символическому мышлению, 7 баллов по знаковому мышлению, 12 баллов по образному мышлению, 10 баллов по креативности, что соответствует среднему уровню знакового мышления и высокому уровню предметного, символического, образного мышлений и креативности.

Ученик 8 набрал 7 баллов по предметному мышлению, 6 баллов по символическому мышлению, 8 баллов по знаковому мышлению, 11 баллов по образному мышлению и 8 баллов по креативности, что соответствует среднему уровню предметного, символического, знакового мышлений и креативности и высокому уровню образного мышления.

Ученик 9 набрал 5 баллов по предметному мышлению, 3 балла по символическому мышлению, 4 балла по знаковому мышлению, 12 баллов по образному мышлению, 11 баллов по креативности, что соответствует низким уровням предметного, символического, знакового мышления и высокому уровню образного мышления и креативности.

Ученик 10 набрал 9 баллов по предметному мышлению, 14 баллов по символическому мышлению, 8 баллов по знаковому мышлению, 3 балла по образному мышлению, 2 балла по креативности, что соответствует низкому уровню образного мышления и креативности, среднему уровню предметного и знакового мышлений и высокому уровню креативности.

Ученик 11 набрал 10 баллов по предметному мышлению, 15 баллов по символическому мышлению, 9 баллов по знаковому мышлению, 7 баллов по образному мышлению, 6 баллов по креативности, что соответствует среднему уровню образного и знакового мышлений и креативности и высокому уровню предметного и символического мышления.

Ученик 12 набрал 12 баллов по предметному мышлению, 8 баллов по символическому мышлению, 6 баллов по знаковому мышлению, 2 балла по образному мышлению и 5 баллов по креативности, что соответствует низкому уровню образного мышления и креативности, среднему уровню символического и знакового мышлений и высокому уровню предметного мышления.

Ученик 13 набрал 5 баллов по предметному мышлению, 7 баллов по символическому мышлению, 12 баллов по знаковому мышлению, 14 баллов по образному мышлению, 11 баллов по креативности, что соответствует низкому уровню предметного мышления,

среднему уровню символического мышления и высокому уровню знакового и образного мышлений и креативности.

Ученик 14 набрал 4 балла по предметному мышлению, 9 баллов по символическому мышлению, 9 баллов по знаковому мышлению, 7 баллов по образному мышлению, 5 баллов по креативности, что соответствует низкому уровню предметного мышления и креативности, среднему уровню образного, символического, знакового мышлений.

Ученик 15 набрал 13 баллов по предметному мышлению, 6 баллов по символическому мышлению, 12 баллов по знаковому мышлению, 3 балла по образному мышлению и 10 баллов по креативности, что соответствует низкому уровню образного мышления, среднему уровню символического мышления, высокому уровню предметного и знакового мышлений и креативности.

Ученик 16 набрал 7 баллов по предметному мышлению, 9 баллов по символическому мышлению, 9 баллов по знаковому мышлению, 14 баллов по образному мышлению, 13 баллов по креативности, что соответствует среднему уровню предметного, символического и знакового мышлений, высокому уровню образного мышления и креативности.

Ученик 17 набрал 9 баллов по предметному мышлению, 5 баллов по символическому мышлению, 13 баллов по знаковому мышлению, 9 баллов по образному мышлению и 14 баллов по креативности, что соответствует низкому уровню символического мышления, среднему уровню предметного, знакового и образного мышлений и высокому уровню креативности.

Ученик 18 набрал 6 баллов по предметному мышлению, 4 балла по символическому мышлению, 12 баллов по знаковому мышлению, 7 баллов по образному мышлению, 11 баллов по креативности, что соответствует низкому уровню символического мышления, среднему уровню предметного и образного мышлений, высоким уровням знакового мышления и креативности.

Ученик 19 набрал 2 балла по предметному мышлению, 2 балла по символическому мышлению, 7 баллов по знаковому мышлению, 7 баллов по образному мышлению и 7 баллов по креативности, что соответствует низким уровням предметного и символического мышления, средним уровням знакового мышления и образного мышления и креативности.

Ученик 20 набрал 10 баллов по предметному мышлению, 7 баллов по символическому мышлению, 5 баллов по знаковому мышлению, 12 баллов по образному мышлению и 2 балла по креативности, что соответствует низкому уровню знакового мышления и креативности, среднему уровню символического мышления и высокому уровню предметного и образного мышлений.

Ученик 21 набрал 7 баллов по предметному мышлению, 3 балла по символическому мышлению, 9 баллов по знаковому мышлению, 15 баллов по образному мышлению и 12 балла по креативности, что соответствует низкому уровню символического мышления, среднему уровню предметного и знакового мышлений и высокому уровню образного мышления и креативности.

Ученик 22 набрал 4 балла по предметному мышлению, 3 балла по символическому мышлению, 13 баллов по знаковому мышлению, 6 баллов по образному мышлению и 12 баллов по креативности, что соответствует низкому уровню предметного и символического мышлений, среднему уровню образного мышления и высокому уровню знакового мышления и креативности.

Ученик 23 набрал 5 баллов по предметному мышлению, 6 баллов по символическому мышлению, 11 баллов по знаковому мышлению, 8 баллов по образному мышлению и 6 баллов по креативности, что соответствует низкому уровню предметного мышления, среднему уровню символического, образного мышлений и креативности и высокому уровню знакового мышления.

По результатам данного опроса можно сделать вывод о том, что из учащихся 10 А класса с технологическим профилем обучения в составе 12 человек лишь двое учащихся обладают низким уровнем предметного мышления и двое учащихся обладают низким уровнем символического мышления, причём один из данных учащихся обладает низким уровнем предметного мышления и символического мышления одновременно. Из учащихся 10 А класса в составе 11 человек 5 человек обладают низким уровнем предметного мышления и символического мышления, причём двое из данных учащихся обладают низким уровнем предметного мышления и символического мышления одновременно.

Результаты данного опроса подтверждают гипотезу о том, что у учащихся 10 А класса технологического профиля уровень предметного и символического мышления выше, чем у учащихся 10 А класса гуманитарного профиля обучения.

Заключение

В работе проведён педагогический эксперимент по апробации системы подготовки по физике на примере изучения темы по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения. Проведённый педагогический эксперимент по апробации системы подготовки по физике на примере изучения темы по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения в старшей школе дал положительные результаты. Выполнена статистическая обработка результатов педагогического эксперимента по апробации по апробации системы подготовки по физике на примере изучения темы по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения в старшей школе. Поставленные в работе цели и задачи были достигнуты.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что процесс решения систематизированных задач на законы сохранения ориентирован на формирование у учащихся умения использовать фундаментальные законы сохранения во всех разделах физики, и будет более результативным при организации систематического контроля знаний по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения, подтверждена полностью.

По результатам работы можно сформулировать вывод о том, что педагогический эксперимент с использованием системы физических задач по законам сохранения энергии в классе из двух подгрупп разных профилей обучения, дал положительный результат и подтверждает эффективность усвоения темы по законам сохранения в классе из двух подгрупп разных профилей обучения за счёт активизации познавательной активности учащихся.

Список использованных источников

1. Profile habits of mind students in physics learning / E. Susilowati [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. — 2018. — nov. — Vol. 1120. — P. 012055. — URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1120/1/012055>.
2. Kanim Stephen, Cid Ximena C. Demographics of physics education research // Physical Review Physics Education Research. — 2020. — jul. — Vol. 16, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.16.020106>.
3. Commeford Kelley, Brewе Eric, Traxler Adrienne. Characterizing active learning environments in physics using latent profile analysis // Physical Review Physics Education Research. — 2022. — feb. — Vol. 18, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.18.010113>.

4. Detailed emotional profile of secondary education students toward learning physics and chemistry / María Antonia Dávila-Acedo [et al.] // *Frontiers in Psychology*. — 2021. — aug. — Vol. 12. — URL: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.659009>.

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

Original article
PACS 01.40.-d
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Investigation of the elements of the system of profile training in physics in a class from two subgroups of different profiles of education

O. N. Zakharova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted May 5, 2023
Resubmitted May 12, 2023
Published June 5, 2023

Abstract. The results of a pedagogical experiment in physics in a class from two subgroups of different profiles of education are described: a physical and mathematical profile and a humanitarian profile. A pedagogical experiment was carried out to test the system of training in physics on the example of studying a topic on conservation laws in a class from two subgroups of different profiles of education in high school. Statistical processing of the results of a pedagogical experiment on approbation of the system of training in physics was carried out using the example of studying a topic on conservation laws in a class from two subgroups of different profiles of education in a specialized school.

Keywords: physics, pedagogical experiment, profile of education, academic performance, biorhythm

References

1. Profile habits of mind students in physics learning / E. Susilowati [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. — 2018. — nov. — Vol. 1120. — P. 012055. — URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1120/1/012055>.
2. Kanim Stephen, Cid Ximena C. Demographics of physics education research // Physical Review Physics Education Research. — 2020. — jul. — Vol. 16, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.16.020106>.
3. Commeford Kelley, Brewe Eric, Traxler Adrienne. Characterizing active learning environments in physics using latent profile analysis // Physical Review Physics Education Research. — 2022. — feb. — Vol. 18, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.18.010113>.
4. Detailed emotional profile of secondary education students toward learning physics and chemistry / María Antonia Dávila-Acedo [et al.] // Frontiers in Psychology. — 2021. — aug. — Vol. 12. — URL: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.659009>.

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: zkhrevolly@gmail.com

ORCID iD  0000-0003-4052-3212

Web of Science ResearcherID  ABB-9746-2021

Научная статья
УДК 372.853
ББК 22.343
ГРНТИ 29.01.45
ВАК 13.00.02
PACS 01.40.-d
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Исследование элементов системы профильной подготовки по физике в Ундоровском лицее

Э. В. Орлова  ¹

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

Поступила в редакцию 11 апреля 2023 года

После переработки 12 апреля 2023 года

Опубликована 5 июня 2023 года

Аннотация. Описаны результаты педагогического эксперимента по физике в Ундоровском лицее. Проведён педагогический эксперимент по апробации системы профильной подготовки по физике с элементами многоуровневого контроля знаний по физике в классе с углубленным изучением физики. Выполнена статистическая обработка результатов педагогического эксперимента по апробации системы профильной подготовки по физике в Ундоровском лицее.

Ключевые слова: физика, педагогический эксперимент, лицей, система подготовки по физике, молекулярно-кинетическая теория

Введение

В связи с переходом общеобразовательной школы на профильное обучение в старших классах особого внимания заслуживает проблема методического обеспечения курса физики для классов технологических профилей.

В работе рассматриваются результаты педагогического эксперимента по апробации системы профильной подготовки по физике с элементами многоуровневого контроля знаний по физике в классе с углубленным изучением физики в Ундоровском лицее.

Целью исследования являются разработка и научное обоснование системы подготовки по физике в рамках темы по молекулярно-кинетической теории как средства развития школьников по физике, а также рассмотрение методики изучения молекулярно-кинетической теории в курсе физики в профильной школе.

В связи с поставленной целью была сформулирована задачи проведения педагогического эксперимента по апробации системы подготовки по молекулярно-кинетической теории в курсе физики в профильной школе.

¹E-mail: elvira.orlova.2000@mail.ru

Объектом исследования являются процесс обучения физике в старших классах профильной школы в рамках темы по молекулярно-кинетической теории.

Предметом исследования является процесс формирования умения решать задачи по физике в рамках темы по молекулярно-кинетической теории.

Гипотеза исследования состоит в том, что в рамках профильного обучения система подготовки по молекулярно-кинетической теории ориентирован на формирование у учащихся умения использовать уравнения и законы по молекулярно-кинетической теории во всех разделах физики, и будет более результативным при организации систематического контроля знаний по молекулярно-кинетической теории газов.

Научная новизна работы заключается в сочетании применении технологий интенсификации обучения за счёт активизации познавательной активности учащихся при изучении молекулярно-кинетической теории газов в профильной школе.

В качестве методов исследования применяются методические приёмы и способы решения задач на использование уравнений и законов молекулярно-кинетической теории газов в профильной школе.

Теоретическая значимость исследования определяется тем, что теория и методика преподавания физики в профильной школе дополнена системой интенсификации обучения, которая позволяет подготовить учащихся к успешной сдаче единого государственного экзамена по физике. Результаты исследования могут быть использованы в качестве теоретической основы для исследований в области эффективной подготовки по физике в профильной школе.

Практическая ценность исследования состоит в разработке учебно-методической поддержки методики изучения физики на углубленном уровне в профильной школе с опорой на методы интенсификации обучения физике.

Обзор

В статье [1] рассматриваются некоторые аспекты преподавания методов имитационного моделирования студентам и аспирантам. Моделирование становится всё более междисциплинарной деятельностью, а это означает, что студенты, которым необходимо изучить методы моделирования, могут иметь совершенно разный опыт. Кроме того, у них может быть широкий диапазон взглядов на то, что представляет собой интересное применение методов моделирования. Почти всегда успешный курс моделирования включает в себя элемент практической деятельности: всегда необходимо соблюдать баланс между отношением к программному обеспечению моделирования как к «чёрному ящику» и увязанием в вопросах программирования. Поскольку ноутбуки становятся широко доступными, студенты часто хотят забрать программы, чтобы запускать их самостоятельно, и доступ к сырой компьютерной мощности не является ограничивающим фактором, как это было раньше; с другой стороны, программное обеспечение должно быть переносимым и, по возможности, бесплатным. Примеры будут взяты из опыта автора в трех различных контекстах. Ежегодная летняя симуляционная школа для аспирантов, проводимая британской организацией CCR5, в которой практические занятия сочетаются с интенсивной программой лекций, описывающих методологию. Модуль молекулярного моделирования, предоставляемый в рамках центра подготовки докторантов в области наук о жизни в Уорике для студентов, у которых может не быть первой степени в области физических наук. Модуль бакалавриата по физике в Уорике, который также используется студентами других дисциплин, обучающий высокопроизводительным вычислениям, визуализации и написанию сценариев в контексте физического приложения, такого как моделирование методом Монте-Карло.

В статье [2] рассматриваются понятия вида и состояния в химии и молекулярной физике.

Квантовая физика является важной областью научных исследований в области естественнонаучного образования, что отражает высокую актуальность исследований в области квантовой физики и ее технологий во всем мире. В статье [3] сообщается о библиометрическом анализе научной продукции исследовательского сообщества научного образования в области квантовой физики в период с 2000 по 2021 год. В общей сложности 1520 статей, опубликованных в рецензируемых журналах по физике и научному образованию, были получены из баз данных Web of Science и Scopus для проведения библиометрического анализа. Это исследование направлено на то, чтобы предоставить обзор исследований в области образования в области квантовой физики с точки зрения научной продукции, предпочтительных мест публикации, наиболее вовлеченных исследователей и стран (включая сотрудничество) и тем исследований. Основные выводы указывают на постоянное увеличение результатов исследований в области образования в области квантовой физики за последние два десятилетия. Кроме того, они указывают на смещение фокусов исследований. Если раньше публиковались в основном статьи по содержанию преподавания квантовой физики, то в последнее время можно наблюдать повышение актуальности эмпирических исследований по преподаванию и изучению квантовой физики.

Молекулярная наука о жизни является одной из самых быстрорастущих областей научных и технических инноваций, а биотехнология оказывает глубокое влияние на многие аспекты повседневной жизни, часто с глубокими этическими аспектами. В то же время содержание по своей сути является сложным, в высшей степени абстрактным и глубоко укорененным в различных дисциплинах, начиная от «чистых наук», таких как математика, химия и физика, через «прикладные науки», такие как медицина и сельское хозяйство, и заканчивая предметами, которые традиционно входят в компетенцию гуманитарных наук, особенно философии и этики. Вместе эти функции создают разнообразные, важные и интересные задачи для будущих учителей и учебных заведений. Имея опыт исследований в области молекулярных наук о жизни и преподавания вторичных наук о жизни, в статье [4] привнесён различный опыт, точки зрения, опасения и осведомленность об этих проблемах. Взяв за отправную точку характер дисциплины, в статье [4] выделены важные аспекты молекулярной науки о жизни, которые одновременно характерны для этой области и сложны для обучения и образования. Из этих проблем уделяется больше всего внимания содержанию, трудностям рассуждения и проблемам общения. В статье [4] также обсуждаются последствия для образовательных исследований и преподавания в области молекулярных наук о жизни.

Решению проблемы методического обеспечения курса физики для классов технологических профилей посвящены исследования, анализ которых показал, что на сегодняшний день необходима модернизация технологии профильного обучения физике, необходима модернизация технологии формирования физических понятий, необходима модернизация технологии обучения решению физических задач, необходима модернизация технологии формирования экспериментальных умений по физике в классах технологического профиля.

Результаты педагогического эксперимента по физике

Педагогический эксперимент по физике проходил в Ундоровском лицее в период с начала ноября по конец декабря 2022 года в 10 классе. Ученики занимаются физикой по 5 часов в неделю по учебнику Г. Я. Мякишева. В ходе педагогического эксперимента по физике в экспериментальной группе было 18 учеников.

В экспериментальной группе на занятии 1 по теме «Строение газообразных, жидких и твёрдых тел» в ходе проверки знаний были получены 4 отметки «отлично», 8 отметок «хорошо», 5 отметок «удовлетворительно» и 1 отметка «неудовлетворительно», болею-

щих, отсутствующих и неаттестованных учеников не было. Абсолютная успеваемость на занятии 1 составила 94,4 % и находится на оптимальном уровне. Качественная успеваемость на занятии 1 составила 66,7 % находится на оптимальном уровне. Степень обученности учащихся 61,5 % находится на допустимом или конструктивном уровне. Экспериментальное значение хи-квадрат для количества отметок, полученных на занятии 1, составило 11.4, что меньше критического значения хи-квадрат для числа степеней 5 и уровня значимости 0.01, равного 15.086, поэтому проверяемая первая гипотеза подтверждается.

В экспериментальной группе на занятии 2 по теме «Идеальный газ. Тепловое движение молекул» в ходе проверки знаний были получены 6 отметок «отлично», 7 отметок «хорошо», 5 отметок «удовлетворительно» и 0 отметок «неудовлетворительно», болеющих, отсутствующих и неаттестованных учеников не было. Абсолютная успеваемость на занятии 1 составила 100 % и находится на оптимальном уровне. Качественная успеваемость на занятии 1 составила 72.2 % находится на оптимальном уровне. Степень обученности учащихся 68.2 % находится на оптимальном уровне. Экспериментальное значение хи-квадрат для количества отметок, полученных на занятии 2, составило 12.5, что меньше критического значения хи-квадрат для числа степеней 5 и уровня значимости 0.01, равного 15.086, поэтому проверяемая первая гипотеза подтверждается.

В экспериментальной группе на занятии 3 по теме «Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газа» в ходе проверки знаний были получены 3 отметки «отлично», 12 отметок «хорошо», 3 отметки «удовлетворительно» и 0 отметок «неудовлетворительно». Болеющих, отсутствующих и неаттестованных учеников на занятии 3 не было. Абсолютная успеваемость на занятии 1 составила 100 % и находится на оптимальном уровне. Качественная успеваемость на занятии 1 составила 83.3 % находится на оптимальном уровне. Степень обученности учащихся 65.3 % находится на оптимальном уровне. Экспериментальное значение хи-квадрат для количества отметок, полученных на занятии 1, составило 27, что больше критического значения хи-квадрат для числа степеней 5 и уровня значимости 0.01, равного 15.086, поэтому методические материалы, использовавшиеся для проведения занятия 3, требуют доработки.

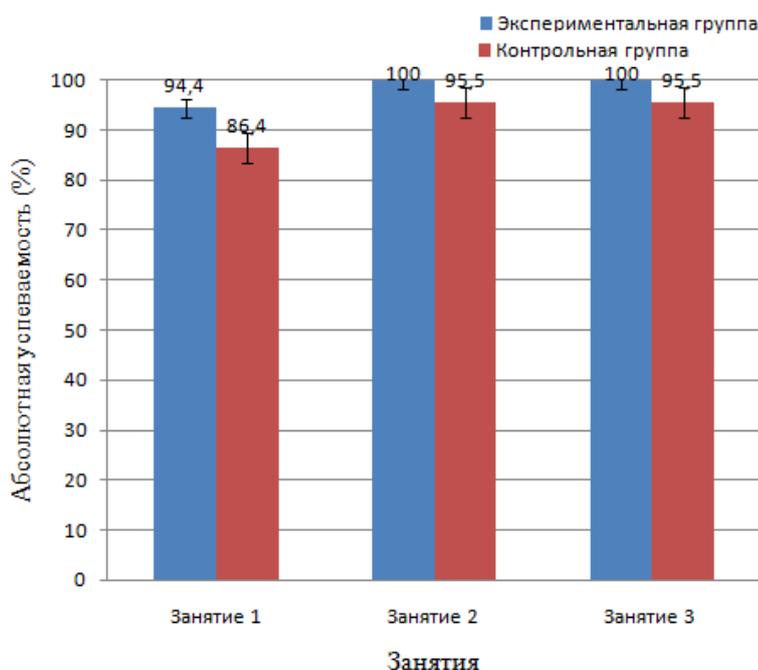


Рис. 1. Результаты абсолютной успеваемости учеников экспериментальной и контрольной групп в ходе педагогического эксперимента по физике.

На рис. 1 представлены результаты абсолютной успеваемости учеников экспериментальной и контрольной групп в ходе педагогического эксперимента по физике.

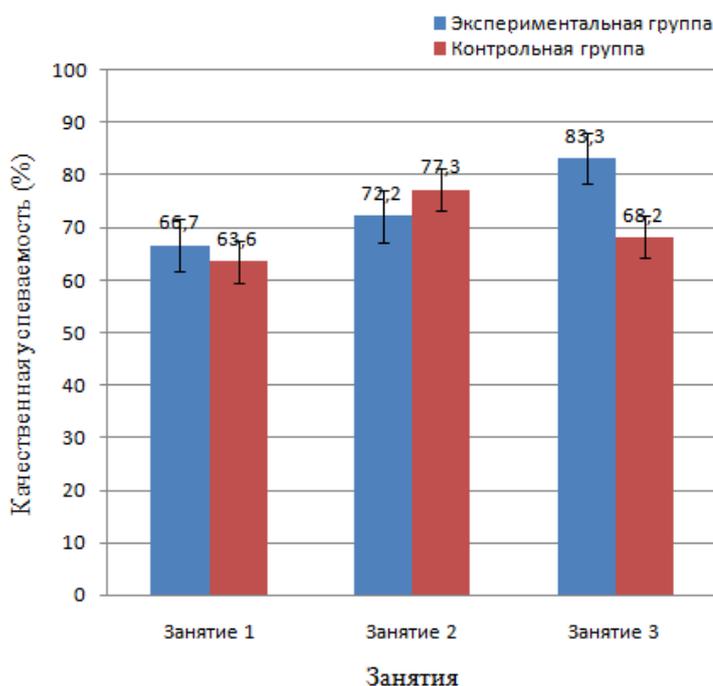


Рис. 2. Результаты качественной успеваемости учеников экспериментальной и контрольной групп в ходе педагогического эксперимента по физике.

На рис. 2 представлены результаты качественной успеваемости учеников экспериментальной и контрольной групп в ходе педагогического эксперимента по физике.

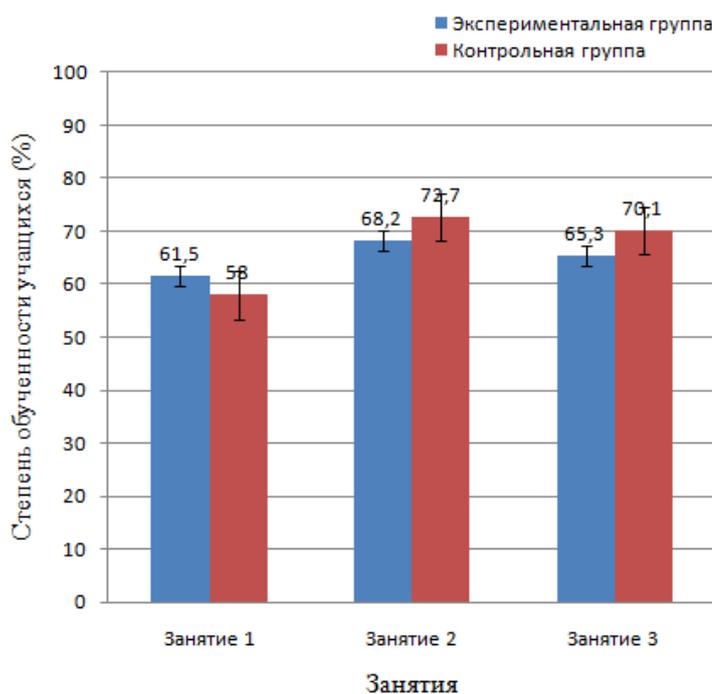


Рис. 3. Результаты степени обученности учащихся экспериментальной и контрольной групп в ходе педагогического эксперимента по физике.

На рис. 3 представлены результаты степени обученности учащихся экспериментальной и контрольной групп в ходе педагогического эксперимента по физике.

В качестве контрольной группы выбран 10 В класс лицея ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова» в 2022-2023 учебном году.

В контрольной группе на занятии 1, проведённом 27.01.2023 (1 час из двух), по теме «Агрегатные состояния вещества. Строение газообразных, жидких и твёрдых тел» получены 5 отметок «отлично», 9 отметок «хорошо», 5 отметок «удовлетворительно» и 0 отметок «неудовлетворительно», 3 ученика отсутствовали на занятии и были не аттестованы. Абсолютная успеваемость на занятии 1 составила 86.4 % и находится на допустимом уровне. Качественная успеваемость на занятии 1 составила 63.6 % находится на оптимальном уровне. Степень обученности учащихся на занятии 1 равна 58.0 % и находится на допустимом или конструктивном уровне. В контрольной группе на занятии 1 высший уровень требований равен 57.1 %. В контрольной группе на занятии 1 средний уровень требований равен 32.9 %. В контрольной группе на занятии 1 низший уровень требований равен 15.6 %. Среднее арифметическое значение отметок, полученных на занятии 1, равно 3.45. Экспериментальное значение хи-квадрат для количества отметок, полученных на занятии 1, составило 9.818, что меньше критического значения хи-квадрат для числа степеней 5 и уровня значимости 0.01, равного 15.086, поэтому проверяемая первая гипотеза подтверждается.

В контрольной группе на занятии 2, проведённом 8.02.2023, по теме «Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Клапейрона-Менделеева» получены 10 отметок «отлично», 7 отметок «хорошо», 4 отметки «удовлетворительно», 0 отметок «неудовлетворительно», 1 ученик отсутствовал на занятии и был не аттестован. Абсолютная успеваемость на занятии 2 составила 95.5 % и находится на оптимальном уровне. Качественная успеваемость на занятии 2 составила 77.3 % находится на оптимальном уровне. Степень обученности учащихся на занятии 2 составила 72.7 % находится на оптимальном уровне. В контрольной группе на занятии 2 высший уровень требований равен 72.4 %. В контрольной группе на занятии 2 средний уровень требований равен 43.5 %. В контрольной группе на занятии 2 низший уровень требований равен 22.2 %. Среднее арифметическое значение отметок, полученных на занятии 2, равно 4.09. Экспериментальное значение хи-квадрат для количества отметок, полученных на занятии 2, составило 15.727, что больше первого критического значения хи-квадрат для числа степеней 5 и уровня значимости 0.01, равного 15.086, но меньше второго критического значения хи-квадрат для числа степеней 5 и уровня значимости 0.005, равного 16.7496, следовательно, результаты находятся в зоне неопределённости, поэтому необходимо совершенствование материалов занятия.

В контрольной группе на занятии 3, проведённом 8.02.2023, по теме «Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Среднее значение квадрата скорости молекул» получены 10 отметок «отлично», 5 отметок «хорошо», 6 отметок «удовлетворительно», 0 отметок «неудовлетворительно», 1 ученик отсутствовал на занятии и был не аттестован. Абсолютная успеваемость на занятии 3 составила 95.5 % и находится на оптимальном уровне. Качественная успеваемость на занятии 3 составила 68.2 % находится на оптимальном уровне. Степень обученности учащихся на занятии 3 составила 70.1 % находится на оптимальном уровне. В контрольной группе на занятии 3 высший уровень требований равен 69.8 %. В контрольной группе на занятии 3 средний уровень требований равен 41.6 %. В контрольной группе на занятии 3 низший уровень требований равен 21.1 %. Среднее арифметическое значение отметок, полученных на занятии 3, равно 4.0. Экспериментальное значение хи-квадрат для количества отметок, полученных на занятии 3, составило 14.818, что меньше критического значения хи-квадрат для числа степеней 5 и уровня значимости 0.01, равного 15.086, поэтому проверяемая первая гипотеза подтверждается.

Заключение

Проведённый педагогический эксперимент по апробации системы профильной подготовки по физике с элементами многоуровневого контроля знаний по физике в классе с углубленным изучением физики дал положительные результаты. Выполнена статистическая обработка результатов педагогического эксперимента по апробации системы профильной подготовки по физике в Ундоровском лицее.

Ученики в профильной школе будут лучше воспринимать и усваивать информацию по физике, если выполнение физического эксперимента будет адаптировано или максимально приближено к реальной жизни (например, учитель объясняет, когда это физическое явление случается в повседневной жизни). Полноту решения задачи сложно оценивать, ведь это напрямую зависит от того, как педагог сможет заинтересовать учеников и в достаточной ли понятной мере преподнесёт материал по физике. Поэтому в профильной школе не должно быть только одного способа решения физических задач — для каждого класса, для каждой задачи должно предлагаться своё решение. В целом же, обучение физике с элементами многоуровневого контроля знаний по физике в классе с углубленным изучением физики не только помогает эффективно усваивать материал по физике, но и развивает у учащихся интерес к физике, а также может стать полезным для их дальнейшей профессиональной деятельности. Необходимо использовать различные методы обучения физике, чтобы ученики могли самостоятельно научиться решать задачи по физике, а не просто заучивать решения задач. Поэтому очень важно, чтобы учитель сам был увлечён темой, разбирал материал с учениками на разных уровнях и рассказывал о физических явлениях доступным языком. Это позволит сделать процесс обучения физике интереснее, а также повысит мотивацию к изучению физики в профильной школе. В качестве домашнего задания можно предложить выполнить некоторые физические опыты, но не ставить целью с их помощью решить поставленную задачу.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что в рамках профильного обучения система подготовки по молекулярно-кинетической теории ориентирован на формирование у учащихся умения использовать уравнения и законы по молекулярно-кинетической теории во всех разделах физики, и будет более результативным при организации систематического контроля знаний по молекулярно-кинетической теории газов, подтверждена полностью.

Список использованных источников

1. Allen Michael P. Educational aspects of molecular simulation // *Molecular Physics*. — 2007. — jan. — Vol. 105, no. 2-3. — P. 157–166. — URL: <https://doi.org/10.1080/00268970601138721>.
2. Goodfriend P. L. Concepts of species and state in chemistry and molecular physics // *Journal of Chemical Education*. — 1966. — feb. — Vol. 43, no. 2. — P. 95. — URL: <https://doi.org/10.1021/ed043p95>.
3. Bitzenbauer Philipp. Quantum physics education research over the last two decades: a bibliometric analysis // *Education Sciences*. — 2021. — nov. — Vol. 11, no. 11. — P. 699. — URL: <https://doi.org/10.3390/educsci11110699>.
4. Tibell Lena A.E., Rundgren Carl-Johan. Educational challenges of molecular life science: characteristics and implications for education and research // *CBE—Life Sciences Education*. — 2010. — mar. — Vol. 9, no. 1. — P. 25–33. — URL: <https://doi.org/10.1187/cbe.08-09-0055>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: elvira.orlova.2000@mail.ru

ORCID iD  0000-0003-2842-0886

Web of Science ResearcherID  ABB-9740-2021

Original article
PACS 01.40.-d
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Investigation of the elements of the system of specialized training in physics at the Undors Lyceum

E. V. Orlova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted April 11, 2023

Resubmitted April 12, 2023

Published June 5, 2023

Abstract. The results of a pedagogical experiment in physics at the Undors Lyceum are described. A pedagogical experiment was carried out to test the system of profile training in physics with elements of multi-level control of knowledge in physics in a class with profile study of physics. Statistical processing of the results of a pedagogical experiment on approbation of the system of profile training in physics at the Undors Lyceum has been carried out.

Keywords: physics, pedagogical experiment, lyceum, physics training system, molecular kinetic theory

References

1. Allen Michael P. Educational aspects of molecular simulation // *Molecular Physics*. — 2007. — jan. — Vol. 105, no. 2-3. — P. 157–166. — URL: <https://doi.org/10.1080/00268970601138721>.
2. Goodfriend P. L. Concepts of species and state in chemistry and molecular physics // *Journal of Chemical Education*. — 1966. — feb. — Vol. 43, no. 2. — P. 95. — URL: <https://doi.org/10.1021/ed043p95>.
3. Bitzenbauer Philipp. Quantum physics education research over the last two decades: a bibliometric analysis // *Education Sciences*. — 2021. — nov. — Vol. 11, no. 11. — P. 699. — URL: <https://doi.org/10.3390/educsci11110699>.
4. Tibell Lena A.E., Rundgren Carl-Johan. Educational challenges of molecular life science: characteristics and implications for education and research // *CBE—Life Sciences Education*. — 2010. — mar. — Vol. 9, no. 1. — P. 25–33. — URL: <https://doi.org/10.1187/cbe.08-09-0055>.

Information about authors:

Elvira Viacheslavovna Orlova — 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: elvira.orlova.2000@mail.ru

ORCID iD  0000-0003-2842-0886

Web of Science ResearcherID  ABB-9740-2021

Секция 2

Физико-математические науки

Научная статья
УДК 53.01
ББК 22.31
ГРНТИ 29.01.45
ВАК 01.04.15
PACS 01.40.Di
OCIS 310.6628
MSC 00A79

Онлайн-курс по физическим основам нанотехнологии

К. К. Алтунин ¹

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

Поступила в редакцию 7 апреля 2023 года
После переработки 12 апреля 2023 года
Опубликована 5 июня 2023 года

Аннотация. Представлены результаты разработки онлайн-курса по физическим основам нанотехнологии. Произведено описание разработки избранных элементов онлайн-курса по физическим основам нанотехнологии при помощи инструментария Google Classroom. Онлайн-курс по физическим основам нанотехнологии, созданный при помощи инструментария Google Classroom, можно использовать для информационного обеспечения смешанного обучения студентов при изучении физических основ нанотехнологии, а также для визуализации процесса обучения нанотехнологиям. Использование элементов контроля онлайн-курса по физическим основам нанотехнологии позволит систематизировать контроль теоретических знаний по физическим основам нанотехнологии.

Ключевые слова: нанотехнологии, курс по нанотехнологии, курс, онлайн-курс, материал курса, лекция, тест, задание

¹E-mail: kostya_altunin@mail.ru

Введение

В связи с интенсивным развитием различных системы дистанционного обучения становится актуальной задача разработки информационного обеспечения и сопровождения курса по физическим основам нанотехнологии. В работе рассматривается процесс разработки онлайн-курса по физическим основам нанотехнологии.

В работе рассматриваются результаты процесса создания онлайн-курса по физическим основам нанотехнологий.

Целью работы является исследование современных и перспективных технологий создания дистанционных курсов по физическим основам нанотехнологий.

Задачи исследования:

1. написание обзора по основам нанотехнологии и наноэлектроники,
2. создание модульной структуры онлайн-курса по физическим основам нанотехнологий,
3. наполнение тематическим содержанием элементов онлайн-курса по физическим основам нанотехнологий,
4. создание элементов контроля онлайн-курса по физическим основам нанотехнологий,
5. разработка системы тестов, заданий, семинаров онлайн-курса по физическим основам нанотехнологий для добавления новых теоретических сведений по физическим основам нанотехнологий в образовательный процесс в университетах.

Объектом исследования является онлайн-курс по физическим основам нанотехнологий. Предметом исследования является содержательные и методические аспекты создания онлайн-курса по физическим основам нанотехнологий.

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать комбинацию создания дистанционных курсов по физическим основам нанотехнологий, то можно организовать информационную поддержку изучения нанотехнологий в университетах.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что разработка онлайн-курса по физическим основам нанотехнологий будет способствовать новой методологии проектирования курса по физическим основам нанотехнологий в педагогическом университете. Практическая значимость заключается в том, что результаты разработки онлайн-курса по физическим основам нанотехнологий могут быть применены для модернизации и совершенствования учебного процесса студентов педагогических направлений подготовки по учебным дисциплинам, связанным с изучением нанотехнологий.

В качестве методов исследования используются информационные и компьютерные методы создания и модернизации дистанционных курсов. В качестве материалов используются материалы, описывающие физические процессы современных и перспективных нанотехнологий.

Обзор работ по основам нанотехнологии и наноэлектроники

В статье [1] даётся последовательный обзор захватывающей области и сложных областей исследований в мезоскопической физике и наноэлектронике. Выясняется объединяющая роль теории S -матрицы или языка квантовой механики «вход-квантовый процесс-выход» в формулировке квантового переноса в мезоскопической физике и наноэлектронике с применением теории S -матрицы, не зависящей от времени, к мезоскопическим системам и двойным Теория S -матрицы, зависящая от времени по оси времени, в сочетании с решёточной формулировкой Вейля-Вигнера квантовой динамики электронов в твердых телах применительно к сильно нелинейным, далёким от

равновесия и высокоскоростным нанoeлектронным устройствам. В стационарном состоянии и близком к равновесию два независимых состава дают эквивалентные результаты. Технологическое влияние подхода с квантовой функцией распределения многих тел (типичным примером которого является функция распределения Вигнера) демонстрируется полным переходом от уровня базовой нелинейной квантовой физики переноса к инженерному инструменту автоматизированного проектирования интегральных схем. Это делается при выводе модели эквивалентной схемы для устройств резонансного туннелирования, которая включает квантовую индуктивность. В статье [1] основное внимание уделяется основным разработкам в области квантового транспорта, вычислительной нанoeлектроники, новым концепциям устройств и новым физическим явлениям транспорта, обнаруженным в наноструктурах, с потенциальными приложениями в устройствах и интегральных схемах, которые, как считается, окажут значительное влияние на будущие разработки нанoeлектроники.

В статье [2] описан ряд новых методов нанofабрикации, основанных на монослойных технологиях, биомиметических принципах, межфазных реакциях и взаимодействиях, которые позволили создавать новые стабильные воспроизводимые планарные одномерные и двумерные массивы из стабилизированных нанокластеров и наночастиц на твёрдых подложках. Кластеры, наночастицы, нанопроволоки, длинные молекулы в виде нанотрубок и полинуклеотидов, а также функциональные надмолекулярные наноструктуры в настоящее время рассматриваются как потенциальные строительные блоки для нанотехнологий и нанoeлектронных устройств и схем, а также для разработки и внедрения новых методов эффективного управления их структурой, составом и наномасштабом. организации необходимы. В статье [2] описывается ряд новых методов нанofабрикации, основанных на методах монослоя, биомиметических принципах, межфазных реакциях и взаимодействиях. Методы позволили получать новые стабильные воспроизводимые планарные одномерные и двумерные массивы из стабилизированных нанокластеров и наночастиц на твёрдых подложках, ультратонкие полимерные наноразмерно-упорядоченные монослойные и многослойные квазикристаллические и нанокompозитные плёнки, планарные полимерные комплексные пленки с интегрированными ДНК и неорганические строительные блоки в виде квазилинейных массивов полупроводников и наночастиц оксида железа и нанопроводов. Просвечивающая электронная микроскопия, методы сканирующей туннельной микроскопии и атомной силовой микроскопии использовались для характеристики изготовленных наноструктур. Эффекты, связанные с дискретным туннелированием электронов, наблюдались в монослоях нанокластеров и малых наночастиц золота при комнатной температуре с помощью сканирующей туннельной микроскопии.

В статье [3] предлагается новый трёхмерный нанoeлектронный строительный блок (3DnanoBB) для поперечных наноструктурной интегральной схемы, который можно использовать для создания массивов памяти. Значительный прогресс был достигнут в различных приложениях нанотехнологий. Статья [3] посвящена перспективным исследованиям в области трёхмерной нанoeлектроники и наноИС. Быстрая миниатюризация электроники до наноразмеров была ключевой силой, а нанoeлектроника — это рубеж двадцать первого века. За последние несколько лет был достигнут значительный прогресс в различных приложениях нанотехнологий к нанoeлектронике. В последние годы были достигнуты значительные успехи в производстве и демонстрации молекулярных проводов, диодных переключателей, одноэлектронных транзисторов, квантовых точек. Однако фундаментальные и прикладные разработки в области трёхмерной нанoeлектроники и наноструктурных интегральных схем отстают от экспериментальных исследований. Изготовление, тестирование и определение характеристик различных наноструктур (транзисторов и межсоединений из углеродных нанотрубок, кремниевых

нанопроводов, молекулярных транзисторов, квантовых точек и др.) приводят к возможности их применения в трёхмерных наноструктурных интегральных схемах (3DnanoIC). В статье [3] предлагается разработать трехмерные строительные блоки нанoeлектроники (3DnanoBB) и проиллюстрировать их применение в поперечных наноструктурных интегральных схемах. Используя различные 3DnanoBB и 3DnanoFabrics, можно проектировать функциональные 3DnanoIC и массивы памяти с применением предложенной парадигмы наноархитектуры. На самом деле, одним из наиболее многообещающих направлений, которое приведет к прогрессу в бенчмаркинге, является синтез, проектирование и анализ трёхмерных наноструктурных интегральных схем сверхвысокой плотности (Super3DnanoIC).

В статье [4] описаны два недавно разработанных курса по нанотехнологиям в контексте общеобразовательных требований университетов, включая спекание нано-серебра и перколяцию углеродных нанотрубок. Два недавно разработанных курса по нанотехнологиям описываются в контексте общеобразовательных требований университета. Лабораторный курс для студентов старших курсов в основном сосредоточен на приготовлении и свойствах ультратонких прерывистых золотых плёнок, осажденных в вакууме на стекле (то есть структурно-зависимых электрических и оптических свойствах), но также включает эксперименты по спеканию нано-серебра и перколяция нанотрубок. Курс моделирования нанoeлектроники для младших классов использует LT-SPICE и действует как факультатив для специальностей естественно-научного профиля и факультатив по общим исследованиям для неспециалистов. Моделирование охватывает основные схемы, перколяцию углеродных нанотрубок, туннелирование электронов, туннельные диоды, одноэлектронные транзисторы, квантовые автоматы, наносенсоры и мемристоры.

В статье [5] обсуждаются потенциальные преемники кремниевой КМОП-технологии, а также прорывные технологии, основанные на нанотехнологиях, которые будут способствовать дальнейшему развитию технологии интегральных схем. Ожидается, что будущие миниатюрные устройства, выходящие за пределы эры закона Мура для кремния, будут опираться на новые оригинальные методы реализации пространственно контролируемых и высокофункциональных наноразмерных компонентов, синтезированных с помощью недорогой химии.

В статье [6] рассмотрена ситуация на рынке дешевых ноутбуков и в сегменте суперкомпьютеров и показаны возможные направления дальнейшего обновления элементной базы нанoeлектроники. Дана краткая характеристика роли электронной техники в информационном обществе, состоянии и перспективах её развития. Рассмотрена ситуация на рынке дешевых ноутбуков и в сегменте суперкомпьютеров. В статье [6] показаны возможные направления дальнейшей модернизации элементной базы нанoeлектроники. Приведена информация о состоянии работ по изготовлению интегральных микросхем по технологическим нормам 32, 45, 51 и 55 нм.

В статье [7] авторы обобщают некоторые из самых последних кремниевых инноваций, сделанных для передовых КМОП-транзисторов в эпоху нанотехнологий для высокоскоростных и энергоэффективных цифровых приложений сверхбольших интегральных схем. В работе [7] сначала будут обобщены некоторые из самых последних кремниевых инноваций, сделанных для передовых КМОП-транзисторов в эпоху нанотехнологий для высокоскоростных и энергоэффективных цифровых приложений сверхбольших интегральных схем. Ожидается, что благодаря этим кремниевым нанотехнологиям тенденции масштабирования и повышения производительности КМОП будут расширяться и сохраняться в следующем десятилетии. Кроме того, был достигнут значительный прогресс и возник большой интерес к исследованиям некремниевых материалов и их интеграции в большие кремниевые пластины для повышения производительности ин-

тегральных схем, обеспечения большего количества функций и снижения рассеиваемой мощности. Например, составные полупроводники III-V и их интеграция в кремний в настоящее время изучаются для будущих высокоскоростных и сверхмаломощных цифровых КМОП-приложений. Новые наноматериалы и нанотехнологии, такие как нанотрубки, нанопроволоки и наноленты, а также новые области, такие как устройства без заряда и спинтроника, изучаются для будущих приложений для вычислений и хранения данных. Кроме того, некоторые из этих наноустройств находят потенциальное применение в других важных областях, таких как здоровье и окружающая среда, преобразование и хранение энергии, бытовая электроника, устройства связи, датчики и так далее. В работе [7] будут обсуждаться результаты исследований этих новых нанотехнологий и нанoeлектронных устройств, а также проблемы и возможности объединения нанoeлектроники «сверху вниз» и «снизу вверх».

В статье [8] показано, что трёхмерное изображение с атомарным разрешением возможно для просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения с использованием линз и монохроматоров с коррекцией аберраций. Качество изображения в электронной микроскопии часто страдает от аберраций объектива. В результате аберраций объектива критическая информация оказывается искажённой на атомном уровне в просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения. В сканирующей просвечивающей электронной микроскопии резко снижается пространственное разрешение изображений и качество спектроскопических данных. С недавним появлением линз и монохроматоров с исправлением аберраций новые захватывающие изображения с пространственным разрешением менее 0.1 нм теперь регистрируются регулярно, а данные о потерях энергии электронов используются для определения местоположения отдельного атома в атомной колонке. В результате уменьшенной глубины фокуса линзы с коррекцией аберраций, используемой в сканирующей просвечивающей электронной микроскопии, мечта о трёхмерном атомном разрешении стала на один шаг ближе, и для просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения было показано, что трёхмерное изображение с атомарное разрешение возможно. Однако понимание визуализации и спектроскопии в просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения и сканирующей просвечивающей электронной микроскопии по-прежнему требует уточнённого моделирования лежащих в основе процессов рассеяния электронов с помощью многослойного моделирования изображений. Поскольку исследования в области физики и технологии нанoeлектронных устройств уже перешли к затворам транзисторов с длиной затвора менее 10 нм, потребность в хорошо изученных изображениях и спектроскопии в наноразмерах уже возникла. К счастью, нанопроволоки и другие нанотехнологические материалы служат полезными тестовыми образцами, а также потенциальными материалами для будущей нанoeлектроники. Это позволяет на раннем этапе разрабатывать методы микроскопии, которые будут использоваться для исследования будущих поколений интегральных схем.

В статье [9] представлены результаты, полученные с использованием этих конфигураций в нескольких областях микроэлектроники или нанотехнологий, таких как функционализация поверхностей кремния для биологических приложений; показано исследование эффективности прививки и проверка различных процессов, модифицирующих концевые функциональные группы; и характеристика материалов с высоким показателем преломления, предназначенных для замены оксидов кремния затвора с технологическим узлом 32 нм. Инфракрасная спектроскопия — это метод характеристики, который широко используется для наблюдения сигнатур молекулярных колебаний. Используя определённую оптическую конфигурацию, такую как многократное внутреннее отражение или ослабленное полное отражение, можно усилить сигнал от сверхтонких слоев или от загрязняющих веществ с низкой концентрацией. Объяснены причины повыше-

ния чувствительности благодаря этим оптическим схемам. Преимущества этих методов подчёркиваются, показывая широкий спектр приложений, в которых они используются. В статье [9] представлены результаты, полученные с использованием этих конфигураций в нескольких областях микроэлектроники или нанотехнологии: силанизация поверхностей кремния разрабатывается для биологических приложений; показано исследование эффективности прививки и проверка различных процессов, модифицирующих концевые функциональные группы; характеристика материалов с высоким показателем преломления, предназначенных для замены оксидов кремния затвора с технологическим узлом 32 нм.

В статье [10] описывается общая политика проектирования нанoeлектронных систем, показывающая, как можно использовать определенные свойства квантовых устройств, а не противодействовать им, вводя нетрадиционные подходы к проектированию. В статье [10] описывается общая политика проектирования нанoeлектронных систем, показывая, как можно использовать определенные свойства квантовых устройств, а не противодействовать им, вводя нетрадиционные подходы к проектированию. Более подробно описаны идеи схем одноэлектронного туннелирования как компонентов нейронных сетей. Утверждается, что ортодоксальная теория одноэлектронных устройств не подходит для проектирования и моделирования схем и требует пересмотра. В статье [10] дан обзор схем одноэлектронного туннелирования.

В статье [11] представлена новая технологическая схема изготовления электронных и электромеханических устройств с одностенными углеродными нанотрубками, где метод рамановской визуализации использовался для мониторинга самого процесса изготовления и для последующего наблюдения за модификациями интегрированных нанотрубок во время обработки. Во-первых, расширенные рамановские изображения использовались для определения местоположения нанотрубок относительно эталонных маркеров выравнивания, позволяющих отличить полупроводниковые нанотрубки от металлических углеродных до электрического контакта с ними. Во-вторых, в статье [11] использовали рамановскую визуализацию для мониторинга отдельных этапов процесса. В статье [11] показано, что сигнал режима радиального дыхания очень чувствителен к стандартным процессам, используемым для контакта с отдельными нанотрубками. Кроме того, в статье [11] заключается, что травление HF для высвобождения нанотрубок приводит к значительному увеличению D -линии, индуцированной дефектами.

В статье [12] рассмотрена динамика плазмы в наноразмерных металлодиэлектрических структурах и разработаны схемные модели для наноустройств и схем с потенциальными плазменными волнами. Представлены схемные представления поверхностно-плазмонных волноводов, нанoантенн и генераторов поверхностных плазмонов на основе нарушенного полного отражения. В структурах металл-изолятор-металл туннелирование также возбуждает поверхностные плазмонные волны, и эквивалентная схема, представленная в статье [12], помогает разработать схемы, использующие поверхностные плазмонные волны. Эти нанoeлектронные схемы могут повлиять на будущее терагерцовой и инфракрасной электроники.

Результаты разработки структуры и элементов дистанционного курса по физическим основам нанотехнологий

Учебная дисциплина по физическим основам нанотехнологии изучается во втором семестре студентами магистратуры, обучающимися по направлению подготовки 44.04.01 Педагогическое образование, направленность образовательной программы «Организация научно-технического творчества молодежи». На учебную дисциплину по физическим основам нанотехнологии отведено лекций в объёме 2 часа и лабораторных занятий в объёме 16 часов. Предусмотрена также выполнение одной контрольной работы. На вы-

полнение контрольной работы отводится 2 часа. Основной формой итогового контроля и оценки знаний студентов по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» является зачёт во втором семестре.

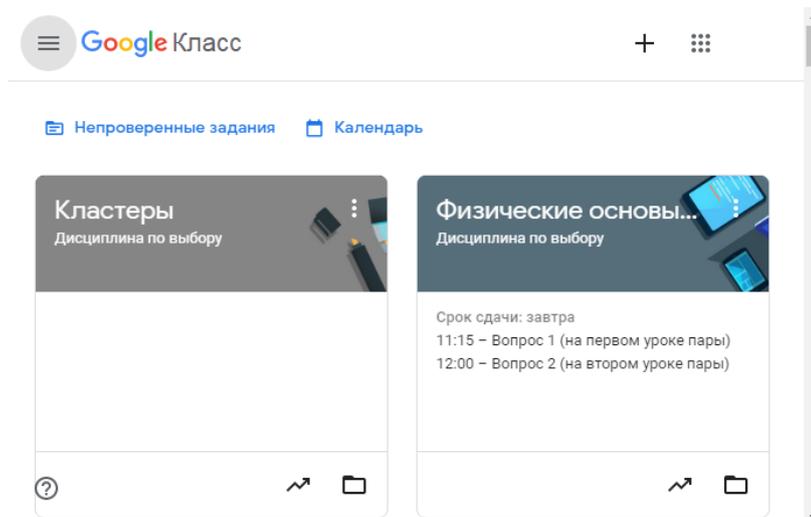


Рис. 1. Входная страница курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 1 приведено изображение входной страницы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom. Входная страница дистанционного курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» содержит информацию о названии курса, краткое описание курса, эмблему курса, текущие задания курса.

Первой темой учебной дисциплины «Физические основы нанотехнологии» является тема, связанная с изучением методов и физических принципов нанотехнологии. Второй темой учебной дисциплины «Физические основы нанотехнологии» является тема, связанная с изучением физики и технологии изготовления полупроводниковых квантово-размерных систем пониженной размерности. Третьей темой учебной дисциплины «Физические основы нанотехнологии» является тема, связанная с изучением физических свойств сверхрешёток и размерного квантования в сверхрешётках. Четвёртой темой учебной дисциплины «Физические основы нанотехнологии» является тема, связанная с изучением квантовых эффектов в квантово-размерных системах пониженной размерности и квантового эффекта Холла.

На рис. 2 приведено изображение календаря с текущими заданиями курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 3 приведено изображение ленты курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 4 приведено изображение элементов первой темы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 5 приведено изображение страницы с материалом, содержащим понятие о нанокompозитах, в составе курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 6 приведено изображение вопроса 1 из первой темы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

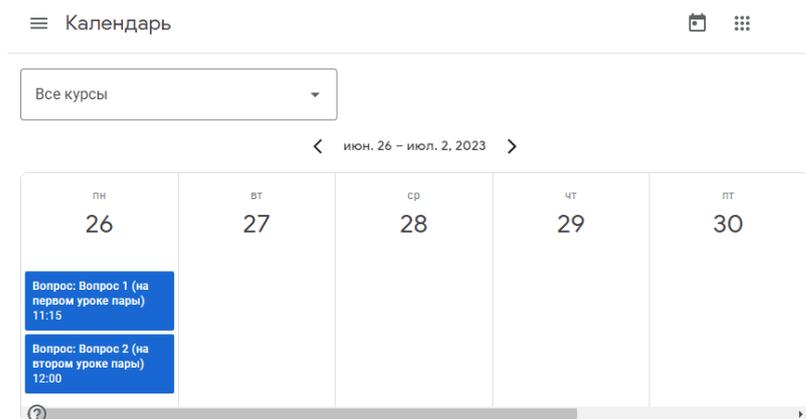


Рис. 2. Календарь с текущими заданиями курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

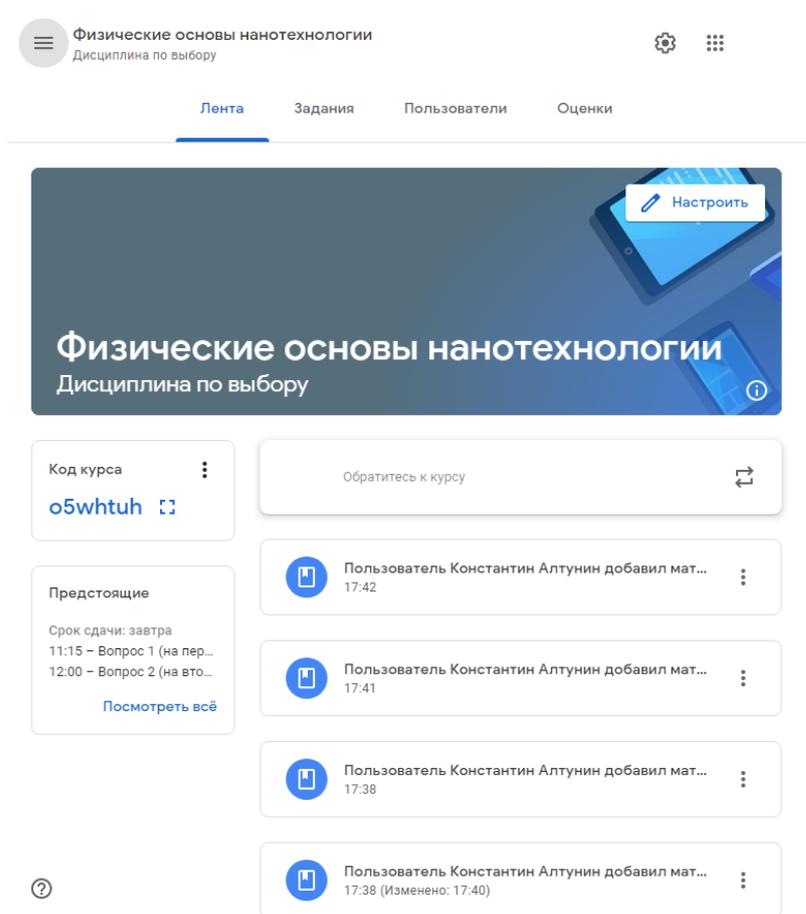


Рис. 3. Лента курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 7 приведено изображение вопроса 2 из первой темы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 8 приведено изображение элементов второй темы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 9 приведено изображение страницы с материалом по элементам зонной тео-

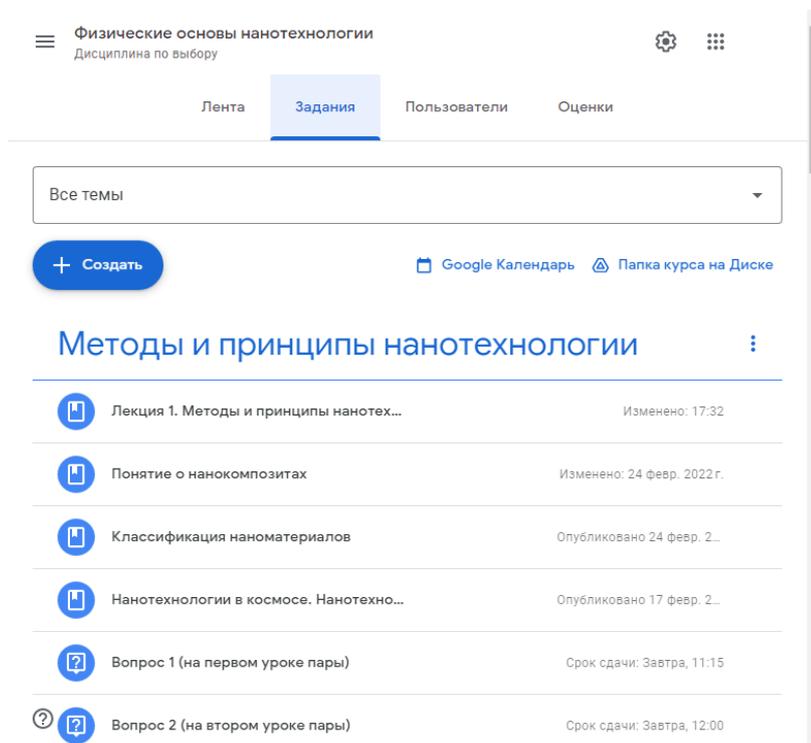


Рис. 4. Элементы первой темы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

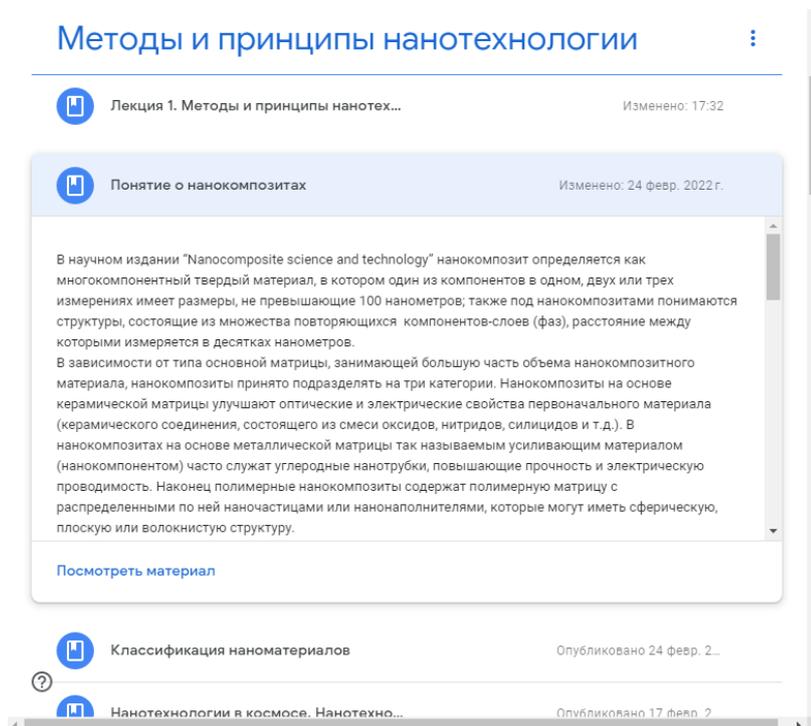


Рис. 5. Материал, содержащий понятие о нанокompозитах, в составе курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

рии твёрдого тела в составе курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 10 приведено изображение страницы с избранными элементами третьей темы

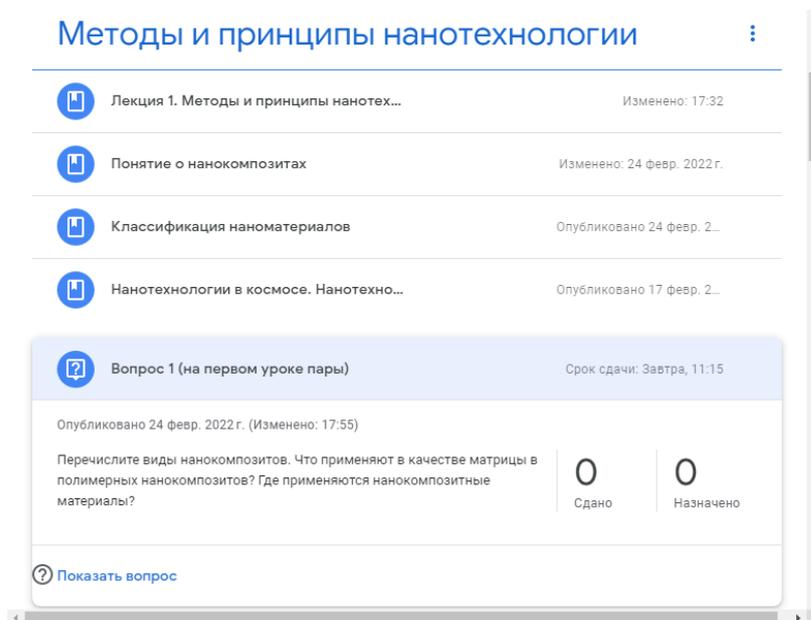


Рис. 6. Вопрос 1 из первой темы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

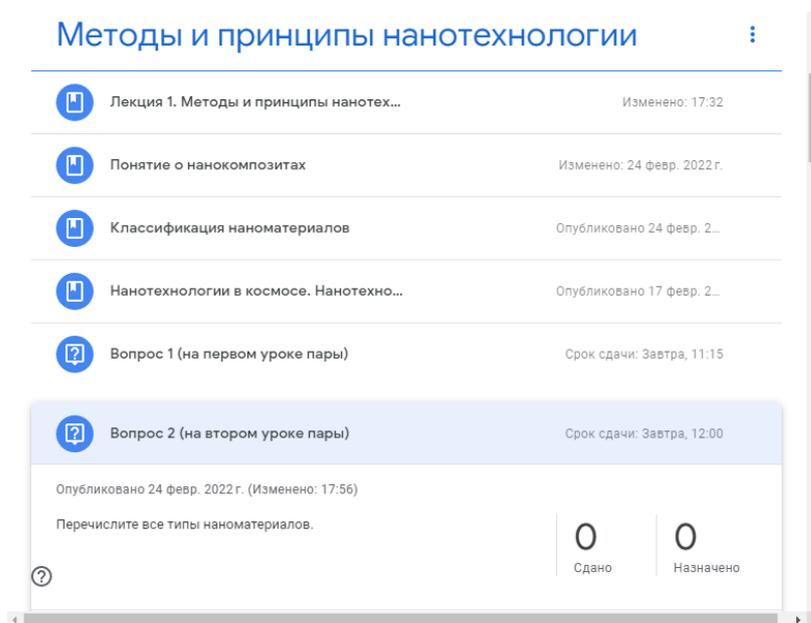


Рис. 7. Вопрос 2 из первой темы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 11 приведено изображение страницы с избранными элементами четвертой темы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

Первая лекция по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» посвящена изучению методов и принципов нанотехнологии. В составе учебной дисциплины «Физические основы нанотехнологии» предусмотрена только одна лекция.

Первое лабораторное занятие по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» посвящено изучению физических свойств полупроводниковых квантово-

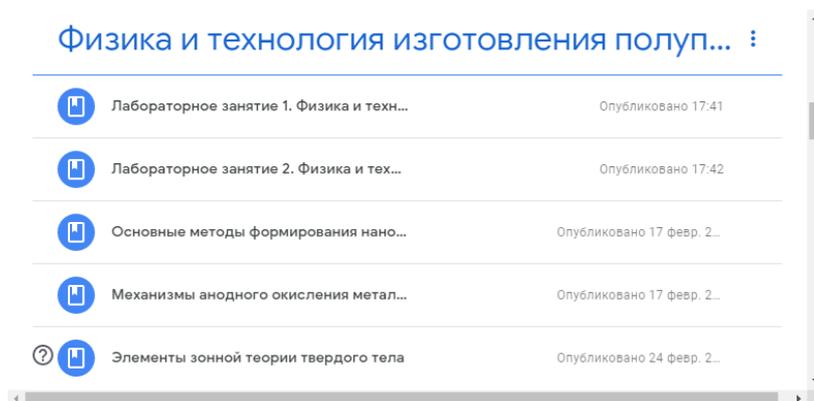


Рис. 8. Избранные элементы второй темы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

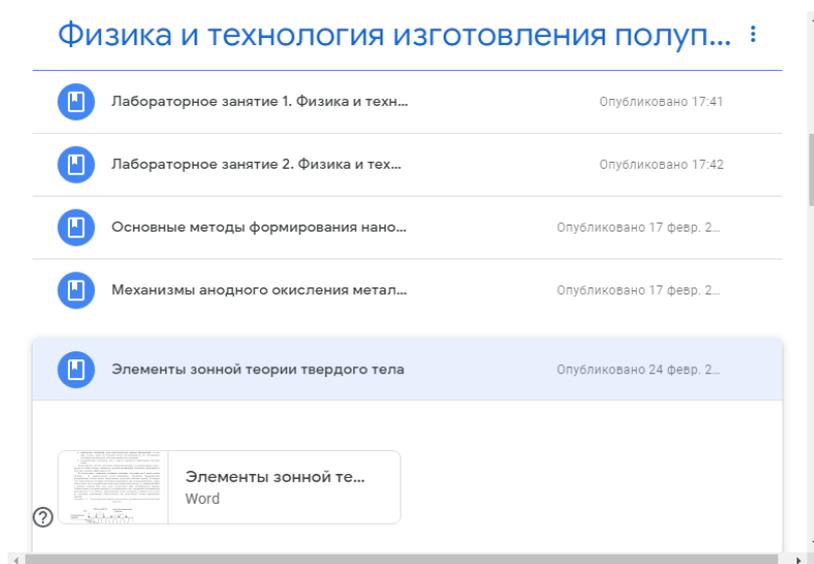


Рис. 9. Материал по элементам зонной теории твёрдого тела в составе курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

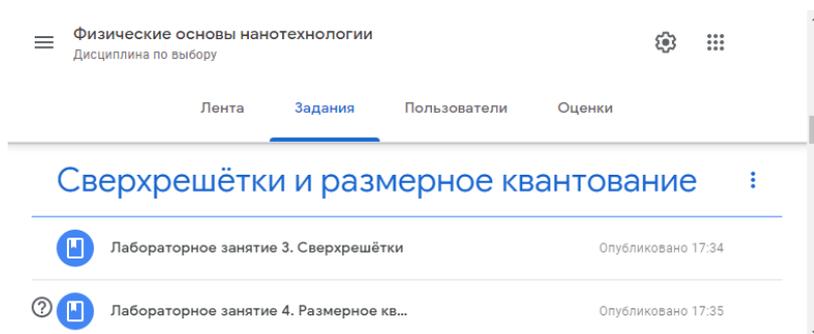


Рис. 10. Избранные элементы третьей темы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

размерных систем и систем пониженной размерности. Второе лабораторное занятие по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» посвящено изучению технологии изготовления полупроводниковых квантово-размерных систем и систем пониженной размерности. На втором лабораторном занятии по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» применяются интерактивные формы в виде творческих

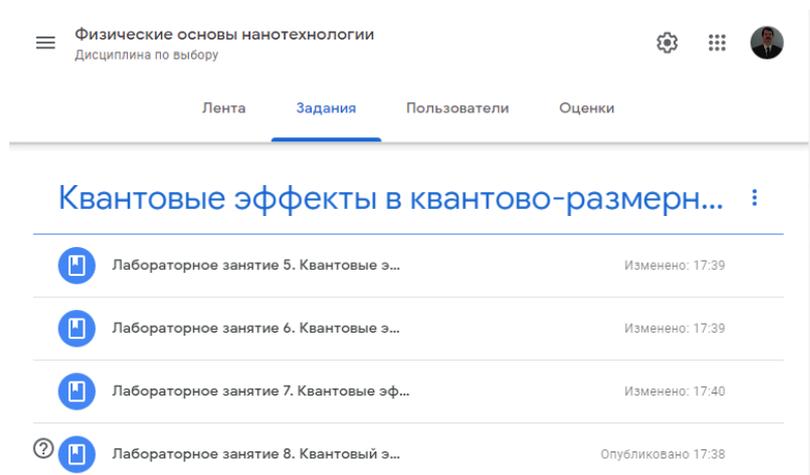


Рис. 11. Избранные элементы четвёртой темы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom.

заданий с элементами дискуссии. Третье лабораторное занятие по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» посвящено изучению физических свойств сверхрешёток. Четвёртое лабораторное занятие по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» посвящено изучению размерного квантования в сверхрешётках. На четвёртом лабораторном занятии по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» применяются интерактивные формы в виде творческих заданий с элементами дискуссии. Пятое лабораторное занятие по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» посвящено изучению квантовых эффектов в одномерных квантово-размерных системах. Шестое лабораторное занятие по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» посвящено изучению квантовых эффектов в двумерных квантово-размерных системах. Седьмое лабораторное занятие по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» посвящено изучению квантовых эффектов в трёхмерных квантово-размерных системах. Восьмое лабораторное занятие по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» посвящено изучению квантового эффекта Холла. На восьмом лабораторном занятии по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» применяются интерактивные формы в виде творческих заданий с элементами дискуссии.

Представленные элементы курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» позволяют организовать обучение в смешанной форме.

Заключение

В работе описаны результаты процесса разработки курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии», созданного при помощи инструментария Google Classroom, который готов к началу использования в учебном процессе в педагогическом университете, позволяет автоматизировать проверку знаний по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии».

Написанный обзор научных работ по теме, связанной с исследованиями в области нанотехнологий, показал актуальность разработки дистанционного курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии». Написанный обзор научных работ по теме, связанной с исследованиями в области нанотехнологий, позволил наполнить модульную структуру курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии».

Выводы по работе можно сформулировать следующим образом:

1. разработанные элементы в виде лекций и материалов содержат необходимые теоретические сведения для изучения курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии»,
2. разработанная система заданий и вопросов, семинаров позволяет оперативно контролировать теоретические знания в онлайн-курсе по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии»,
3. разработанный онлайн-курс по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» может быть использован на педагогическом управлении подготовки с профилями по физике и математике, физике и информатике, физике и астрономии.

К положительным результатам применения онлайн-курса по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» можно отнести выбор студентами оптимального темпа выполнения заданий по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» с учётом их индивидуальных способностей, немедленная оценка усилий, возможность получить сведения о знаниях студентов по всей учебной дисциплине.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если использовать комбинацию создания дистанционных курсов по физическим основам нанотехнологий, то можно организовать информационную поддержку изучения нанотехнологий в университетах, подтверждена полностью. В качестве подтверждения гипотезы исследования был спроектирован дистанционный курс по учебной дисциплине «Физические основы нанотехнологии» при помощи инструментария Google Classroom, который основан на комбинации теоретических методов, численных методов, методов программирования в процессе изучения физических основ нанотехнологий.

Задачи работы полностью решены.

Список использованных источников

1. Buot Felix A. Mesoscopic physics and nanoelectronics: nanoscience and nanotechnology // Physics Reports. — 1993. — nov. — Vol. 234, no. 2-3. — P. 73–174. — URL: [https://doi.org/10.1016/0370-1573\(93\)90097-w](https://doi.org/10.1016/0370-1573(93)90097-w).
2. Interfacial nanofabrication strategies in development of new functional nanomaterials and planar supramolecular nanostructures for nanoelectronics and nanotechnology / G. B. Khomutov [et al.] // Microelectronic Engineering. — 2003. — sep. — Vol. 69, no. 2-4. — P. 373–383. — URL: [https://doi.org/10.1016/s0167-9317\(03\)00324-1](https://doi.org/10.1016/s0167-9317(03)00324-1).
3. Lyshevski S. E. Nanotechnology and super high-density three-dimensional nanoelectronics and nanoICs // 2003 Third IEEE Conference on Nanotechnology, 2003. IEEE-NANO 2003. — IEEE, 2003. — URL: <https://doi.org/10.1109/nano.2003.1230997>.
4. Morris James E. Nanotechnology laboratory and nanoelectronics simulation courses // 2015 IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference (NMDC). — IEEE, 2015. — sep. — URL: <https://doi.org/10.1109/nmdc.2015.7439275>.
5. Yu B., Meyyappan M. Nanotechnology: role in emerging nanoelectronics // Solid-State Electronics. — 2006. — apr. — Vol. 50, no. 4. — P. 536–544. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.sse.2006.03.028>.
6. Bogomolov B. K. Nanoelectronics and nanotechnology — Basis of information of a society // 2008 Third International Forum on Strategic Technologies. — IEEE, 2008. — jun. — URL: <https://doi.org/10.1109/ifost.2008.4602941>.

7. Chau Robert. Challenges and opportunities of emerging nanotechnology for VLSI nano-electronics // 2007 International Semiconductor Device Research Symposium. — IEEE, 2007. — dec. — URL: <https://doi.org/10.1109/isdrs.2007.4422457>.
8. Application of aberration-corrected TEM and image simulation to nanoelectronics and nanotechnology / Brian A. Korgel [et al.] // IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing. — 2006. — nov. — Vol. 19, no. 4. — P. 391–396. — URL: <https://doi.org/10.1109/tsm.2006.884713>.
9. Enhancement of infrared spectroscopy capabilities for nanoelectronic and nanotechnology applications / N. Rochat [et al.] // AIP Conference Proceedings. — AIP, 2007. — URL: <https://doi.org/10.1063/1.2799441>.
10. van Roermund A., Hoekstra J. From nanotechnology to nanoelectronic systems, from SETs to neural nets // 2000 IEEE International Symposium on Circuits and Systems. Emerging Technologies for the 21st Century. Proceedings (IEEE Cat No.00CH36353). — Presses Polytech. Univ. Romandes, 2000. — URL: <https://doi.org/10.1109/iscas.2000.857012>.
11. Raman imaging for processing and process monitoring for nanotube devices / C. Stampfer [et al.] // physica status solidi (b). — 2007. — nov. — Vol. 244, no. 11. — P. 4341–4345. — URL: <https://doi.org/10.1002/pssb.200776139>.
12. Csurgay Árpád I., Porod Wolfgang. Surface plasmon waves in nanoelectronic circuits // International Journal of Circuit Theory and Applications. — 2004. — sep. — Vol. 32, no. 5. — P. 339–361. — URL: <https://doi.org/10.1002/cta.285>.

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

Original article
PACS 01.40.Di
OCIS 310.6628
MSC 00A79

Online course on the physical foundations of nanotechnology

K. K. Altunin 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted April 7, 2023
Resubmitted April 12, 2023
Published June 5, 2023

Abstract. The results of the development of an online course on the physical foundations of nanotechnology are presented. The description of the development of selected elements of an online course on the physical foundations of nanotechnology using the Google Classroom tools is made. An online course on the physical foundations of nanotechnology, created using the Google Classroom toolkit, can be used to inform students' blended learning when studying the physical foundations of nanotechnology, as well as to visualize the process of learning nanotechnology. The use of control elements of the online course on the physical foundations of nanotechnology will make it possible to systematize the control of theoretical knowledge on the physical foundations of nanotechnology.

Keywords: nanotechnology, nanotechnology course, course, online course, course material, lecture, test, task

References

1. Buot Felix A. Mesoscopic physics and nanoelectronics: nanoscience and nanotechnology // *Physics Reports*. — 1993. — nov. — Vol. 234, no. 2-3. — P. 73–174. — URL: [https://doi.org/10.1016/0370-1573\(93\)90097-w](https://doi.org/10.1016/0370-1573(93)90097-w).
2. Interfacial nanofabrication strategies in development of new functional nanomaterials and planar supramolecular nanostructures for nanoelectronics and nanotechnology / G. B. Khomutov [et al.] // *Microelectronic Engineering*. — 2003. — sep. — Vol. 69, no. 2-4. — P. 373–383. — URL: [https://doi.org/10.1016/s0167-9317\(03\)00324-1](https://doi.org/10.1016/s0167-9317(03)00324-1).
3. Lyshevski S. E. Nanotechnology and super high-density three-dimensional nanoelectronics and nanoICs // 2003 Third IEEE Conference on Nanotechnology, 2003. IEEE-NANO 2003. — IEEE, 2003. — URL: <https://doi.org/10.1109/nano.2003.1230997>.
4. Morris James E. Nanotechnology laboratory and nanoelectronics simulation courses // 2015 IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference (NMDC). — IEEE, 2015. — sep. — URL: <https://doi.org/10.1109/nmdc.2015.7439275>.
5. Yu B., Meyyappan M. Nanotechnology: role in emerging nanoelectronics // *Solid-State Electronics*. — 2006. — apr. — Vol. 50, no. 4. — P. 536–544. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.sse.2006.03.028>.

6. Bogomolov B. K. Nanoelectronics and nanotechnology — Basis of information of a society // 2008 Third International Forum on Strategic Technologies. — IEEE, 2008. — jun. — URL: <https://doi.org/10.1109/ifost.2008.4602941>.
7. Chau Robert. Challenges and opportunities of emerging nanotechnology for VLSI nanoelectronics // 2007 International Semiconductor Device Research Symposium. — IEEE, 2007. — dec. — URL: <https://doi.org/10.1109/isdrs.2007.4422457>.
8. Application of aberration-corrected TEM and image simulation to nanoelectronics and nanotechnology / Brian A. Korgel [et al.] // IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing. — 2006. — nov. — Vol. 19, no. 4. — P. 391–396. — URL: <https://doi.org/10.1109/tsm.2006.884713>.
9. Enhancement of infrared spectroscopy capabilities for nanoelectronic and nanotechnology applications / N. Rochat [et al.] // AIP Conference Proceedings. — AIP, 2007. — URL: <https://doi.org/10.1063/1.2799441>.
10. van Roermund A., Hoekstra J. From nanotechnology to nanoelectronic systems, from SETs to neural nets // 2000 IEEE International Symposium on Circuits and Systems. Emerging Technologies for the 21st Century. Proceedings (IEEE Cat No.00CH36353). — Presses Polytech. Univ. Romandes, 2000. — URL: <https://doi.org/10.1109/iscas.2000.857012>.
11. Raman imaging for processing and process monitoring for nanotube devices / C. Stampfer [et al.] // physica status solidi (b). — 2007. — nov. — Vol. 244, no. 11. — P. 4341–4345. — URL: <https://doi.org/10.1002/pssb.200776139>.
12. Csurgay Árpád I., Porod Wolfgang. Surface plasmon waves in nanoelectronic circuits // International Journal of Circuit Theory and Applications. — 2004. — sep. — Vol. 32, no. 5. — P. 339–361. — URL: <https://doi.org/10.1002/cta.285>.

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

Научная статья
УДК 53.01
ББК 22.31
ГРНТИ 29.01.45
ВАК 01.04.15
PACS 01.40.Di
OCIS 240.5420
MSC 00A79

Разработка дистанционного курса по наноплазмонике графена

К. К. Алтунин , 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 16 мая 2023 года
После переработки 17 мая 2023 года
Опубликована 5 июня 2023 года

Аннотация. Описаны результаты разработки дистанционного курса по наноплазмонике графена в системе управления обучением MOODLE. Обсуждаются результаты разработки модульной структуры дистанционного курса по наноплазмонике графена в системе управления обучением MOODLE. Обсуждаются результаты разработки основных элементов дистанционного курса по наноплазмонике графена в системе управления обучением MOODLE. Обсуждаются результаты разработки элементов контроля знаний по курсу наноплазмоники графена в системе управления обучением MOODLE. Представлены результаты экспертной оценки дистанционного курса по наноплазмонике графена в системе управления обучением MOODLE.

Ключевые слова: наноплазмоника, графен, плазмон, нанокompозит, дистанционный курс, система управления обучением, элемент курса

Введение

Целью исследования является описание процесса разработки дистанционного курса «Наноплазмоника графена».

Задача исследования состоит в разработке модульной структуры и избранных элементов дистанционного курса по наноплазмонике графена, опирающийся на современные представления об оптических свойствах нанокompозитных структур графеновой наноплазмоники.

Объектом исследования является дистанционный курс «Наноплазмоника графена».

Предметом исследования является процесс создания информационных и контролирующих элементов дистанционного курса «Наноплазмоника графена» в системе управления обучением MOODLE.

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать дистанционный курс «Наноплазмоника графена» в системе управления обучением MOODLE, то можно оптимизировать процесс преподавания учебной дисциплины «Наноплазмоника графена».

¹E-mail: liza_volkova1999@mail.ru

Практическая значимость исследования заключается в том, что апробирован и внедрён в педагогическую практику университета дистанционный курс по наноплазмонике графена, созданный на основе теоретических материалов по наноплазмонике графена. Использование дистанционного курса по наноплазмонике графена открывает возможность реализации смешанного обучения по наноплазмонике графена в университетах.

Базой исследования дистанционного курса по наноплазмонике графена в системе управления обучением MOODLE является образовательный портал ФГБОУ ВО «УлГ-ПУ им. И. Н. Ульянова».

Обзор работ по наноплазмонике

Невзаимная плазмоника играет решающую роль в обеспечении одностороннего распространения света на наноуровне и является фундаментальным строительным блоком для современных фотонных приложений. В статье @auxrussian@auxenglish[1] исследуется внутренняя невзаимность в объёмной дисперсии плазмонов в системах, которые нарушают как чётность, так и симметрию обращения времени. В статье [1] оказано, что как межзонные, так и внутризонные объёмные плазмонные моды демонстрируют внутренне асимметричную дисперсию, зависящую от знака волнового вектора. Исследование, представленное в статье [1], показывает, что внутренняя невзаимность в межзонной дисперсии плазмонов определяется квантово-метрической связью. Невзаимность во внутризонной плазмонной дисперсии диктуется квантово-метрическим диполем и дурде-весоподобным членом более высокого порядка. Выводы подтверждены с помощью явных численных расчетов для двумерной модели Ци-Ву-Чжана и демонстрируем существование внутренних невзаимных внутризонных и межзонных плазмонных мод в муаровых системах, таких как скрученный двухслойный графен. Результаты предлагают понимание физики, лежащей в основе невзаимной плазмоники, и прокладывают путь к разработке новых фотонных устройств.

В статье [2] сообщается о настраиваемом – с помощью магнитного поля и напряжения на затворе – преобразовании терагерцового излучения в постоянный электрический ток в пространственно-модулированном двухслойном графене. В статье [2] экспериментально показано, что основная физика связана с так называемым эффектом храповика. Ключевыми выводами являются прямое наблюдение острого циклотронного резонанса в фототоке и демонстрация двух эффектов, вызванных электрон-электронным взаимодействием: плазмонного расщепления резонанса из-за дальнедействующей кулоновской связи и частичного подавления его второй гармоники из-за дальнедействующей кулоновской связи к быстрым межчастичным столкновениям. В статье [2] разрабатывается теория, которая идеально соответствует экспериментальным данным. В статье [2] утверждается, что храповой ток генерируется в гидродинамическом режиме неидеальной электронной жидкости.

Для реализации любого плазмонного устройства необходимо иметь инструмент для манипулирования поверхностными плазмон-поляритонами. Традиционный подход к активной плазмонике на основе благородных металлов основан на объединении плазмонных и оптически активных материалов [3–7]. Например, связь между магнитными и оптическими свойствами в магнитооптических материалах приводит к оптически индуцированным магнитным полям посредством обратного эффекта Фарадея [8–11] или усиленных магнитооптических эффектов из-за плазмонных возбуждений [12–19].

Полевой транзистор на основе графена был введён для генерации гибридной плазмонной моды. Основными причинами рассмотрения графена в этом исследовании являются достижение высокого удержания поля и транспортный канал графена с двумя носителями вблизи его точки зарядовой нейтральности. В статье [20] описаны результаты наблюдений нелинейного поведения гибридной плазмонной моды вблизи точки

зарядовой нейтральности графена из-за существования модели с двумя носителями. Это нелинейное поведение отражает внутренние наноэлектронные характеристики графена. Предлагаемое наноэлектронное устройство представляет собой перестраиваемую гибридную горячую точку сверхограниченного диапазона, площадь моды которой в 10^5 раз меньше площади пятна дифракционного ограничения. Причём эта площадь на три порядка меньше, чем модальная площадь аналогичной гибридной наноструктуры на основе металла. В статье [20] сообщается о такой наноразмерной трёхмерной горячей точке с плазмонно-фотонным характером. Кроме того, была численно исследована гибридная структура на основе двухслойного скрученного графена, которая обеспечивает сверхвысокое удержание и сверхбольшое расстояние распространения. Предлагаемое наноустройство может быть использовано для создания компактных интегральных схем, оптических нейронных сетей и датчиков высокого разрешения.

В статье [21] представлен численный подход для решения электромагнитного рассеяния от диэлектрического цилиндра, частично покрытого графеном. Он основан на классическом разложении Фурье-Бесселя полей внутри и снаружи цилиндра, к которому применяются специальные граничные условия в присутствии графена. Ввиду сингулярности электрического поля на краях листа графена введём вспомогательные граничные условия. Результатом является особенно простой и эффективный метод, позволяющий изучать дифракцию от таких структур. В статье [21] также подчеркивается наличие множественных плазмонных резонансов, которые можно приписать поверхностным модам цилиндра с покрытием.

В статье [22] сообщается о результатах исследования наномасштабных инфракрасных изображений и результатах спектроскопического исследования физических характеристик плазмонов горячих электронов в графене, которые возбуждаются острым металлическим зондом сканирующего оптического микроскопа ближнего поля рассеивающего типа, освещённого средним инфракрасным излучением. фемтосекундный импульсный лазер. В статье [22] обнаружено, что средняя температура электронов может достигать порядка 1400 К в течение длительности импульса, которую можно контролировать, настраивая мощность лазера. С помощью острия металлического зонда сканирующего оптического микроскопа ближнего поля рассеивающего типа отслеживали как интерференционные полосы плазмонов, так и гибридные плазмон-фононные резонансы графена. Когда графен сильно легирован, более высокое значение средней температуры электронов приводит к меньшей длине волны плазмона и более слабой интенсивности плазмон-фононного резонанса. С другой стороны, в точке зарядовой нейтральности интенсивность плазмон-фононного резонанса увеличивается при увеличении средней температуры электронов. С помощью количественного моделирования и теоретического анализа пришли к выводу, что наблюдаемые плазмонные отклики горячих электронов определяются температурными зависимостями химического потенциала, рассеяния электронов и генерации тепловых носителей. Конкуренция этих факторов приводит к отчетливой зависимости графеновых плазмонов от средней температуры электронов при различных уровнях легирования.

В статье [23] исследуются латеральные силы отдачи, действующие на наночастицы, расположенные вблизи плазмонных платформ, с взаимным откликом в плоскости. С этой целью сначала разрабатывается всеобъемлющая теоретическая основа, основанная на силе Лоренца в рамках приближения Рэлея в сочетании с взаимными функциями Грина, а затем выводятся приближённые аналитические выражения для моделирования боковых сил отдачи, демонстрируя их явную зависимость от закона дисперсии системы и раскрывая механизмы, которые ими управляют. В частности, доминирующая боковая составляющая сил отдачи возникает из-за дисбаланса импульсов взаимных поверхностных плазмонов, поддерживаемых платформой. Эта сила может быть

на несколько порядков больше, чем другие компоненты силы отдачи, действует только вдоль или против направления внешнего смещения и практически не зависит от направления, поляризации и длины волны падающей плоской волны. Боковые силы отдачи исследуются с использованием графеновых метаповерхностей с дрейфом, платформы, которая также предлагается для сортировки наночастиц в зависимости от их размера. Невзаимные плазмонные системы могут открыть новые возможности для улавливания, связывания и манипулирования наночастицами, а также решить некоторые проблемы, связанные с обычными оптическими пинцетами.

В статье [24] исследуется взаимодействие между квантовыми геометрическими эффектами и поверхностными плазмонами через поверхностные плазмонные структуры на основе электронной гидродинамической теории. Сначала продемонстрировано, что квантовый нелинейный эффект Холла может быть резко усилен в очень широком диапазоне частот за счёт использования плазмонного резонанса и эффектов ближнего поля решётчатых затворов. В резонансных условиях усиление становится на несколько порядков больше, чем в случае без наноструктур, в то время как пики высокогармонических плазмонов широко расширяются и появляются в нерезонансных условиях, что приводит к удивительно широкому спектру. Кроме того, выяснена универсальная связь между фототоком, индуцированным диполем кривизны Берри, и оптическим поглощением, что важно для расчётного дизайна материалов длинноволновых фотодетекторов. Далее обсуждается новый механизм геометрического фототока, который возникает из-за аномальной силы, индуцированной колеблющимися магнитными полями, и описывается дипольным моментом орбитальных магнитных моментов блоховских электронов в импульсном пространстве. Теория имеет отношение к двумерным квантовым материалам, таким как слоистый WTe_2 и скрученный двухслойный графен, тем самым обеспечивая многообещающий путь к новому типу высокочувствительного широкополосного терагерцового фотодетектора.

Наноструктуры легированного графена являются многообещающей платформой для фотоники из-за их исключительно сильных и настраиваемых плазмонных резонансов. При размещении в конфигурации периодического массива плазмоны, поддерживаемые отдельными наноструктурами, взаимодействуют друг с другом и при соответствующих условиях могут вызывать коллективную моду, известную как решёточный резонанс. В статье [25] проводится всесторонний анализ отклика периодических массивов графеновых нанодисков и определяем условия, при которых система способна поддерживать решёточные резонансы. В статье [25] найдено, что соотношение между периодом решётки и длиной волны плазмона полностью определяет поведение системы. Как следствие, сильные резонансы решётки достигаются для нанодисков микронного размера в терагерцовом режиме. В статье [25] разрабатывается теоретическая модель, выходящая за рамки электростатического приближения, и используем её для получения закрытых аналитических выражений для силы, длины волны и ширины оптического резонанса массивов. Теоретическая основа, разработанная в работе [25], прокладывает путь к легкому дизайну и открытию новых свойств периодических массивов графеновых наноструктур, которые могут найти применение в фотонике и плазмонике.

Метаповерхности вместе с графеновой плазмоникой стали играть важную роль в контроле излучательной способности в теплотехнике как пассивно, за счёт изменения геометрических параметров и плотности упаковки метаповерхностей, так и активно, за счёт графенового вентилирования или легирования. В статье [26] демонстрируется плазмонная метаповерхность, состоящая из связанной системы из графена и нанопроволоки, использующую гибридные локализованные поверхностные плазмонные моды массива нанопроволок и графена. Массив нанопроволок делает гибридную моду поверхностного плазмона локализованной, обеспечивая возбуждение в свободном пространстве. Одно-

слоистый графен через вентиль между нижним зеркалом и верхним электродом может активно регулировать спектральную излучательную способность почти на 90%. Кроме того, поверхностные плазмонные моды графена устраняют строгую поляризационную зависимость излучения массива нанопроволок, что приводит к пятикратному увеличению коэффициента излучения p -поляризованного излучения, особенно при больших углах излучения.

В статье [27] показано, что резонансное плазмонное детектирование резко увеличивает чувствительность терагерцовых детекторов на основе графеновой p - i - n полевой транзисторной структуры.

В статье [28] сообщается об исследовании трёхслойного графена в инфракрасном диапазоне с порядком укладки АВА (Бернал) и АВС (ромбоэдрический) с использованием сканирующего ближнепольного оптического микроскопа рассеивающего типа. С сканирующим ближнепольным оптическим микроскопом рассеивающего типа, работающим в среднем инфракрасном диапазоне, отображаются в реальном пространстве поверхностные плазмонные поляритоны трёхслойного графена АВА и трёхслойного графена АВС, которые настраиваются с помощью электрического стробирования. Благодаря количественному моделированию данных плазмонной визуализации обнаружено, что длина волны плазмона трёхслойного графена АВА значительно больше, чем у трёхслойного графена АВС, что приводит к значительному несоответствию импеданса и, следовательно, к сильному отражению плазмона на боковом соединении АВА/АВС. Дальнейший анализ показывает, что разные плазмонные отклики двух типов трёхслойного графена напрямую связаны с их различными электронными структурами и свойствами носителя. В статье [28] рассматривается физика плазмонных откликов трёхслойного графена, зависящих от укладки, и проливает свет на будущие применения трёхслойного графена и переходов АВА/АВС в инфракрасной плазмонике и планарной нанооптике.

Оптические границы раздела сред с произвольной магнитной и электрической проводимостью поверхности могут позволить разрабатывать фотонные устройства с новыми функциями, но практических подходов на сегодняшний день не существует. Обычные границы раздела сред, такие как с графеном, интересны с оптической точки зрения из-за их настраиваемой электропроводности поверхности. Однако их магнитная поверхностная проводимость незначительна, поскольку магнитный отклик в природных материалах обычно слабый, начиная с терагерцовой частоты. Поиски искусственного магнитного отклика недавно привели к разработке магнитных метаповерхностей, которые, однако, могут обеспечить границу раздела сред только с ограниченным значением поверхностной магнитной проводимости. В статье [29] обнаружено, что вертикальные гетероструктуры на основе регулярных немагнитных метаповерхностей имеют прямое соответствие оптической границе раздела как с магнитной, так и с электрической поверхностной проводимостью, желаемые значения которых могут быть структурно спроектированы. Кроме того, идентифицированы несколько уникальных фотонных и плазмонных откликов на оптических интерфейсах с удельной магнитной проводимостью поверхности, включая нечувствительный к поляризации эффект Брюстера и чисто магнитные поверхностные волны.

Рамановское рассеяние, усиленное поверхностью, основано на способности поверхностной подложки усиливать сигналы комбинационного рассеяния для сенсорных и визуализирующих приложений. Наиболее широко используемые подложки комбинационного рассеяния света из золота и серебра с усиленной поверхностью в основном основаны на электромагнитном механизме с большими коэффициентами усиления, которые, однако, ограничены небольшими зазорами из-за туннелирования. Графен был исследован в качестве альтернативного субстрата для рамановского рассеяния с графе-

ном, основанного на химическом механизме. Однако пределы коэффициентов усиления химического механизма в подложках на основе графена до конца не изучены, особенно в зависимости от расстояния между наконечником и образцом. В статье [30] выполнено усиленное наконечником комбинационное рассеяние углеродных нанотрубок на гибридных подложках из золота и оксида графена для разных расстояний между наконечником и образцом. В статье [30] приводятся доказательства квантовой плазмоники с оксидом графена в качестве туннельного перехода в полости Au-оксид графена-Au с размером зазора 2 нм. В статье [30] демонстрируется усиление сигнала комбинационного рассеяния на четыре порядка сверх предела туннелирования электромагнитного механизма путем переключения в режим химического механизма для резонансного возбуждения оксида графена на малом расстоянии зонд-образец. Индуцированное кончиком рамановское рассеяние, усиленное оксидом графена, может быть использовано для улучшения наноизображения и биосенсоров на новых гибридных подложках оксид графена/Au.

В статье [31] аналитически получено явное условие для высококонтрастной плазменной модуляции и переключаемой маршрутизации в связанных графеновых волноводах, состоящих из двух связанных стробируемых графеновых листов, расположенных между гиротропной средой. Аналитическое условие интуитивно предсказывает, что, манипулируя химическим потенциалом графена и вращением промежуточной среды, можем сочетать надежность плазменной маршрутизации с отклонением параметров конструкции и материала из-за несовершенного изготовления и суровых условий окружающей среды с чрезвычайно высокой контрастностью. Кроме того, он предсказывает широкополосную перестраиваемость высококонтрастной плазменной маршрутизации. Интуитивное аналитическое условие показывает, что высокая контрастность достижима при резонансном вращении за счёт магнитного резонанса невзаимной направленной связи. Магнитный резонанс невзаимности разрушает существующее в настоящее время предубеждение, что более сильное магнитное поле индуцирует более сильную магнитно-индуцированную невзаимность. Численное моделирование демонстрирует надежность магнитного резонанса невзаимности и его настраиваемость в спектральном диапазоне, охватывающем одну октаву. На практике химическим потенциалом и вращением можно управлять, контролируя напряжение на затворе графена и внешнее магнитное поле соответственно. Выводы, полученные в статье [31], обеспечат надёжный и широкополосный настраиваемый инструмент для высококонтрастного плазмонного модулятора и переключаемого маршрутизатора, а также для исследования сверхбыстрой динамики намагниченности.

В статье [32] используется полностью оптический метод накачки-зонда для разработки механизма измерения массы в молекулярно-плазмонной системе при комнатной температуре. Система состоит из дважды зажатой графеновой наноленты, параметрически взаимодействующей с двумя типами изотропных и анизотропных сферических плазмонных полостей в присутствии сильного поля накачки и слабого зондирующего импульса. На основе схемы селективного квантования и аналогии с канонической моделью резонаторной оптомеханики формулируем гамильтониан системы через электромагнитный тензор Грина. Таким образом, получен явный вид зависящей от размера оптомеханической функции связи и скорости плазмонного затухания, которые включают модальные, геометрические и материальные особенности плазмонной структуры. Технические особенности материала плазмонной наноструктуры показывают, что интенсивность спектра пропускания зондирующего поля для радиально анизотропной сферической нанорезонатора значительно увеличивается по сравнению с нанорезонаторной сферой из серебра из-за уменьшения объёма моды.

Плазменная связь является одним из наиболее важных эффектов в компактных

плазмонных системах и интенсивно изучается. Напротив, магнитоплазменная связь редко упоминается даже в графеновых наноструктурах, поддерживающих сильный магнитооптический эффект. В статье [33] теоретически исследуется магнитоплазмонную связь в димерах графеновых нанодисков в присутствии либо параллельных (случай I), либо антипараллельных (случай II) магнитных полей. В статье [33] обнаружено, что гибридные моды всегда появляются для двух состояний с одинаковой хиральностью, тогда как их возбуждения зависят от падающей поляризации. Более того, в случае I две антисимметричные моды темные, а в случае II все четыре моды светлые. Для лучшего понимания представлена расширенная модель связанных диполей, в которой фундаментальные магнитоплазмоны с круговой поляризацией разлагаются на два линейных и ортогональных диполя с разностью фаз $\pi/2$, а затем связь описывается двумя линейными диполями вдоль два ортогональных направления отдельно. Параметры магнитооптического эффекта и силы связи независимы и могут быть легко извлечены из их отдельных моделей. Собственные значения и волновые функции, полученные из модели, могут хорошо описывать резонансную частоту и силу возбуждения каждой гибридной моды. Наконец, мы обсудим магнитоплазмонную связь в соприкасающихся графеновых нанодисках, где плазмон с переносом заряда невосприимчив к магнитооптическому эффекту, а в случае II состояние кругового резонанса будет заменено линейным с падающим электрическим полем вдоль направления касания. В статье [33] предлагается, что общая основа для исследования связи мод двух круговых состояний и прокладывает путь к магнитооптическим и плазмонным приложениям.

Новые экспериментальные данные о значении показателя преломления графена были получены в работе [34].

Графен и материалы на основе графена открывают широкие перспективы для многочисленных фотонных и плазмонных приложений [35–41]. Волноводы на основе графена поддерживают локализованные электромагнитные волны поверхностного плазмон-поляритона, как ТЕ-поляризованные, так и ТМ-поляризованные электромагнитные волны [42–50]. Их тесное удержание и большая длина распространения позволяют наблюдать сильные взаимодействия света с веществом в структурах на основе графена [51]. Оптические свойства графена можно контролировать с помощью ряда внешних параметров, таких как электростатическое смещение, магнитное поле или химическое легирование.

Проведённый анализ научной литературы показал актуальность исследования наноконструктивных структур графеновой плазмоники.

Результаты разработки структуры и элементов курса

Приведём описание результатов разработки модульной структуры и избранных элементов дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена» в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Опишем результаты разработки информационной системы, предназначенной для поддержки преподавания учебной дисциплины «Наноплазмоника графена», в процессе практико-ориентированной подготовки педагога в магистратуре педагогического университета в условиях смешанного обучения.

Входная страница дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета, изображена на рис. 1. На входной странице дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена» содержатся сведения о названии дистанционного курса, преподавателях курса, вводном описании курса.

На рис. 2 изображена страница, содержащая первую часть модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управ-

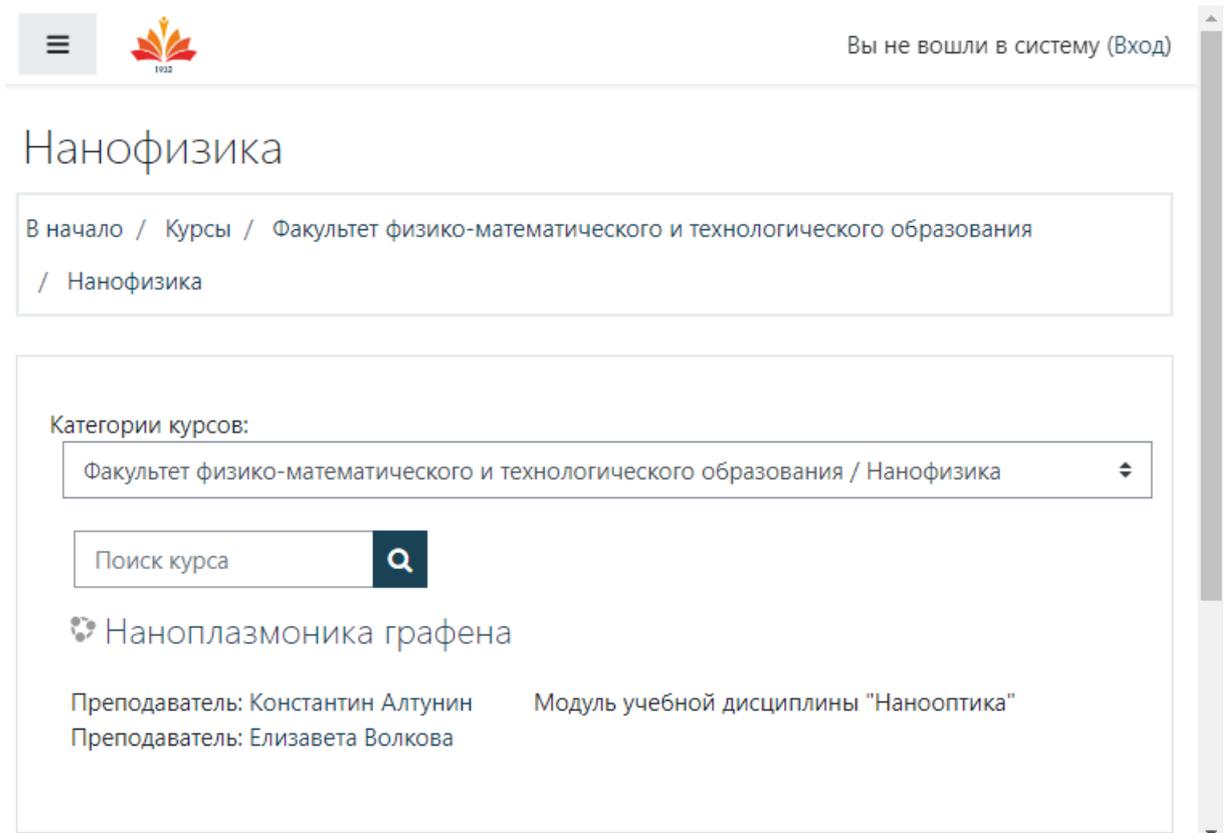


Рис. 1. Входная страница дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

ления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Первой темой в первой части модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена» является тема по классической оптике графена. Второй темой в первой части модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена» является тема по нелинейной оптике графена. Третьей темой в первой части модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена» является тема по квантовой оптике графена.

На рис. 3 изображена страница, содержащая вторую часть модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

Четвёртой темой во второй части модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена» является тема по наноплазмонным излучателям на основе графена. Пятой темой во второй части модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена» является тема по плазмонным наноантеннам на основе графена и графана. Шестой темой во второй части модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена» является тема по плазмонным наноантеннам на основе борофена и борофана.

На рис. 4 изображена страница, содержащая элементы первой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 5 изображена страница, содержащая элементы второй темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

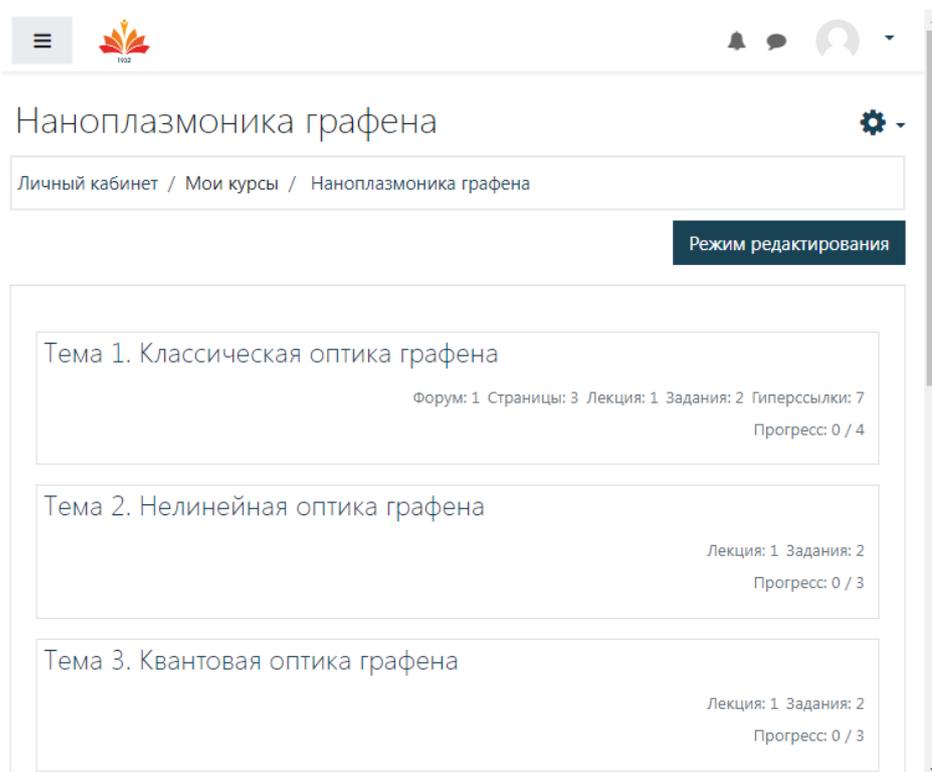


Рис. 2. Страница, содержащая первую часть модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

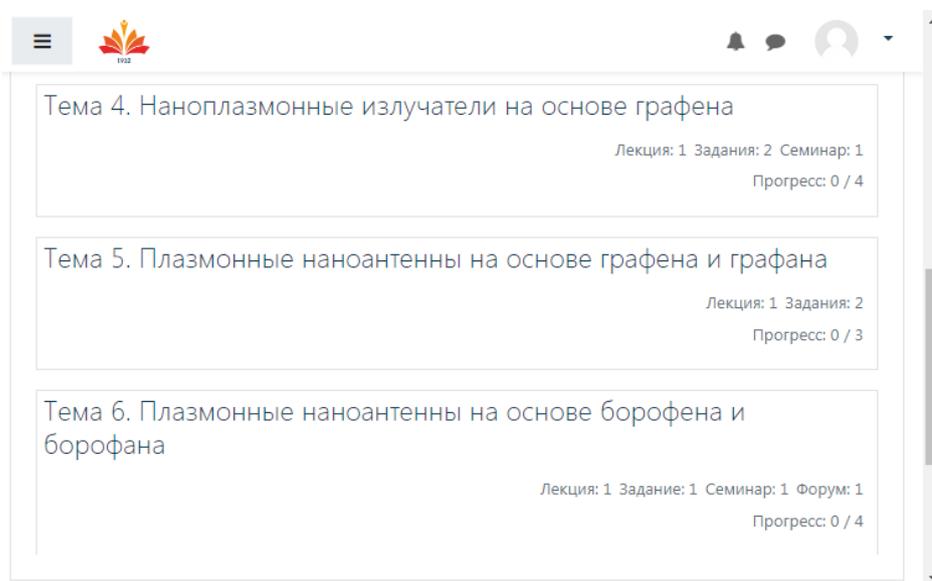


Рис. 3. Страница, содержащая вторую часть модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 6 изображена страница, содержащая элементы третьей темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 7 изображена страница, содержащая элементы четвертой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе

Наноплазмоника графена

Личный кабинет / Мои курсы / Наноплазмоника графена / Тема 1. Классическая оптика графена

Режим редактирования

Тема 2. Нелинейная оптика графена ▶

Тема 1. Классическая оптика графена

- Объявления
- Содержание компетенции
- Индикаторы достижения компетенций
- Лекция 1. Классическая оптика графена
- Структура графена
- Практическое занятие 1. Классическая оптика графена
- Практическое занятие 2. Классическая оптика графена
- Ашкрофт, Н. Физика твердого тела / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. – Москва : Мир, 1978. – Том 1. – 391 с.
- Ашкрофт, Н. Физика твердого тела / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. – Москва : Мир, 1979. – Том 2. – 419 с.
- Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель ; пер. с англ. А. Гусева. – Москва : Наука, 1978. – 788 с.
- Жданов, Г. С. Физика твердого тела / Г. С. Жданов. – Москва : Издательство МГУ, 1962. – 505 с.

Рис. 4. Страница, содержащая элементы первой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 8 изображена страница, содержащая элементы пятой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 9 изображена страница, содержащая элементы шестой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE.

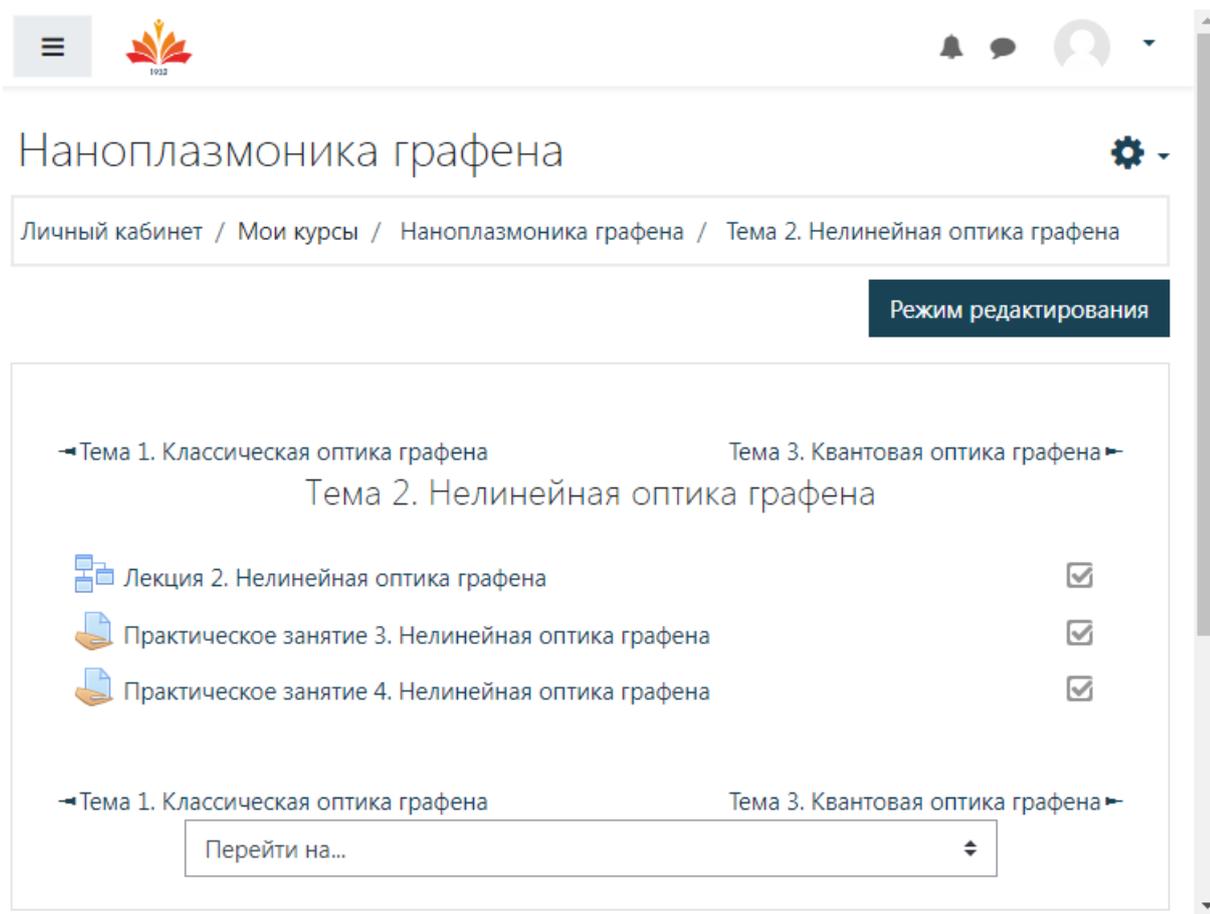


Рис. 5. Страница, содержащая элементы второй темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

Результаты экспертной оценки дистанционного курса по наноплазмонике графена

Экспертная оценка разработанного дистанционного курса по наноплазмонике графена проводилась десятью экспертами по восьми критериям: структура, интерактивность, навигация, дизайн, интерфейс, диагностика, организация самостоятельной работы, соблюдение авторских прав. По каждому из восьми критериев выставлялась отметка по десятибалльной шкале.

Эксперт 1 за структуру курса выставил 7 баллов, за интерактивность курса выставил 8 баллов, за навигацию курса выставил 7 баллов, за дизайн курса выставил 7 баллов, за интерфейс курса выставил 7 баллов, за диагностику курса выставил 6 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 7 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 9 баллов.

Эксперт 2 за структуру курса выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 7 баллов, за навигацию курса выставил 8 баллов, за дизайн курса выставил 6 баллов, за интерфейс курса выставил 8 баллов, за диагностику курса выставил 6 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 3 за структуру курса выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 6 баллов, за навигацию курса выставил 7 баллов, за дизайн курса выставил 7 баллов, за интерфейс курса выставил 9 баллов, за диагностику курса выставил 7 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 9 баллов, за соблюдение

Рис. 6. Страница, содержащая элементы третьей темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 4 за структуру курса выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 10 баллов, за навигацию курса выставил 10 баллов, за дизайн курса выставил 8 баллов, за интерфейс курса выставил 9 баллов, за диагностику курса выставил 6 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 7 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 5 за структуру курса выставил 9 баллов, за интерактивность курса выставил 8 баллов, за навигацию курса выставил 9 баллов, за дизайн курса выставил 6 баллов, за интерфейс курса выставил 9 баллов, за диагностику курса выставил 8 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 9 баллов.

Эксперт 6 за структуру курса выставил 8 баллов, за интерактивность курса выставил 7 баллов, за навигацию курса выставил 7 баллов, за дизайн курса выставил 7 баллов, за интерфейс курса выставил 9 баллов, за диагностику курса выставил 7 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 7 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 8 баллов.

Эксперт 7 за структуру курса выставил 9 баллов, за интерактивность курса выставил 8 баллов, за навигацию курса выставил 8 баллов, за дизайн курса выставил 6 баллов, за интерфейс курса выставил 7 баллов, за диагностику курса выставил 6 бал-

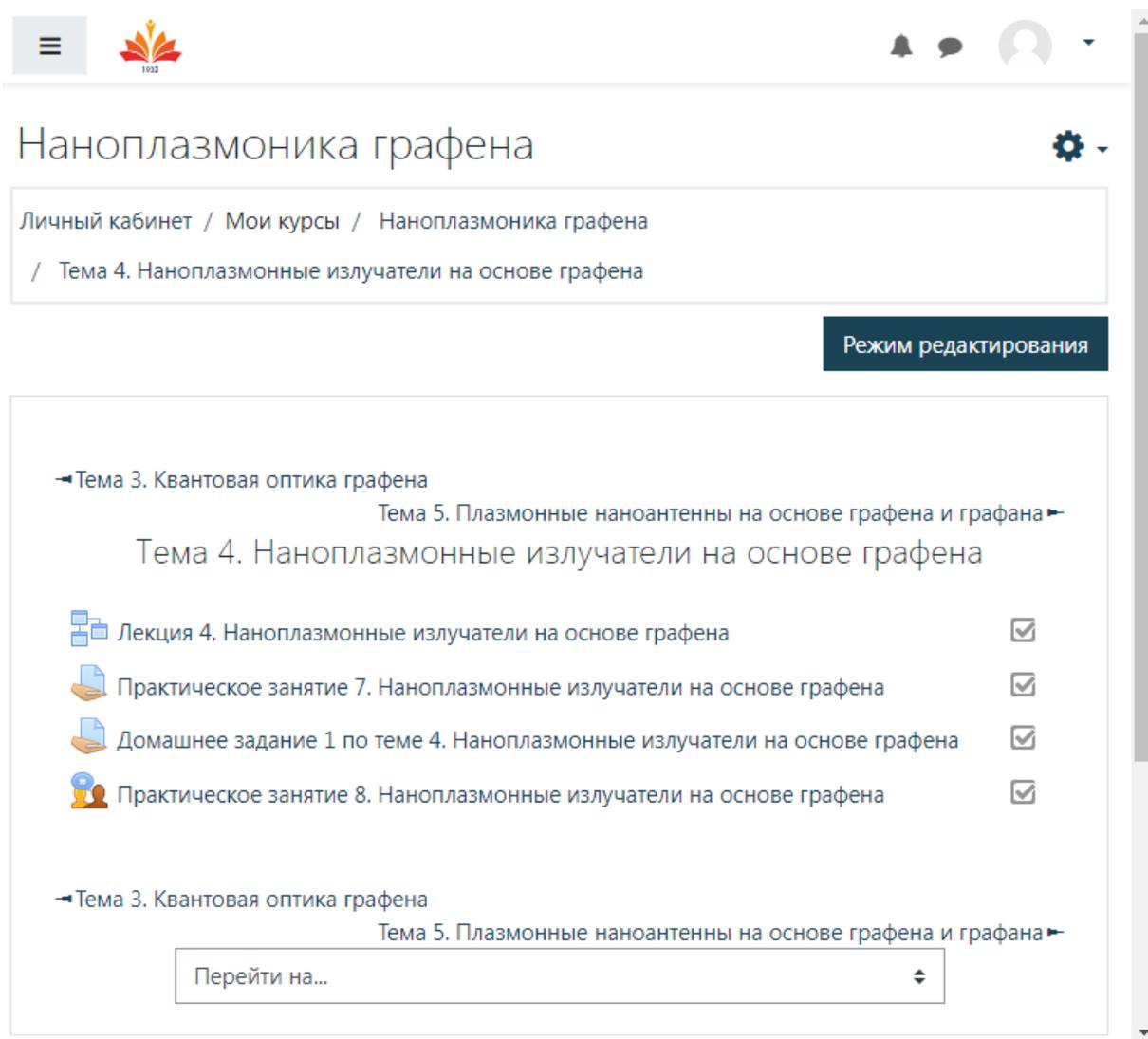


Рис. 7. Страница, содержащая элементы четвёртой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

лов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 8 за структуру курса выставил 8 баллов, за интерактивность курса выставил 6 баллов, за навигацию курса выставил 9 баллов, за дизайн курса выставил 7 баллов, за интерфейс курса выставил 8 баллов, за диагностику курса выставил 7 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 9 за структуру курса выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 8 баллов, за навигацию курса выставил 9 баллов, за дизайн курса выставил 7 баллов, за интерфейс курса выставил 8 баллов, за диагностику курса выставил 6 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 10 за структуру курса выставил 9 баллов, за интерактивность курса выставил 9 баллов, за навигацию курса выставил 7 баллов, за дизайн курса выставил 8 баллов, за интерфейс курса выставил 9 баллов, за диагностику курса выставил 8 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 7 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 9 баллов.

Наноплазмоника графена

Личный кабинет / Мои курсы / Наноплазмоника графена
/ Тема 5. Плазмонные наноплазмонные антенны на основе графена и графана

Режим редактирования

← Тема 4. Наноплазмонные излучатели на основе графена
Тема 6. Плазмонные наноплазмонные антенны на основе борофена и борофана ▶

Тема 5. Плазмонные наноплазмонные антенны на основе графена и графана

📄 Лекция 5. Плазмонные наноплазмонные антенны на основе графена и графана

📄 Домашнее задание 1 по теме 5. Плазмонные наноплазмонные антенны на основе графена и графана

📄 Практическое занятие 9. Плазмонные наноплазмонные антенны на основе графена и графана

← Тема 4. Наноплазмонные излучатели на основе графена
Тема 6. Плазмонные наноплазмонные антенны на основе борофена и борофана ▶

Перейти на...

Рис. 8. Страница, содержащая элементы пятой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

Используя экспертные отметки по каждому критерию оценивания дистанционного курса по наноплазмонике графена вычислим средние значения по каждому критерию оценивания. Среднее значение отметок экспертов за структуру дистанционного курса по наноплазмонике графена составило 9.0. Среднее значение отметок экспертов за интерактивность дистанционного курса по наноплазмонике графена составило 7.7. Среднее значение отметок экспертов за навигацию дистанционного курса по наноплазмонике графена составило 8.1. Среднее значение отметок экспертов за дизайн дистанционного курса по наноплазмонике графена составило 6.9. Среднее значение отметок экспертов за интерфейс дистанционного курса по наноплазмонике графена составило 8.3. Среднее значение отметок экспертов за диагностику дистанционного курса по наноплазмонике графена составило 6.7. Среднее значение отметок экспертов за организацию самостоятельной работы дистанционного курса по наноплазмонике графена составило 6.7. Среднее значение отметок экспертов за соблюдение авторских прав в дистанционном курсе по оптике нанопокрываний составило 9.5. Сумма средних значений по восьми критериям составила 62.9. Если перевести рейтинговую отметку по курсу в проценты, то получим значение, равное 78.63 %, что соответствует оптимальному уровню дистанционного курса по наноплазмонике графена.

Рис. 9. Страница, содержащая элементы шестой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Наноплазмоника графена», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

Заключение

Разработанный дистанционный курс по наноплазмонике графена позволяет эффективно планировать, организовывать и проводить обучение по наноплазмонике графена и готов к началу использования в учебном процессе университета для педагогических направлений подготовки с профилями подготовки по физике и математике, физике и информатике.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если использовать дистанционный курс «Наноплазмоника графена» в системе управления обучением MOODLE, то можно оптимизировать процесс преподавания учебной дисциплины «Наноплазмоника графена», подтверждена полностью.

Список использованных источников

1. Dutta Debasis, Chakraborty Atasi, Agarwal Amit. Intrinsic nonreciprocal bulk plasmons in noncentrosymmetric magnetic systems // Physical Review B. — 2023. — apr. — Vol. 107, no. 16. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.107.165404>.

2. Cyclotron and magnetoplasmon resonances in bilayer graphene ratchets / E. Mönch [et al.] // *Physical Review B*. — 2023. — mar. — Vol. 107, no. 11. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.107.115408>.
3. Krasavin A. V., Zheludev N. I. Active plasmonics: Controlling signals in Au/Ga waveguide using nanoscale structural transformations // *Applied Physics Letters*. — 2004. — feb. — Vol. 84, no. 8. — P. 1416–1418. — URL: <https://doi.org/10.1063/1.1650904>.
4. Exciton-Plasmon-Photon Conversion in Plasmonic Nanostructures / Y. Fedutik [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2007. — sep. — Vol. 99, no. 13. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.99.136802>.
5. Active magneto-plasmonics in hybrid metal–ferromagnet structures / Vasily V. Temnov [et al.] // *Nature Photonics*. — 2010. — jan. — Vol. 4, no. 2. — P. 107–111. — URL: <https://doi.org/10.1038/nphoton.2009.265>.
6. Enhancement of Multiphoton Emission from Single CdSe Quantum Dots Coupled to Gold Films / Sharonda J. LeBlanc [et al.] // *Nano Letters*. — 2013. — mar. — Vol. 13, no. 4. — P. 1662–1669. — URL: <https://doi.org/10.1021/nl400117h>.
7. Abbasi Fereshteh, Davoyan Arthur R, Engheta Nader. One-way surface states due to nonreciprocal light-line crossing // *New Journal of Physics*. — 2015. — jun. — Vol. 17, no. 6. — P. 063014. — URL: <https://doi.org/10.1088/1367-2630/17/6/063014>.
8. Kurkin M. I., Bakulina N. B., Pisarev R. V. Transient inverse Faraday effect and ultrafast optical switching of magnetization // *Physical Review B*. — 2008. — oct. — Vol. 78, no. 13. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.78.134430>.
9. Ultrafast Spin Dynamics in Multisublattice Magnets / J. H. Mentink [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2012. — jan. — Vol. 108, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.108.057202>.
10. Kirilyuk Andrei, Kimel Alexey V, Rasing Theo. Laser-induced magnetization dynamics and reversal in ferrimagnetic alloys // *Reports on Progress in Physics*. — 2013. — feb. — Vol. 76, no. 2. — P. 026501. — URL: <https://doi.org/10.1088/0034-4885/76/2/026501>.
11. Kurkin M.I., Orlova N.B. Femtosecond magneto-optics and ultrafast magnetization reversal of ferromagnetic // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. — 2014. — jun. — Vol. 361. — P. 224–231. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2014.02.079>.
12. Belotelov V. I., Doskolovich L. L., Zvezdin A. K. Extraordinary Magneto-Optical Effects and Transmission through Metal-Dielectric Plasmonic Systems // *Physical Review Letters*. — 2007. — feb. — Vol. 98, no. 7. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.98.077401>.
13. Surface Plasmon Resonance Enhanced Magneto-Optics (SuPREMO): Faraday Rotation Enhancement in Gold-Coated Iron Oxide Nanocrystals / Prashant K. Jain [et al.] // *Nano Letters*. — 2009. — mar. — Vol. 9, no. 4. — P. 1644–1650. — URL: <https://doi.org/10.1021/nl900007k>.
14. Localized surface plasmon resonance enhanced magneto-optical activity in core-shell Fe–Ag nanoparticles / L. Wang [et al.] // *Journal of Applied Physics*. — 2010. — may. — Vol. 107, no. 9. — P. 09B303. — URL: <https://doi.org/10.1063/1.3355905>.

15. Enhanced magneto-optical effects in magnetoplasmonic crystals / V. I. Belotelov [et al.] // *Nature Nanotechnology*. — 2011. — apr. — Vol. 6, no. 6. — P. 370–376. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2011.54>.
16. Waveguide-Plasmon Polaritons Enhance Transverse Magneto-Optical Kerr Effect / Lars E. Kreilkamp [et al.] // *Physical Review X*. — 2013. — nov. — Vol. 3, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevx.3.041019>.
17. Photonic crystals with plasmonic patterns: novel type of the heterostructures for enhanced magneto-optical activity / N. E. Khokhlov [et al.] // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2015. — feb. — Vol. 48, no. 9. — P. 095001. — URL: <https://doi.org/10.1088/0022-3727/48/9/095001>.
18. Nonlinear surface magnetoplasmonics in Kretschmann multilayers / Ilya Razdolski [et al.] // *ACS Photonics*. — 2016. — jan. — Vol. 3, no. 2. — P. 179–183. — URL: <https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.5b00504>.
19. Temnov Vasily V. Ultrafast acousto-magneto-plasmonics // *Nature Photonics*. — 2012. — nov. — Vol. 6, no. 11. — P. 728–736. — URL: <https://doi.org/10.1038/nphoton.2012.220>.
20. Safarzadeh Fatemeh, Farzad Mahmood Hosseini. Nanoplasmonic hybrid hotspot in graphene transistor // *Physical Review B*. — 2023. — feb. — Vol. 107, no. 7. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.107.075439>.
21. Jeyar Youssef, Antezza Mauro, Guizal Brahim. Electromagnetic scattering by a partially graphene-coated dielectric cylinder: Efficient computation and multiple plasmonic resonances // *Physical Review E*. — 2023. — feb. — Vol. 107, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreve.107.025306>.
22. Nanoscale infrared imaging and spectroscopy of hot-electron plasmons in graphene / Yilong Luan [et al.] // *Physical Review B*. — 2023. — feb. — Vol. 107, no. 8. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.107.085414>.
23. Paul Nayan K., Gomez-Diaz J. Sebastian. Lateral recoil optical forces on nanoparticles near nonreciprocal surfaces // *Physical Review B*. — 2023. — jan. — Vol. 107, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.107.035417>.
24. Toshio Riki, Kawakami Norio. Plasmonic quantum nonlinear Hall effect in noncentrosymmetric two-dimensional materials // *Physical Review B*. — 2022. — nov. — Vol. 106, no. 20. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.1201301>.
25. Optical Response of Periodic Arrays of Graphene Nanodisks / Juan R. Deop-Ruano [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — oct. — Vol. 18, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.18.044071>.
26. Active control of thermal emission by graphene-nanowire coupled plasmonic metasurfaces / Jiayu Li [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — sep. — Vol. 106, no. 11. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.115416>.
27. Resonant Plasmonic Terahertz Detection in Gated Graphene p-i-n Field-Effect Structures Enabled by Nonlinearity from Zener-Klein Tunneling / V. Ryzhii [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — sep. — Vol. 18, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.18.034022>.

28. Imaging Stacking-Dependent Surface Plasmon Polaritons in Trilayer Graphene / Yilong Luan [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — aug. — Vol. 18, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.18.024052>.
29. Optical interface engineering with on-demand magnetic surface conductivities / Yuhan Zhong [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — jul. — Vol. 106, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.035304>.
30. Switching from electromagnetic to chemical mechanism in quantum plasmonic tip-induced graphene oxide enhanced Raman scattering / Hana N. Hrim [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — jul. — Vol. 106, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.035410>.
31. Magnetic resonance of plasmonic modulation and switchable routing in gated graphene waveguides and their robustness and broadband tunability / Kum-Dong Kim [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — jul. — Vol. 106, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.1041401>.
32. Alebrahim Elnaz, Harouni Malek Bagheri, Amooghorban Ehsan. Influence of spherical anisotropy on optical mass sensing in plasmonic-molecular optomechanics // *Physical Review A*. — 2022. — jun. — Vol. 105, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.105.062609>.
33. Wang Ningning, Ding Linhui, Wang Weihua. Magnetoplasmonic coupling in graphene nanodisk dimers: An extended coupled-dipole model for circularly polarized states // *Physical Review B*. — 2022. — jun. — Vol. 105, no. 23. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.235435>.
34. Dielectric function of epitaxial quasi-freestanding monolayer graphene on Si-face 6H-SiC in a broad spectral range / Kristupas Kazimieras Tikuišis [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2023. — apr. — Vol. 7, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevmaterials.7.044201>.
35. Bao Qiaoliang, Loh Kian Ping. Graphene photonics, plasmonics, and broadband optoelectronic devices // *ACS Nano*. — 2012. — may. — Vol. 6, no. 5. — P. 3677–3694. — URL: <https://doi.org/10.1021/nn300989g>.
36. Grigorenko A. N., Polini M., Novoselov K. S. Graphene plasmonics // *Nature Photonics*. — 2012. — nov. — Vol. 6, no. 11. — P. 749–758. — URL: <https://doi.org/10.1038/nphoton.2012.262>.
37. de Abajo F. Javier García. Graphene plasmonics: challenges and opportunities // *ACS Photonics*. — 2014. — feb. — Vol. 1, no. 3. — P. 135–152. — URL: <https://doi.org/10.1021/ph400147y>.
38. Graphene plasmonics: physics and potential applications / Shenyang Huang [et al.] // *Nanophotonics*. — 2016. — oct. — Vol. 6, no. 6. — P. 1191–1204. — URL: <https://doi.org/10.1515/nanoph-2016-0126>.
39. Flatland plasmonics and nanophotonics based on graphene and beyond / Pai-Yen Chen [et al.] // *Nanophotonics*. — 2017. — apr. — Vol. 6, no. 6. — P. 1239–1262. — URL: <https://doi.org/10.1515/nanoph-2016-0137>.

40. Low Tony, Avouris Phaedon. Graphene plasmonics for terahertz to mid-infrared applications // ACS Nano. — 2014. — jan. — Vol. 8, no. 2. — P. 1086–1101. — URL: <https://doi.org/10.1021/nn406627u>.
41. Polaritons in layered two-dimensional materials / Tony Low [et al.] // Nature Materials. — 2016. — nov. — Vol. 16, no. 2. — P. 182–194. — URL: <https://doi.org/10.1038/nmat4792>.
42. Mikhailov S. A., Ziegler K. New electromagnetic mode in graphene // Physical Review Letters. — 2007. — jul. — Vol. 99, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.99.016803>.
43. Hanson George W. Quasi-transverse electromagnetic modes supported by a graphene parallel-plate waveguide // Journal of Applied Physics. — 2008. — oct. — Vol. 104, no. 8. — P. 084314. — URL: <https://doi.org/10.1063/1.3005881>.
44. A primer on surface plasmon-polaritons in graphene / Yu. V. Bludov [et al.] // International Journal of Modern Physics B. — 2013. — apr. — Vol. 27, no. 10. — P. 1341001. — URL: <https://doi.org/10.1142/s0217979213410014>.
45. Kotov O. V., Kol'chenko M. A., Lozovik Yu. E. Ultrahigh refractive index sensitivity of TE-polarized electromagnetic waves in graphene at the interface between two dielectric media // Optics Express. — 2013. — may. — Vol. 21, no. 11. — P. 13533. — URL: <https://doi.org/10.1364/oe.21.013533>.
46. Plasmons in waveguide structures formed by two graphene layers / P. I. Buslaev [et al.] // JETP Letters. — 2013. — jul. — Vol. 97, no. 9. — P. 535–539. — URL: <https://doi.org/10.1134/s0021364013090063>.
47. Multilayer graphene waveguides / D. A. Smirnova [et al.] // JETP Letters. — 2014. — jun. — Vol. 99, no. 8. — P. 456–460. — URL: <https://doi.org/10.1134/s002136401408013x>.
48. Plasmons in Cylindrical 2D Materials as a Platform for Nanophotonic Circuits / Irati Soto Lamata [et al.] // ACS Photonics. — 2015. — jan. — Vol. 2, no. 2. — P. 280–286. — URL: <https://doi.org/10.1021/ph500377u>.
49. Transverse-electric plasmonic modes of cylindrical graphene-based waveguide at near-infrared and visible frequencies / Dmitry A. Kuzmin [et al.] // Scientific Reports. — 2016. — may. — Vol. 6, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1038/srep26915>.
50. Analytical model for plasmon modes in graphene-coated nanowire / Yixiao Gao [et al.] // Optics Express. — 2014. — sep. — Vol. 22, no. 20. — P. 24322. — URL: <https://doi.org/10.1364/oe.22.024322>.
51. Koppens Frank H. L., Chang Darrick E., de Abajo F. Javier García. Graphene Plasmonics: A Platform for Strong Light–Matter Interactions // Nano Letters. — 2011. — jul. — Vol. 11, no. 8. — P. 3370–3377. — URL: <https://doi.org/10.1021/nl201771h>.

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

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

Original article
PACS 01.40.Di
OCIS 240.5420
MSC 00A79

Development of a distance course on graphene nanoplasmonics

K. K. Altunin , E. E. Volkova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted May 16, 2023
Resubmitted May 17, 2023
Published June 5, 2023

Abstract. The results of the development of a distance course on graphene nanoplasmonics in the MOODLE learning management system are described. The results of the development of a modular structure for a distance course on graphene nanoplasmonics in the learning management system MOODLE are discussed. The results of the development of the main elements of the distance course on graphene nanoplasmonics in the learning management system MOODLE are discussed. The results of the development of knowledge control elements for the course of graphene nanoplasmonics in the learning management system MOODLE are discussed. The results of an expert evaluation of a distance course on graphene nanoplasmonics in the learning management system MOODLE are presented.

Keywords: nanoplasmonics, graphene, plasmon, nanocomposite, distance course, learning management system, course element

References

1. Dutta Debasis, Chakraborty Atasi, Agarwal Amit. Intrinsic nonreciprocal bulk plasmons in noncentrosymmetric magnetic systems // *Physical Review B*. — 2023. — apr. — Vol. 107, no. 16. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.107.165404>.
2. Cyclotron and magnetoplasmon resonances in bilayer graphene ratchets / E. Mönch [et al.] // *Physical Review B*. — 2023. — mar. — Vol. 107, no. 11. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.107.115408>.
3. Safarzadeh Fatemeh, Farzad Mahmood Hosseini. Nanoplasmonic hybrid hotspot in graphene transistor // *Physical Review B*. — 2023. — feb. — Vol. 107, no. 7. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.107.075439>.
4. Jeyar Youssef, Antezza Mauro, Guizal Brahim. Electromagnetic scattering by a partially graphene-coated dielectric cylinder: Efficient computation and multiple plasmonic resonances // *Physical Review E*. — 2023. — feb. — Vol. 107, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreve.107.025306>.
5. Nanoscale infrared imaging and spectroscopy of hot-electron plasmons in graphene / Yilong Luan [et al.] // *Physical Review B*. — 2023. — feb. — Vol. 107, no. 8. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.107.085414>.

6. Paul Nayan K., Gomez-Diaz J. Sebastian. Lateral recoil optical forces on nanoparticles near nonreciprocal surfaces // *Physical Review B*. — 2023. — jan. — Vol. 107, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.107.035417>.
7. Toshio Riki, Kawakami Norio. Plasmonic quantum nonlinear Hall effect in noncentrosymmetric two-dimensional materials // *Physical Review B*. — 2022. — nov. — Vol. 106, no. 20. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.1201301>.
8. Optical Response of Periodic Arrays of Graphene Nanodisks / Juan R. Deop-Ruano [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — oct. — Vol. 18, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.18.044071>.
9. Active control of thermal emission by graphene-nanowire coupled plasmonic metasurfaces / Jiayu Li [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — sep. — Vol. 106, no. 11. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.115416>.
10. Resonant Plasmonic Terahertz Detection in Gated Graphene p-i-n Field-Effect Structures Enabled by Nonlinearity from Zener-Klein Tunneling / V. Ryzhii [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — sep. — Vol. 18, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.18.034022>.
11. Imaging Stacking-Dependent Surface Plasmon Polaritons in Trilayer Graphene / Yilong Luan [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — aug. — Vol. 18, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.18.024052>.
12. Optical interface engineering with on-demand magnetic surface conductivities / Yuhan Zhong [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — jul. — Vol. 106, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.035304>.
13. Switching from electromagnetic to chemical mechanism in quantum plasmonic tip-induced graphene oxide enhanced Raman scattering / Hana N. Hrim [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — jul. — Vol. 106, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.035410>.
14. Magnetic resonance of plasmonic modulation and switchable routing in gated graphene waveguides and their robustness and broadband tunability / Kum-Dong Kim [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — jul. — Vol. 106, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.1041401>.
15. Alebrahim Elnaz, Harouni Malek Bagheri, Amooghorban Ehsan. Influence of spherical anisotropy on optical mass sensing in plasmonic-molecular optomechanics // *Physical Review A*. — 2022. — jun. — Vol. 105, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.105.062609>.
16. Wang Ningning, Ding Linhui, Wang Weihua. Magnetoplasmonic coupling in graphene nanodisk dimers: An extended coupled-dipole model for circularly polarized states // *Physical Review B*. — 2022. — jun. — Vol. 105, no. 23. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.235435>.
17. Dielectric function of epitaxial quasi-freestanding monolayer graphene on Si-face 6H-SiC in a broad spectral range / Kristupas Kazimieras Tikuišis [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2023. — apr. — Vol. 7, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevmaterials.7.044201>.

18. Bao Qiaoliang, Loh Kian Ping. Graphene photonics, plasmonics, and broadband optoelectronic devices // *ACS Nano*. — 2012. — may. — Vol. 6, no. 5. — P. 3677–3694. — URL: <https://doi.org/10.1021/nm300989g>.
19. Grigorenko A. N., Polini M., Novoselov K. S. Graphene plasmonics // *Nature Photonics*. — 2012. — nov. — Vol. 6, no. 11. — P. 749–758. — URL: <https://doi.org/10.1038/nphoton.2012.262>.
20. de Abajo F. Javier García. Graphene plasmonics: challenges and opportunities // *ACS Photonics*. — 2014. — feb. — Vol. 1, no. 3. — P. 135–152. — URL: <https://doi.org/10.1021/ph400147y>.
21. Graphene plasmonics: physics and potential applications / Shenyang Huang [et al.] // *Nanophotonics*. — 2016. — oct. — Vol. 6, no. 6. — P. 1191–1204. — URL: <https://doi.org/10.1515/nanoph-2016-0126>.
22. Flatland plasmonics and nanophotonics based on graphene and beyond / Pai-Yen Chen [et al.] // *Nanophotonics*. — 2017. — apr. — Vol. 6, no. 6. — P. 1239–1262. — URL: <https://doi.org/10.1515/nanoph-2016-0137>.
23. Low Tony, Avouris Phaedon. Graphene plasmonics for terahertz to mid-infrared applications // *ACS Nano*. — 2014. — jan. — Vol. 8, no. 2. — P. 1086–1101. — URL: <https://doi.org/10.1021/nn406627u>.
24. Polaritons in layered two-dimensional materials / Tony Low [et al.] // *Nature Materials*. — 2016. — nov. — Vol. 16, no. 2. — P. 182–194. — URL: <https://doi.org/10.1038/nmat4792>.
25. Mikhailov S. A., Ziegler K. New electromagnetic mode in graphene // *Physical Review Letters*. — 2007. — jul. — Vol. 99, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.99.016803>.
26. Hanson George W. Quasi-transverse electromagnetic modes supported by a graphene parallel-plate waveguide // *Journal of Applied Physics*. — 2008. — oct. — Vol. 104, no. 8. — P. 084314. — URL: <https://doi.org/10.1063/1.3005881>.
27. A primer on surface plasmon-polaritons in graphene / Yu. V. Bludov [et al.] // *International Journal of Modern Physics B*. — 2013. — apr. — Vol. 27, no. 10. — P. 1341001. — URL: <https://doi.org/10.1142/s0217979213410014>.
28. Kotov O. V., Kol'chenko M. A., Lozovik Yu. E. Ultrahigh refractive index sensitivity of TE-polarized electromagnetic waves in graphene at the interface between two dielectric media // *Optics Express*. — 2013. — may. — Vol. 21, no. 11. — P. 13533. — URL: <https://doi.org/10.1364/oe.21.013533>.
29. Plasmons in waveguide structures formed by two graphene layers / P. I. Buslaev [et al.] // *JETP Letters*. — 2013. — jul. — Vol. 97, no. 9. — P. 535–539. — URL: <https://doi.org/10.1134/s0021364013090063>.
30. Multilayer graphene waveguides / D. A. Smirnova [et al.] // *JETP Letters*. — 2014. — jun. — Vol. 99, no. 8. — P. 456–460. — URL: <https://doi.org/10.1134/s002136401408013x>.

31. Plasmons in Cylindrical 2D Materials as a Platform for Nanophotonic Circuits / Irati Soto Lamata [et al.] // ACS Photonics. — 2015. — jan. — Vol. 2, no. 2. — P. 280–286. — URL: <https://doi.org/10.1021/ph500377u>.
32. Transverse-electric plasmonic modes of cylindrical graphene-based waveguide at near-infrared and visible frequencies / Dmitry A. Kuzmin [et al.] // Scientific Reports. — 2016. — may. — Vol. 6, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1038/srep26915>.
33. Analytical model for plasmon modes in graphene-coated nanowire / Yixiao Gao [et al.] // Optics Express. — 2014. — sep. — Vol. 22, no. 20. — P. 24322. — URL: <https://doi.org/10.1364/oe.22.024322>.
34. Koppens Frank H. L., Chang Darrick E., de Abajo F. Javier García. Graphene Plasmonics: A Platform for Strong Light–Matter Interactions // Nano Letters. — 2011. — jul. — Vol. 11, no. 8. — P. 3370–3377. — URL: <https://doi.org/10.1021/nl201771h>.
35. Krasavin A. V., Zheludev N. I. Active plasmonics: Controlling signals in Au/Ga waveguide using nanoscale structural transformations // Applied Physics Letters. — 2004. — feb. — Vol. 84, no. 8. — P. 1416–1418. — URL: <https://doi.org/10.1063/1.1650904>.
36. Exciton-Plasmon-Photon Conversion in Plasmonic Nanostructures / Y. Fedutik [et al.] // Physical Review Letters. — 2007. — sep. — Vol. 99, no. 13. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.99.136802>.
37. Active magneto-plasmonics in hybrid metal–ferromagnet structures / Vasily V. Temnov [et al.] // Nature Photonics. — 2010. — jan. — Vol. 4, no. 2. — P. 107–111. — URL: <https://doi.org/10.1038/nphoton.2009.265>.
38. Enhancement of Multiphoton Emission from Single CdSe Quantum Dots Coupled to Gold Films / Sharonda J. LeBlanc [et al.] // Nano Letters. — 2013. — mar. — Vol. 13, no. 4. — P. 1662–1669. — URL: <https://doi.org/10.1021/nl400117h>.
39. Abbasi Fereshteh, Davoyan Arthur R, Engheta Nader. One-way surface states due to nonreciprocal light-line crossing // New Journal of Physics. — 2015. — jun. — Vol. 17, no. 6. — P. 063014. — URL: <https://doi.org/10.1088/1367-2630/17/6/063014>.
40. Kurkin M. I., Bakulina N. B., Pisarev R. V. Transient inverse Faraday effect and ultrafast optical switching of magnetization // Physical Review B. — 2008. — oct. — Vol. 78, no. 13. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.78.134430>.
41. Ultrafast Spin Dynamics in Multisublattice Magnets / J. H. Mentink [et al.] // Physical Review Letters. — 2012. — jan. — Vol. 108, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.108.057202>.
42. Kirilyuk Andrei, Kimel Alexey V, Rasing Theo. Laser-induced magnetization dynamics and reversal in ferrimagnetic alloys // Reports on Progress in Physics. — 2013. — feb. — Vol. 76, no. 2. — P. 026501. — URL: <https://doi.org/10.1088/0034-4885/76/2/026501>.
43. Kurkin M.I., Orlova N.B. Femtosecond magneto-optics and ultrafast magnetization reversal of ferromagnetic // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. — 2014. — jun. — Vol. 361. — P. 224–231. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2014.02.079>.

44. Belotelov V. I., Doskolovich L. L., Zvezdin A. K. Extraordinary Magneto-Optical Effects and Transmission through Metal-Dielectric Plasmonic Systems // *Physical Review Letters*. — 2007. — feb. — Vol. 98, no. 7. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.98.077401>.
45. Surface Plasmon Resonance Enhanced Magneto-Optics (SuPREMO): Faraday Rotation Enhancement in Gold-Coated Iron Oxide Nanocrystals / Prashant K. Jain [et al.] // *Nano Letters*. — 2009. — mar. — Vol. 9, no. 4. — P. 1644–1650. — URL: <https://doi.org/10.1021/nl900007k>.
46. Localized surface plasmon resonance enhanced magneto-optical activity in core-shell Fe–Ag nanoparticles / L. Wang [et al.] // *Journal of Applied Physics*. — 2010. — may. — Vol. 107, no. 9. — P. 09B303. — URL: <https://doi.org/10.1063/1.3355905>.
47. Enhanced magneto-optical effects in magnetoplasmonic crystals / V. I. Belotelov [et al.] // *Nature Nanotechnology*. — 2011. — apr. — Vol. 6, no. 6. — P. 370–376. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2011.54>.
48. Waveguide-Plasmon Polaritons Enhance Transverse Magneto-Optical Kerr Effect / Lars E. Kreilkamp [et al.] // *Physical Review X*. — 2013. — nov. — Vol. 3, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevx.3.041019>.
49. Photonic crystals with plasmonic patterns: novel type of the heterostructures for enhanced magneto-optical activity / N. E. Khokhlov [et al.] // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2015. — feb. — Vol. 48, no. 9. — P. 095001. — URL: <https://doi.org/10.1088/0022-3727/48/9/095001>.
50. Nonlinear surface magnetoplasmonics in Kretschmann multilayers / Ilya Razdolski [et al.] // *ACS Photonics*. — 2016. — jan. — Vol. 3, no. 2. — P. 179–183. — URL: <https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.5b00504>.
51. Temnov Vasily V. Ultrafast acousto-magneto-plasmonics // *Nature Photonics*. — 2012. — nov. — Vol. 6, no. 11. — P. 728–736. — URL: <https://doi.org/10.1038/nphoton.2012.220>.

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

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

Научная статья
УДК 53.01
ББК 22.31
ГРНТИ 29.01.45
ВАК 05.13.00
PACS 01.40.Di
OCIS 310.6845
MSC 00A79

Разработка дистанционного курса по оптике нанопокровтий

К. К. Алтунин^{id}, Е. С. Штром^{id}¹

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

Поступила в редакцию 15 мая 2023 года

После переработки 17 мая 2023 года

Опубликована 5 июня 2023 года

Аннотация. Обсуждаются результаты разработки дистанционного курса по оптике нанопокровтий в системе управления обучением MOODLE. Описаны результаты разработки модульной структуры и материалов дистанционного курса «Оптика нанопокровтий», созданного для информационной поддержки преподавания учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных нанопокровтий» в процессе практико-ориентированной подготовки педагога в бакалавриате педагогического университета в условиях смешанного обучения в университете. Представлено описание избранных элементов дистанционного курса по оптике нанопокровтий в системе управления обучением MOODLE. Использование дистанционного курса по оптике нанопокровтий открывает возможность реализации смешанного обучения по оптике тонкослойных и наноструктурных покровтий в университете.

Ключевые слова: физика, оптика, нанопокровтие, оптика нанопокровтий, система управления обучением, дистанционный курс

Введение

Целью исследования является описание процесса разработки дистанционного курса «Оптика нанопокровтий». Задача исследования состоит в разработке модульной структуры и материалов дистанционного курса «Оптика нанопокровтий» в системе управления обучением MOODLE.

Объектом исследования является дистанционный курс «Оптика нанопокровтий».

Предметом исследования является процесс создания информационных и контролирующих элементов дистанционного курса по оптике нанопокровтий в системе управления обучением MOODLE.

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать дистанционный курс «Оптика нанопокровтий», созданный в системе управления обучением MOODLE, то

¹E-mail: shtrom98@mail.ru

можно оптимизировать процесс информационной поддержки преподавания учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных нанопокровтий».

Практическая значимость исследования заключается в том, что апробирован и внедрён в педагогическую практику университета дистанционный курс по оптике нанопокровтий, созданный на основе теоретических материалов по оптическим свойствам наноструктурных покровтий и наносистем. Использование дистанционного курса по оптике нанопокровтий открывает возможность реализации смешанного обучения по оптике тонкослойных и наноструктурных покровтий.

Базой создания информационной поддержки преподавания оптики тонкослойных и наноструктурных покровтий является система управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

Обзор работ по оптическим свойствам тонких плёнок

В статье [1] представлена тонкая магнитная плёнка с слабой ферримагнитной фазой выше температуры Нееля ($T_N = 240$ К) и неколлинеарной антиферромагнитной фазой ниже, демонстрирующей небольшую чистую намагниченность из-за скоса магнитных моментов, связанного с деформацией. Дальнеупорядоченная ферримагнитная фаза была предсказана в родственных материалах, но без анализа симметрии. Теперь мы выполняем этот анализ и используем его для расчета спектров магнитооптического эффекта Керра в антиферромагнитной и ферримагнитной фазах. Исходя из хорошего соответствия между формой измеренного и предсказанного спектров магнитооптического эффекта Керра, предполагается, что антиферромагнитная и ферримагнитная фазы имеют общую магнитную пространственную группу $C2'/m'$ и что магнитооптические и магнитотранспортные свойства, обусловленные симметрией, максимальны при комнатной температуре в ферримагнитной фазе из-за ненулевого вклада собственной фазы Берри, присутствующего в этих материалах. Ферримагнетик комнатной температуры с большими оптическими и транспортными характеристиками, а также чувствительностью к деформации решётки и магнитному полю имеет полезные перспективы для приложений высокоскоростной спинтроники.

В течение десятилетий исследователи изучали нестабильность формирования рисунка в тонких пленках со свободной поверхностью в надежде разработать альтернативные методы литографии для приложений, требующих пределов разрешения только в субмикронном диапазоне. Предыдущие исследования показали, как можно изменять шаг и форму элементов в массиве, регулируя величину поверхностных сил и время роста до затвердевания на месте. Поскольку образования естественным образом возникают из исходной плоской расплавленной пленки, окончательные массивы имеют сверхгладкие границы раздела и поэтому идеально подходят для приложений формирования луча, таких как тонкоплёночная микрооптика. Однако прогресс в этой области застыл из-за самой природы процесса формирования. Даже когда большое внимание уделяется тому, чтобы исходные пленки были бездефектными, окончательные массивы по-прежнему демонстрируют неприемлемую изменчивость шага, формы и высоты из-за повсеместных источников шума, ответственных за нестабильность и рост. В работе [2] приведено описание термокапиллярной нестабильности в тонких расплавленных пленках, подвергающихся воздействию очень большого температурного градиента. В работе [2] начинается обсуждение и демонстрация того, почему эта нестабильность неразрывно приводит к сильно неупорядоченным массивам, даже если она инициализирована пленкой с очень малой амплитудой шероховатости поверхности. В статье [2] показано, как пространственно-периодическая модуляция теплового поля, реализованная тремя различными способами, может вызывать синхронный рост очень однородных периодических массивов, несмотря на зашумлённые начальные условия. Результаты, основанные

на линейном и слабонелинейном анализе устойчивости, анализе блоховских волн и прямом численном моделировании уравнения интерфейса, показывают, как резонансные длины волн, возникающие между модуляцией и управляющими полями нестабильности, ответственны за такой быстрый и когерентный рост. Дополнительным преимуществом является то, что поле модуляции может быть выбрано так, чтобы шаг решётки был намного меньше, чем в немодулированных системах.

С учётом электрооптических модуляторов и переключателей, работающих в терагерцовом диапазоне частот, в статье [3] исследуем поглощение тонкой плёнки топологического изолятора, находящейся в постоянном электрическом поле. Принимая гамильтониан для трёхмерного класса топологических изоляторов Bi_2Se_3 , включая члены второго порядка по волновому вектору электрона и первого порядка по электрическому полю, в статье [3] представлена эффективная модель тонкой плёнки топологического изолятора. В статье [3] продемонстрированы различные влияния внешних электрических полей в плоскости и вне плоскости, дихроизм, индуцированный электрическим полем в плоскости, а также настройку электрического поля и химического потенциала края поглощения. Под действием внеплоскостного электрического поля плёнка топологического изолятора толщиной около 2 нм проявляет значительное поглощение на границе поглощения. Важнейшее практическое значение имеет то, что край поглощения можно сместить примерно на 0.3 эВ при приложении умеренных электрических полей примерно на 0.4 В/нм или при изменении химического потенциала примерно на 0.3 эВ.

Гибридные сверхпроводящие фотонные микрорезонаторы являются перспективной платформой для реализации преобразования микроволнового излучения в оптическое. Однако поглощение рассеянных фотонов сверхпроводниками приводит к непреднамеренному изменению частоты микроволнового резонанса и уширению ширины линии. В статье [4] экспериментально изучается динамика этого эффекта и его влияние на преобразование микроволнового излучения в оптическое в интегрированной платформе гибридного резонатора ниобат лития-сверхпроводник. В статье [4] раскрывается адиабатический сдвиг частоты внутрирезонаторных микроволновых фотонов, вызванный быстрым фотооткликом тонкопленочного сверхпроводящего резонатора. В результате временные и спектральные характеристики электрооптической трансдукции модифицируются и хорошо описываются теоретической моделью. В статье [4] даётся представление о динамике индуцированного светом преобразования, которое необходимо учитывать в будущих конструкциях гибридной сверхпроводящей фотонной системы.

Управление напряжением и электрическим полем сверхбыстрой динамики намагничивания в магнитоэлектриках открывает новые возможности для электронной настройки с меньшим на порядки энергопотреблением, улучшенным временем отклика настройки и более компактным форм-фактором по сравнению с обычным управлением магнитным полем динамики намагничивания. Магнитоэлектрически настроенная динамика намагниченности, управляемая лазером, потенциально может обеспечить следующее поколение оптомагнитных устройств от терагерцовой связи до оптической магнитной записи. В статье [5] описаны результаты изготовления магнитоэлектрической гетероструктуры, в частности ферромагнитную тонкую плёнку, нанесённую на ферроэлектрическую подложку, чтобы изучить настройку электрического поля при сверхбыстром размагничивании и понять, как магнитная анизотропия изменяется после размагничивания. В статье [5] охарактеризована магнитоэлектрическая связь исследуемой гетероструктуры, чтобы продемонстрировать статическую и динамическую перестраиваемость намагниченности с приложенным электрическим полем. В статье [5] использован магнитооптический эффект Керра с временным разрешением, чтобы понять сверхбыстрый процесс размагничивания в различных приложенных электрических и магнитных

полях. Обычно наблюдаемое вызванное деформацией магнитное вращение легкой оси в ферромагнитной и сегнетоэлектрической гетероструктуре также наблюдалось для настройки сверхбыстрого размагничивания тонкой ферромагнитной пленки, нанесенной на ферроэлектрическую подложку, в эксперименте. Кроме того, в статье [5] обнаружено, что вращение намагниченности может быть достигнуто с более низким электрическим полем по сравнению со статической настройкой без лазерного нагрева. Кроме того, в статье [5] наблюдали петли гистерезиса после сверхбыстрого размагничивания и обнаружили, что магнитоэлектрическая гетероструктура демонстрирует смесь летучих и нелетучих свойств. Эти результаты проливают свет на потенциал магнитоэлектрической гетероструктуры для сверхбыстрых оптомагнитных устройств и настройки электрического поля спинтронных ТГц-излучателей.

Ансамбли мессбауэровских ядер, внедрённые в тонкоплёночные резонаторы, образуют перспективную платформу для рентгеновской квантовой оптики. Ключевой особенностью является то, что совместную систему ядро-полость можно рассматривать как искусственную рентгеновскую многоуровневую схему в режиме низкого возбуждения. Используя среду резонатора, структура и параметры таких схем уровней могут быть изменены по сравнению с теми, которые предлагаются голыми ядрами. Однако до сих пор прямое определение структуры резонатора, обеспечивающей желаемую квантово-оптическую функциональность, оставалось открытой задачей. В статье [6] решается эта проблема, используя методологию обратного проектирования. В качестве первого качественного результата мы показываем, что установленный подход к подгонке, основанный на наблюдаемых рассеяния, в целом не уникален, поскольку анализ может привести к различным многоуровневым системам для одного и того же резонатора, если он основан на наблюдаемых в разных каналах рассеяния. Руководствуясь этим, в статье [6] различаются сигнатуры рассеяния и схему микроскопического уровня как отдельные цели проектирования. В статье [6] считается, что обе цели проектирования имеют практическое значение и что они дополняют друг друга в отношении потенциальных применений. В статье [6] демонстрируется обратный дизайн для обеих целей, используя примеры задач, таких как реализация прозрачности, вызванной электромагнитным полем. В статье [6] показано, что полученные результаты открывают путь к будущим приложениям в ядерной квантовой оптике, включая более сложные конструкции рентгеновского резонатора.

В статье [7] сообщается о методе графической инженерии доменов с возможностью изготовления макроразмерных доменных структур с наноразмерным пространственным разрешением в тонкой плёнке ниобата лития с неполярным разрезом на изоляторах с помощью смещенного наконечника зонда сканирующей атомно-силовой микроскопии. Обнаружено, что процесс записи доменов асимметричен по отношению к спонтанной поляризации \mathbf{P}_s , даже несмотря на то, что поле полинга, индуцированное иглой, зеркально симметрично. Различные доменные структуры размером более миллиметров, состоящие из наноразмерных доменных элементов и с произвольным углом наклона доменных стенок по отношению к спонтанной поляризации \mathbf{P}_s , проектируются графически, а затем записываются непосредственно в кристаллы ниобата лития неполярной огранки. В качестве доказательства принципа была изготовлена периодически поляризованная тонкая плёнка ниобата лития x -среза на изоляторах с периодом 600 нм, глубиной 460 нм и длиной примерно 1 мм. Этот метод может быть полезен для приборных приложений в интегральной оптике и оптоэлектронике и наноэлектронике доменных стенок на основе ниобата лития на изоляторах.

Методы дифференциальной абсорбционной спектроскопии служат мощными методами изучения возбужденных частиц в органических солнечных элементах. Однако всегда было сложно использовать эти методы для характеристики органических солнеч-

ных элементов с толстым переходом, особенно когда задействован отражающий верхний контакт. В статье [8] представлено подробное и систематическое исследование того, как сочетание наличия эффекта интерференции и неоднородного профиля распределения заряда сильно влияет на экспериментальные спектры и динамику распада. Кроме того, в статье [8] предложена практическая методология для исправления этих оптических артефактов в спектроскопии дифференциального поглощения. Результаты и предлагаемый метод коррекции в целом применимы ко всем видам методов дифференциальной абсорбционной спектроскопии и различным тонкопленочным системам, таким как органика, перовскиты, кестериты и двумерные материалы. В частности, обнаружено, что форма дифференциальных спектров поглощения может сильно искажаться, начиная с толщины активного слоя 150 нм; это соответствует диапазону толщины органических солнечных элементов с толстым переходом и большинства перовскитных солнечных элементов, и его необходимо тщательно учитывать в экспериментах. Кроме того, обнаружено, что динамика затухания дифференциальных спектров поглощения при определенных условиях нарушается оптическими артефактами. С помощью предложенного формализма коррекции дифференциальные спектры и динамика затухания могут быть охарактеризованы на полном устройстве тонкопленочных солнечных элементов в режиме пропускания и давать точные и надежные результаты, чтобы обеспечить правила проектирования для дальнейшего прогресса.

В статье [9] представлена эффективная нелинейная модель коэффициента связанной моды для оценки и анализа процесса генерации второй гармоники по схеме квазифазового синхронизма в тонкой плёнке ниобата лития с периодической поляричностью. Теоретическая модель выводится непосредственно из нелинейных уравнений связанных мод и упрощает процесс квазифазового синхронизма в тонкой плёнке ниобата лития с периодической поляричностью. Результаты моделирования превосходно согласуются со строгими численными расчётами в различных ситуациях. В статье [9] также предложено использовать чирпированную периодически поляризованную тонкую плёнку ниобата лития для достижения генерации второй гармоники ультракоротких лазерных импульсов и разработать теорию широкополосных нелинейных связанных мод для оценки этого сложного процесса нелинейного взаимодействия. Все частотные компоненты основной волны и волны второй гармоники были рассмотрены в теории, и спектральная эволюция основной волны и волны второй гармоники может быть получена путём решения ряда нелинейных уравнений связанных мод. Чирпированная периодически поляризованная тонкая плёнка ниобата лития поддерживает широкополосное преобразование с повышением частоты в телекоммуникационных диапазонах и может генерировать широкополосные запутанные фотоны в инфракрасном диапазоне, что демонстрирует большой потенциал в оптической связи и квантовой оптике. Разработанные теории обеспечивают эффективный инструмент для проектирования и оптимизации периодически поляризованного ниобата лития и тонкой плёнки периодически поляризованного ниобата лития для различных приложений на основе нелинейного преобразования частоты и помогают достичь высокой эффективности встроенной генерации второй гармоники ультракороткого лазерного импульса.

Совсем недавно были получены малослойные плёнки селена и теллура, которые обеспечивают новую платформу для изучения новых свойств двумерных элементарных материалов. В статье [10] выполнено систематическое исследование первых принципов электронных, линейных и нелинейных оптических свойств атомарно тонких плёнок селена и теллура в рамках теории функционала плотности с обобщенным градиентным приближением плюс ножничная коррекция с использованием ширины запрещенной зоны из релятивистские гибридные функциональные расчёты Хейда-Скузериа-Эрнцергофа. Базовые атомные структуры этих материалов определяются теоретически

с использованием строго ограниченного и соответствующим образом нормированного обменно-корреляционного функционала. Интересно, что в статье [10] обнаружено, что малослойные Se и Te обладают большой генерацией второй гармоники, линейным электрооптическим эффектом и объемным фотогальваническим эффектом. Наконец, анализ рассчитанных электронных зонных структур показывает, что сильные нелинейные оптические отклики двумерных материалов Se и Te в первую очередь обусловлены их низкоразмерными структурами с высокой анизотропией, направленной ковалентной связью, неподеленной парой электронов и относительно небольшими полосы пропускания. Эти результаты обеспечивают практическую стратегию поиска превосходных материалов с нелинейно-оптическими и объёмными фотогальваническими эффектами.

За последние несколько лет ReS_2 вызвал множество вопросов, оставленных без внимания, относительно его структуры, сопутствующих электронных свойств, зависящих от толщины, и его явно контрастирующего экспериментального оптического отклика. В статье [11], с тщательными исследованиями первых принципов, используя теорию функционала плотности и теорию функционала плотности, зависящую от времени, идентифицируется структура ReS_2 , которая способна воспроизводить и анализировать зависящий от слоя оптический отклик. Теоретические результаты подтверждаются углубленным структурным, химическим, оптическим и оптоэлектронным анализом тонких плёнок ReS_2 большой площади. Микрорамановская, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, просвечивающая электронная микроскопия поперечного сечения и энергодисперсионный рентгеновский анализ позволили оптимизировать равномерный рост плёнок. Корреляция между оптическими и электронными свойствами была установлена с помощью измерений статической фотолюминесценции и переходного поглощения в возбуждённом состоянии. Локализованные среднещелевые состояния, индуцированные вакансиями серы, обеспечивают значительное время жизни экситонов в этих плёнках.

При разработке квантовых преобразователей, преобразующих микроволновое излучение в оптическое, основной проблемой остаётся подавление добавленного шума, вызванного оптическим возбуждением. В статье [12] сообщается об интегральной электрооптической схеме сверхпроводящего резонатора на основе монокристаллического тонкопленочного нитрида алюминия со сверхнизкими микроволновыми и оптическими потерями. В статье [12] демонстрируется эффективное двунаправленное преобразование микроволнового излучения в оптическое при температурах в милликельвины с тепловым возбуждением микроволн в состоянии, близком к основному, несмотря на то, что пиковая мощность оптического привода превышает охлаждающую способность смесительной камеры рефрижератора растворения. Динамическое исследование дополнительно раскрывает различные механизмы генерации светоиндуцированного шума и даёт важные рекомендации по оптимизации электрооптических схем в будущих гибридных микроволново-оптических квантовых каналах связи.

Фотолюминесцентная спектроскопия с высоким угловым разрешением является мощным инструментом для исследования свойств светоизлучающих тонкопленочных структур. Например, он может дать информацию об ориентации переходного дипольного момента в органических эмиссионных слоях, что является одним из важнейших параметров, определяющих эффективность органических светодиодов. В статье [13] представлено усовершенствование одной из основных экспериментальных конфигураций, используемых для таких измерений ориентации. Метод основан на пошаговом вращении оптически возбужденного слоя относительно детектора. Прикрепив образец к большому стеклянному полуцилиндру, можно извлечь свет, изначально захваченный подложкой. В статье [13] показано, что, вставив между полуцилиндром и детектором две дополнительные оптические линзы, можно улучшить отношение сигнал/шум примерно на порядок. В статье [13] получена модель лучевой оптики, которая описывает распространение

света в макроскопической установке и позволяет охарактеризовать влияние отклонений от теоретических идеальных конфигураций измерений. Численные предсказания экспериментально подтверждены анализом эмиссионных слоёв квантовых точек в качестве изотропного эталона и установленными молекулами органических эмиттеров с хорошо известными значениями ориентации.

Для поликристаллических тонких плёнок с обменным смещением макроскопические магнитные свойства возникают в результате сложного взаимодействия различных индивидуальных магнитных анизотропий, которые непосредственно связаны с распределением объёма зерен, а также с кристаллической и межфазной структурой системы слоёв. Количественное сравнение моделей, описывающих наблюдаемое на макроскопическом уровне обменное смещение с помощью вклада анизотропии, в большинстве случаев затруднено из-за пренебрежения их зависимостью от времени в отношении времени сбора и хранения данных. Используя недавно разработанную модель, в статье [14] показано, что можно связать зависящие от времени части преобладающей анизотропии с параметрами, описывающими поликристаллическую структуру системы слоёв. Модель будет сравниваться с экспериментами на прототипе бислоя IrMn/CoFe, где структурные и магнитные параметры систематически изменялись путём изменения скорости осаждения антиферромагнитного слоя и температуры охлаждения в поле. Комбинация измерений с угловым разрешением, полученных с помощью векторной магнитооптической керровской магнитометрии, и систематического анализа поликристаллической структуры позволяет выделить различные вклады анизотропии в макроскопическое обменное смещение и коэрцитивные поля и служит проверкой используемой модели.

Универсальные оптические устройства создаются из анизотропных и градиентных материалов на основе трансформационной оптики, которые обычно сложно реализовать. В статье [15], используя конформную эквивалентность, демонстрируется, что плоский оптический тонкопленочный волновод с градиентным показателем преломления эквивалентен искривленному однородному оптическому тонкопленочному волноводу для световых лучей. Такая взаимосвязь даёт альтернативный метод проектирования оптических устройств либо с неоднородной средой, либо с эквивалентно изогнутыми поверхностями, изготовленными только из однородного материала, что приводит к применению в оптических устройствах на кристалле. Кроме того, в статье [15] представлен прототип изогнутого оптического тонкопленочного волновода без вращательной симметрии, который может служить вогнутой линзой. В статье [15] представлен конформный ландшафт двумерного градиентного профиля показателя преломления с точки зрения геометрической оптики.

В статье [16] спектроскопическая эллипсометрия и инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье были применены для извлечения сложных диэлектрических функций от ультрафиолетового до дальнего инфракрасного диапазона высококачественных тонких кристаллических плёнок из распылённого оксида кадмия (In:CdO), легированного индием, на подложках MgO, обладающих плотностью носителей. Для идентификации и анализа трёх основных факторов, влияющих на диэлектрическую функцию и их зависимость от плотности легирования, в статье [16] использовалась модель с множественными осцилляторами: межзонные переходы в видимом диапазоне, возбуждения со свободными носителями (отклик Друде) в ближнем и дальнем инфракрасном диапазоне и инфракрасно-активные оптические фононы в дальнем инфракрасном диапазоне.

Спин-зависимым переносом заряда в магнитных туннельных переходах можно управлять с помощью градиента температуры, который можно использовать для приложений спинтроники и спиновой калоритроники. Для оценки термически индуцированных явлений необходимо знать разницу температур поперек оксидного туннельного барье-

ра, примыкающего к ферромагнитным выводам. В статье [17] получено, что электрон-фононная теплопроводность вблизи туннельного барьера лишь в 5-12 раз больше, чем теплопроводность оксидного туннельного барьера. Поэтому падение электронной температуры примерно на 20 – 30 % больше, чем падение фононной температуры через туннельный барьер.

Оптические поля, усиливаемые поверхностными плазмон-поляритонами, распространяющимися на границах раздела металла и диэлектрика, полезны для усиления нескольких взаимодействий света с веществом, и применение в нелинейной оптике является одним из наиболее важных применений этого типа структуры. В большинстве предыдущих исследований по этому вопросу использовалась нелинейная восприимчивость металлических поверхностей. Однако ограниченные длины взаимодействия света с веществом нелинейной оптики препятствовали переходу технологий к практическому использованию. В статье [18] предпринята попытка решить эту проблему путём выращивания тонких нелинейно-оптических полимерных плёнок на металлических поверхностях. Нелинейные оптические отклики системы характеризовались спектроскопией генерации второй гармоники. В статье [18] получены экспериментальные результаты, которые показали, что оптические поля, усиленные поверхностными плазмон-поляритонами, индуцируют не только поверхностные нелинейности в серебре, но и объёмные нелинейности в нелинейно-оптическом полимере. Существовала оптимальная толщина полимера для преобразования генерации второй гармоники, и большая толщина не всегда приводила к более высокому преобразованию. Максимальная эффективность преобразования была примерно в 40 раз выше, чем у чистой поверхности серебра без полимерного покрытия. Рост и распространение волн генерации второй гармоники были рассмотрены с помощью численного подхода, сочетающего метод матрицы переноса и анализ функции Грина. Эффективность преобразования генерации второй гармоники определялась тремя факторами: коэффициентом усиления поля поверхностных плазмон-поляритонов, длиной нелинейного взаимодействия света с веществом и степенью интерференции между прямой и обратной волнами генерации второй гармоники. Последние два фактора определяли преимущественно оптимальные коэффициенты преобразования генерации второй гармоники. Предлагаемая стратегия гибридизации нелинейно-оптических полимеров приближает к практическому использованию нелинейной плазмоники.

Магнитооптический эффект Керра — хорошо известный и удобный инструмент для характеристики ферромагнитных, ферримагнитных и антиферромагнитных материалов. Во многих методах магнитооптического эффекта Керра используются эффекты, исключительно линейные по намагниченности M . Тем не менее член более высокого порядка, пропорциональный M^2 и называемый квадратичным магнитооптическим эффектом Керра, может вносить дополнительный вклад в экспериментальные данные. В статье [19] представлены подробные измерения квадратичной магнитооптической спектроскопии эффекта Керра в диапазоне 0.8 – 5.5 эВ на основе модифицированного восьминаправленного метода, примененного к тонким плёнкам ферромагнитного ОЦК Fe, выращенным на подложках MgO.

В статье [20] исследованы магнитоплазмонные свойства массивов Ag-Co композитных нанотверстий. Наблюдается, что как плазмонные, так и магнитные свойства композитных массивов нанотверстий Ag-Co сильно зависят от соотношения в составе Ag и Co. Повышенное оптическое пропускание из-за плазмонного резонанса уменьшается с увеличением компонента Co, в то время как эффект вращения Фарадея увеличивается монотонно. Динамика намагниченности композитной тонкой пленки также изменяется за счёт состава и введения массивов дырок. Массивы композитных нанотверстий Ag-Co с содержанием Co 30 % демонстрируют высокие плазмоно-магнитооптические

характеристики по сравнению с массивом композитных нанодоверстий Ti-Co, и отжиг композитов Ag-Co в вакууме может ещё больше улучшить это свойство. В статье [20] все экспериментальные результаты подтверждены расчётами по методу конечно-разностей во временной области. Такой магнитоплазмонный композиционный материал может действовать как класс материалов для магнитоплазмонных устройств или метаматериалов.

В статье [21] рассмотрено распространение светового луча в тонком слое (плёнке) в рамках геометрической оптики. Предполагается, что луч захватывается внутрь слоя за счёт отражающих стенок или полного внутреннего отражения (в случае диэлектрического слоя). Установлено, что для очень тонкой плёнки (масштаб длины определяется кривизной поверхности в данной точке) уравнения, описывающие траекторию светового луча, сводятся к уравнению геодезической на предельной искривленной поверхности. Также были найдены поправки к уравнению траектории, обусловленные конечной толщиной плёнки. Численные расчёты, выполненные для пары примерных искривлённых слоёв (конус, сфера, тор и катеноид), подтверждают, что для тонких слоёв многократно отражающийся луч света распространяется по кривой, близкой к геодезической, но с увеличением толщины слоя эти траектории смещаются друг от друга. Поскольку уравнения траекторий представляют собой сложные нелинейные дифференциальные уравнения, их решения демонстрируют некоторые хаотические черты. Небольшие изменения в начальных условиях приводят к совершенно разным траекториям. Эти хаотические свойства становятся менее значительными, чем тоньше рассматриваемый слой.

Тонкие плёнки нанокристаллов соли свинца предлагают привлекательные возможности в качестве активных сред для оптоэлектроники ближнего инфракрасного диапазона, но страдают от ограниченного компромисса между оптическими и электрическими свойствами. В то время как нанокристаллы, разделенные лигандами нанометровой длины, являются хорошими излучателями света, нанокристаллы, покрытые более короткими молекулами, обеспечивают высокую подвижность носителей, но ухудшают фото- и электролюминесценцию и расширяют узкий спектр излучения. В статье [22] показано, что этого сильного гашения и спектрального расширения можно избежать с помощью нетрадиционного использования металлических антенн. Полученная в результате гибридизация нанокристаллической антенны не только обеспечивает сильное усиление люминесценции, но также позволяет радикально изменить спектр излучения даже на длинах волн, при которых сборка нанокристаллов не излучает свет. Эти результаты не могут быть объяснены стандартной теорией люминесценции одного излучателя с помощью оптических антенн. В статье [22] предложена альтернативная модель, основанная на статистическом описании излучения света ансамблем излучателей, и обсуждаются важные последствия полученных выводов для нанооптики и оптоэлектроники с обработкой растворов.

Новые режимы распространения света возникают из-за возможности настраивать диэлектрическую проницаемость до чрезвычайно низких значений. В статье [23] демонстрируется подход, основанный на низких значениях линейной диэлектрической проницаемости, достигнутых в режиме ϵ , близком к нулю, для увеличения нелинейного показателя преломления, что позволяет значительно изменять свойства материала под действием света. Эксперименты, проведённые на тонких плёнках ZnO, легированных алюминием, показывают шестикратное увеличение нелинейного показателя преломления Керра на длине волны, близкой к нулю, в области 1300 нм. Это, в свою очередь, приводит к сверхбыстрым изменениям показателя преломления под действием света порядка единицы, что представляет собой новую парадигму нелинейной оптики.

В статье [24] показано, что в геометрии вращения Керра устройства магнитооптиче-

ской памяти обычно имеют низкую добротность и длительное время записи. В статье [24] показано, что скирмионы, образующиеся на границе раздела тонкопленочного мультиферроика и топологического изолятора, могут вызывать магнитооптические эффекты Керра с высокой добротностью. На участках фазовой диаграммы может возникать огромный дифференциальный магнитооптический эффект Керра. Резонансные особенности в спектрах магнитооптического эффекта Керра, возникающие из-за наведённой ширины запрещённой зоны Γ_1 при низких энергиях, толщины плёнки мультиферроика и поведения, подобного Друде при высоких энергиях, разрешены и объяснены. Зависимость сигнатур магнитооптического эффекта Керра от уровня Ферми различна для различных магнитных текстур. Это имеет широкие последствия для характеристики магнитной текстуры, электрооптических модуляторов и изоляторов, а также для магнитно-оптической памяти высокой плотности.

В статье [25] обсуждаются аналогии и различия между неустойчивостью ядра в икосаэдрических наносплавах и неустойчивостью Странски-Крастанова, возникающей при выращивании тонких плёнок. Все эти вопросы имеют решающее значение для разработки стратегии достижения эффективного покрытия сердечников.

В статье [26] описано систематическое исследование ансамблей наночастиц никеля, изготовленных Ni^+ -ионной имплантацией в тонком приповерхностном слое аморфного SiO_2 представлена матрица с помощью просвечивающей электронной микроскопии, магнитных измерений на постоянном токе и магнитооптического метода. Характеристика наночастиц Ni , полученная при помощи просвечивающей электронной микроскопии, свидетельствует об образовании изолированных сферических наночастиц никеля диаметром от 2 до 16 нм. Кристаллическая структура и период решётки наночастиц соответствуют гранецентрированному кубическому Ni . Показано, что наночастицы большего размера имеют структуру ядро-оболочка, что необычно для используемых условий имплантации. Оболочка этих наночастиц состоит из Ni , а ядро предположительно имеет состав, совпадающий с матрицей, то есть SiO_2 . Наночастицы ядро-оболочка в исследуемом образце сосуществуют с обычными чистыми наночастицами Ni , что сильно влияет на магнитные и особенно магнитооптические свойства образцов. Для всех трёх доз наночастицы находятся в суперпарамагнитном состоянии при комнатной температуре, переходя в «замороженное» состояние при более низких температурах.

В статье [27] исследуется явление рассеяния электрически возбуждённых поверхностных плазмон-поляритонов (поверхностный плазмон-поляритон) на отдельных наноструктурах. Туннельные электроны из сканирующего туннельного микроскопа используются для возбуждения исходящей круговой поверхностной плазмон-поляритонной волны на тонкой (50 нм) золотой плёнке, на которую нанесены изолированные наночастицы золота. Взаимодействие возбуждённых поверхностных плазмон-поляритонов с наночастицами приводит как к плоскостному (поверхностные плазмон-поляритоны к поверхностным плазмон-поляритонам), так и к внеплоскостному (поверхностный плазмон-поляритон к фотонам) рассеянию. В статье [27] используется микроскопия рассеяния поверхностного плазмон-поляритона для контроля интерференции между падающими и рассеянными в плоскости поверхностными плазмон-поляритонными волнами в плоскости изображения. Путём изменения положения иглы сканирующего туннельного микроскопа расстояние от точечного источника поверхностного плазмон-поляритона до рассеивателей может варьироваться по желанию, что является ключевым преимуществом перед другими существующими методами. Кроме того, рассеянное вне плоскости излучение мешает прямому излучению света из иглы сканирующего туннельного микроскопа в задней фокальной плоскости (плоскость Фурье). Это подтверждает взаимную когерентность излучения света и поверхностного плазмон-поляритона в результате неупругого туннелирования электрона в переходе сканирующего туннельного

микроскопа. В статье [27] используется этот эффект, чтобы продемонстрировать, что поверхностный плазмон-поляритон для рассеяния фотонов на наночастицах имеет высокую направленность.

С интересом к методам импульсного лазерного осаждения и дистанционной спектроскопии в статье [28] исследуется потенциал лазерных импульсов, адаптированных во времени в сверхбыстрых временных масштабах, для управления расширением и степенью возбуждения различных продуктов абляции, включая атомарные частицы и наночастицы. Используя преимущества автоматизированных методов формирования импульса, адаптивная процедура, основанная на спектроскопической обратной связи, применяется для регулирования освещённости и усиления оптического излучения однозарядных ионов алюминия по отношению к нейтральному сигналу. Это приводит к оптимизированным импульсам, обычно состоящим из серии фемтосекундных пиков, распределённых по более длинной пикосекундной последовательности. Характеристики абляции, вызванные оптимизированным импульсом, сравниваются с характеристиками, определяемыми пикосекундными импульсами, генерируемыми наложенной дисперсией второго порядка, или последовательностями двойных импульсов с регулируемым пикосекундным разделением. Это позволяет анализировать влияние быстро меняющихся и медленно меняющихся характеристик оболочки на нагрев материала и результирующую степень возбуждения плазмы. Используя различные оптимальные формы импульсов, в том числе разработанные асимметричные формы, в статье [28] анализируется создание поверхностного предварительного возбуждения, которое обеспечивает условия усиленной радиационной связи. Сравнение тонких плёнок, полученных с помощью несформированных фемтосекундных лазерных импульсов и оптимизированных, растянутых или двойных последовательностей импульсов, свидетельствует о том, что на эффективность генерации наночастиц сильно влияет временное формирование лазерного излучения. Предложен термодинамический сценарий, включающий сверхкритический нагрев, для объяснения повышенных скоростей ионизации и более низкой плотности частиц для оптимальных импульсов. Численное одномерное гидродинамическое моделирование для возбуждённого вещества поддерживает интерпретацию экспериментальных результатов с точки зрения относительной эффективности различных путей релаксации для возбуждённого вещества выше или ниже пределов термодинамической стабильности. Результаты расчётов подчеркивают роль градиентов температуры и плотности вдоль абляционного плазменного факела, которые приводят к различным пространственным положениям возбуждённых частиц. Кроме того, размеры наночастиц рассчитываются на основе выброса слоя жидкости с последующим разложением по неустойчивости Рэлея и Тейлора, что хорошо согласуется с экспериментальными данными.

В статье [29] рассматриваются наночастицы ZnO, внедрённые в тонкие плёнки MgO, были получены методом простого совместного испарения с последующим термическим отжигом в кислородной среде при температуре от 300°С до 1100°С.

Результаты разработки других дистанционных курсов по оптике покрытий и систем задач в составе курсов представлены в работах [30–34].

Проведённый анализ статей и другой научной литературы по оптическим свойствам наноструктурных и тонких плёнок в составе нанопокровов с наночастицами показал актуальность исследования нанопокровов на основе тонких плёнок с металлическими наночастицами и необходимость размещения оригинальных материалов в составе дистанционного курса по оптике нанопокровов.

Результаты разработки модульной структуры и элементов дистанционного курса «Оптика нанопокровтий»

Опишем результаты процесса разработки модульной структуры и элементов дистанционного курса «Оптика нанопокровтий» как элемента информационной системы, предназначенной для поддержки преподавания учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных нанопокровтий» в процессе практико-ориентированной подготовки педагога в бакалавриате педагогического университета в условиях смешанного обучения.

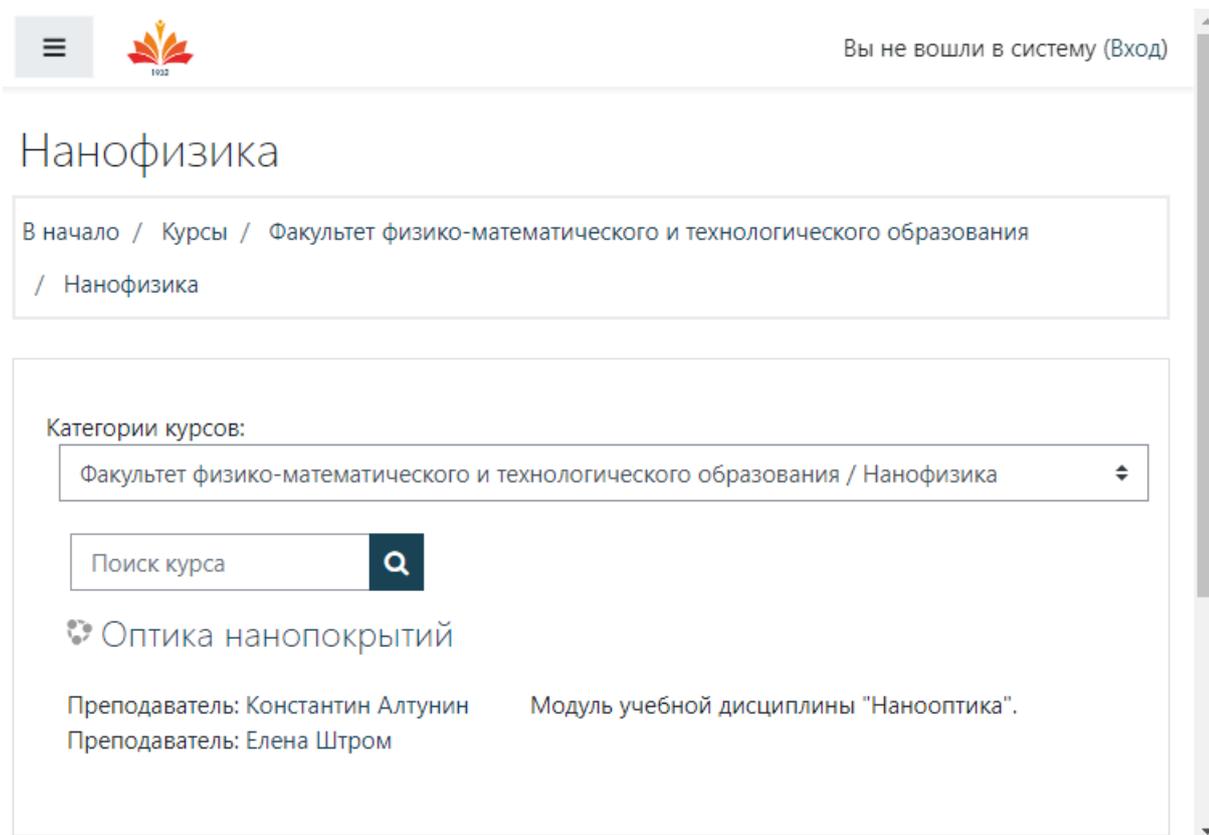


Рис. 1. Входная страница дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 1 изображена входная страница дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. На входной странице дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий» содержатся сведения о названии дистанционного курса, преподавателях курса, вводном описании курса.

На рис. 2 изображена страница, содержащая первую часть модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Первой темой в первой части модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий» является тема по классической оптике металл-диэлектрических нанопокровтий. Второй темой в первой части модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий» является тема по классической оптике металл-нанокompозитных покровтий. Третьей темой в первой части модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий» является тема по нелинейной оптике металл-диэлектрических нанопокровтий.

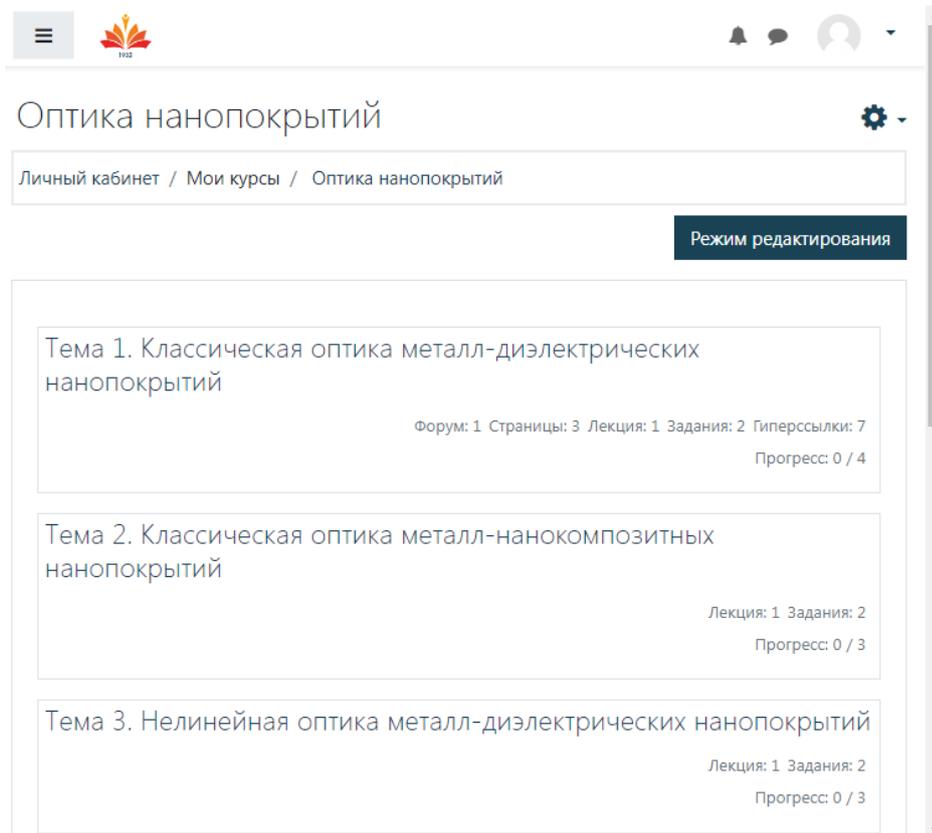


Рис. 2. Страница, содержащая первую часть модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

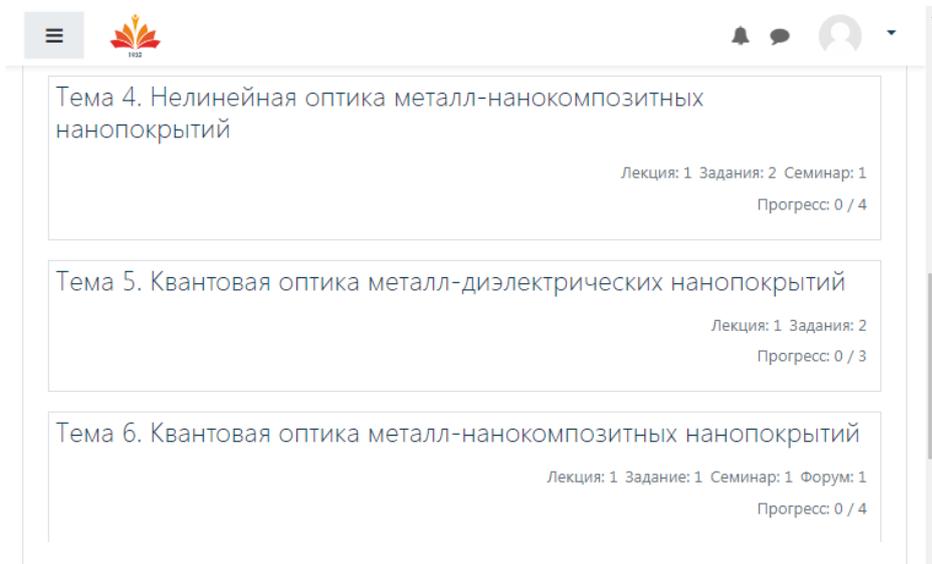


Рис. 3. Страница, содержащая вторую часть модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 3 изображена страница, содержащая вторую часть модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

Четвёртой темой во второй части модулей дистанционного курса по учебной дис-

циплине «Оптика нанопокровтий» является тема нелинейной оптике наноконпозитных покровтий из слоёв металла и слоёв наноконпозитов. Пятой темой во второй части модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий» является тема по квантовой оптике наноконпозитных покровтий из металла и диэлектрика. Шестой темой во второй части модулей дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий» является тема по квантовой оптике нанопокровтий, составленных из металла и наноконпозита.

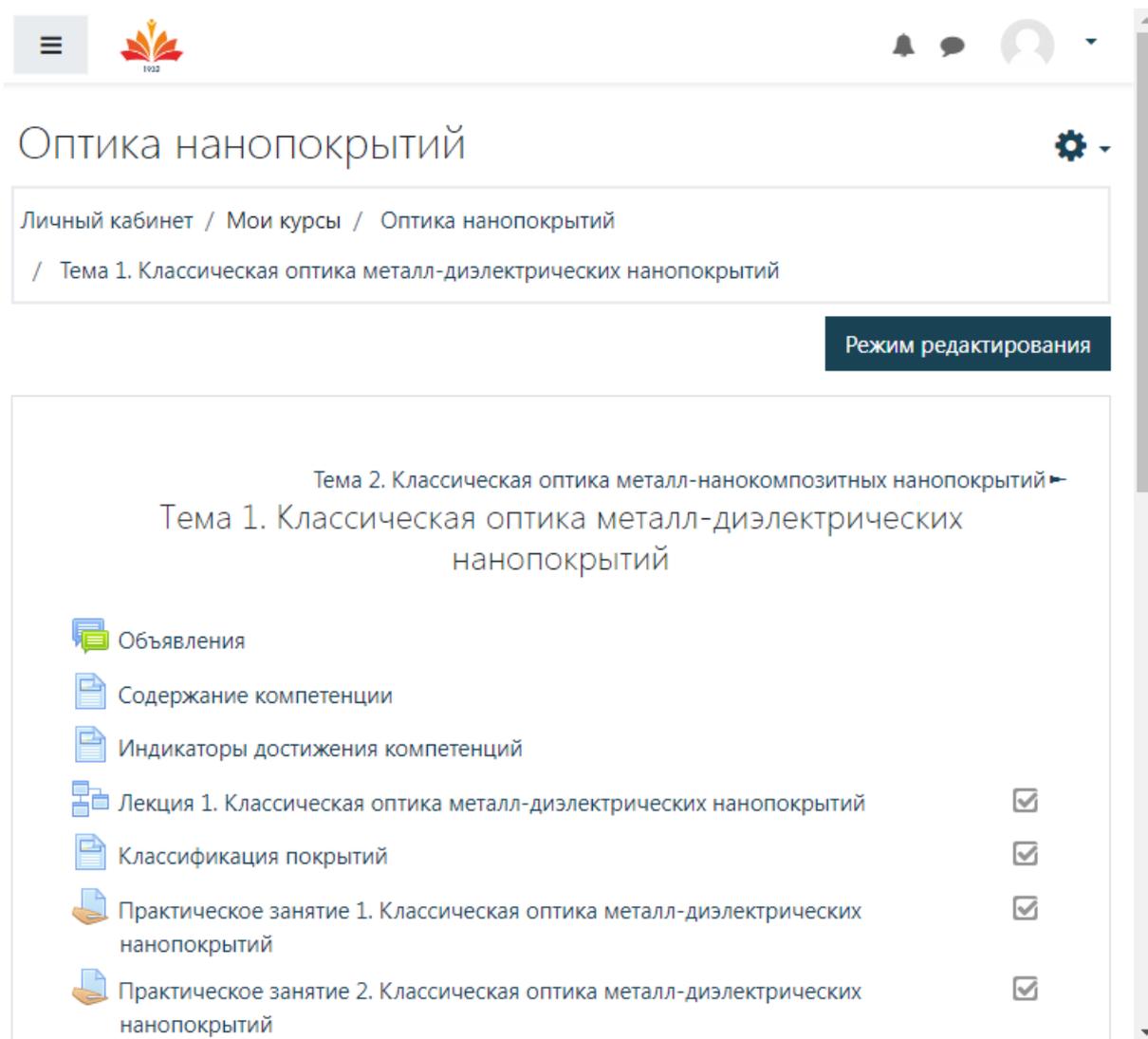


Рис. 4. Страница, содержащая элементы первой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 4 изображена страница, содержащая элементы первой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 5 изображена страница, содержащая элементы второй темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 6 изображена страница, содержащая элементы третьей темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

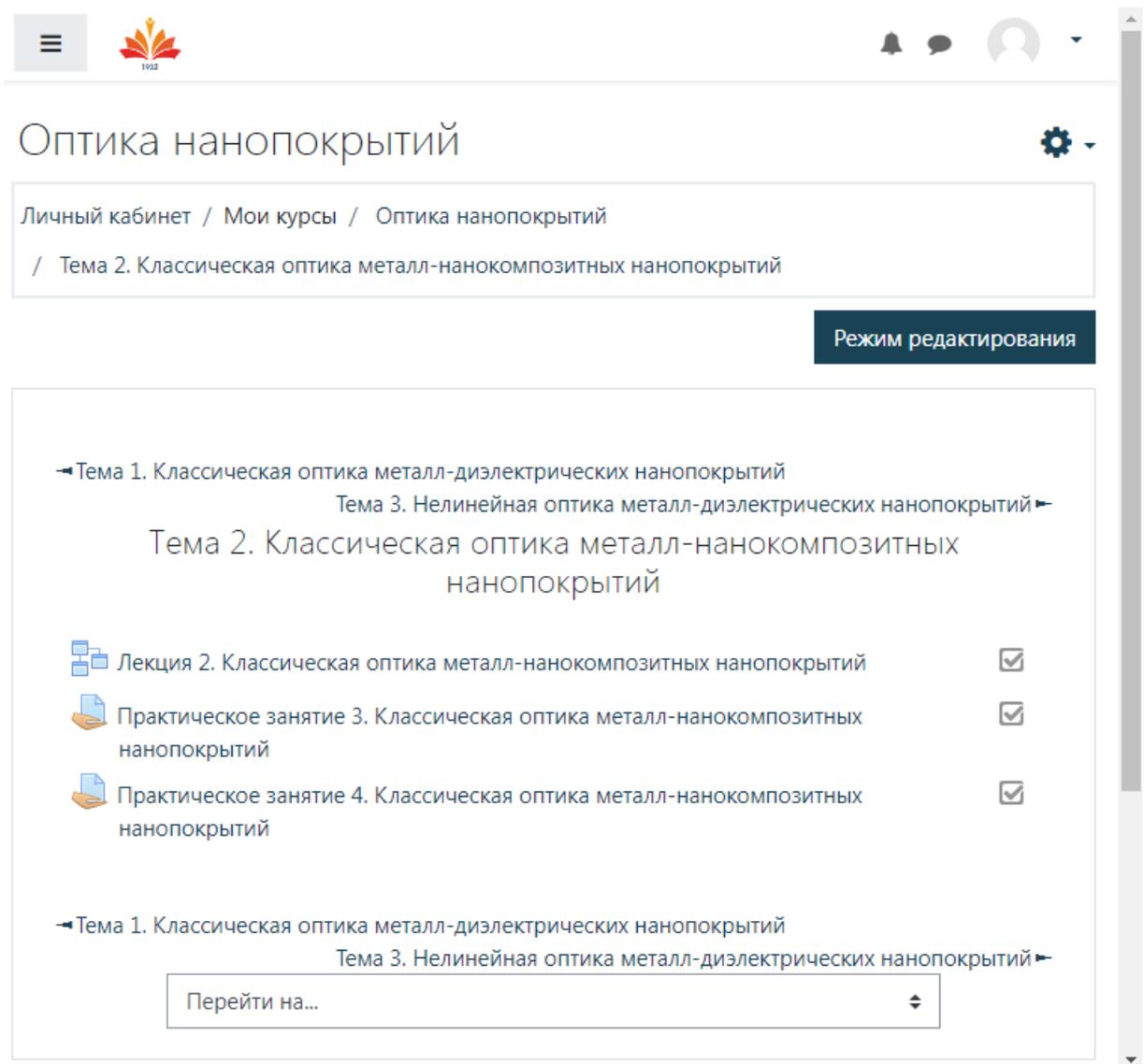


Рис. 5. Страница, содержащая элементы второй темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 7 изображена страница, содержащая элементы четвёртой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 8 изображена страница, содержащая элементы пятой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 9 изображена страница, содержащая элементы шестой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE.

Описаны результаты разработки модульной структуры и элементов дистанционного курса «Оптика нанопокровтий» для информационной поддержки преподавания учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных нанопокровтий» в педагогическом университете.

Результаты разработки модульной структуры и элементов курса по оптике нанопокровтий подтверждают возможность построения дистанционного курса по оптике нано-

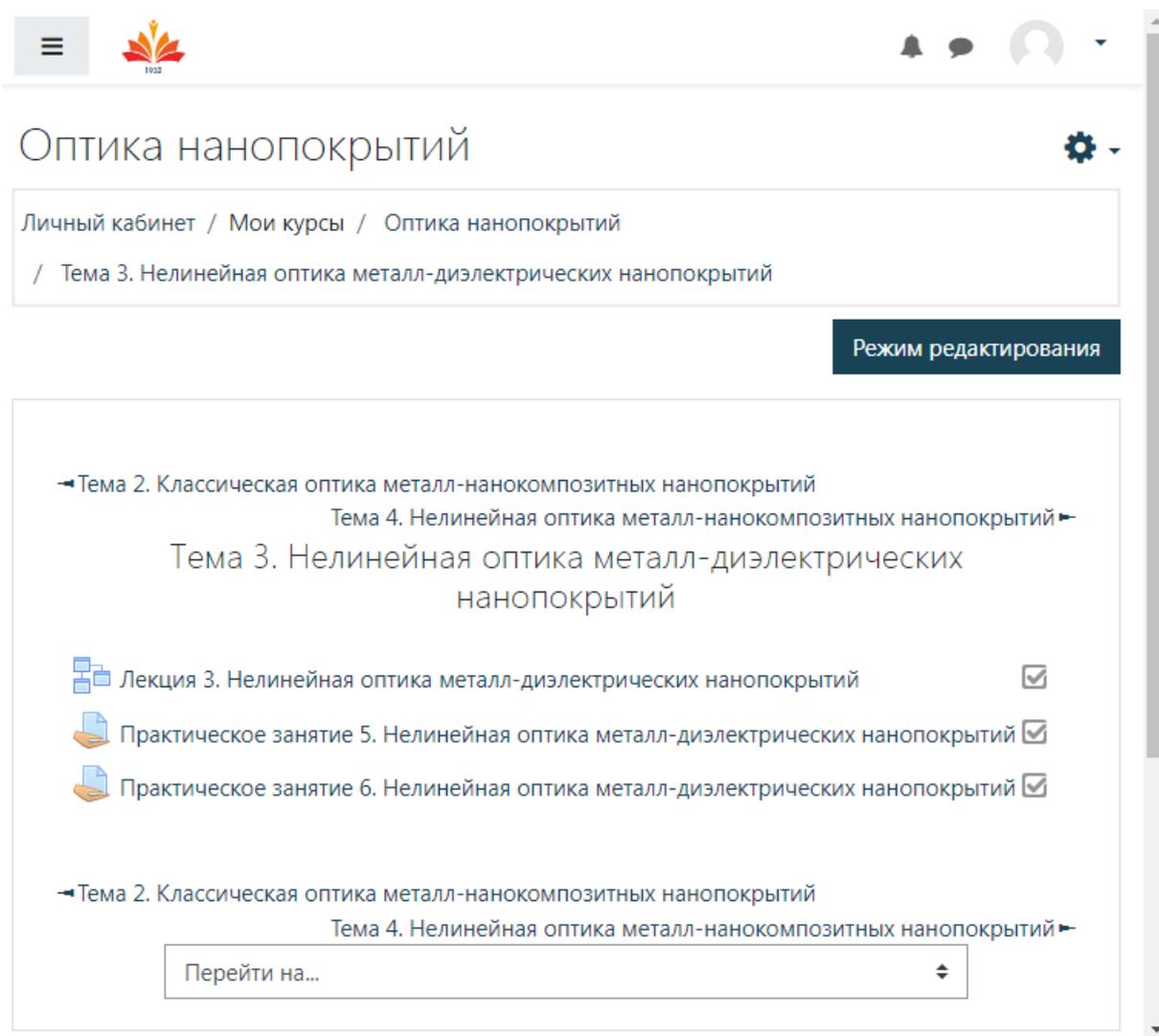


Рис. 6. Страница, содержащая элементы третьей темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

покровтий для информационной поддержки преподавания учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных нанопокровтий» в системе управления обучением MOODLE.

Результаты экспертной оценки дистанционного курса по оптике нанопокровтий

Экспертная оценка дистанционного курса по оптике нанопокровтий проводилась десятью экспертами по восьми критериям: структура, интерактивность, навигация, дизайн, интерфейс, диагностика, организация самостоятельной работы, соблюдение авторских прав. По каждому из восьми критериев выставлялась отметка по десятибалльной шкале.

Эксперт 1 за структуру курса выставил 8 баллов, за интерактивность курса выставил 7 баллов, за навигацию курса выставил 7 баллов, за дизайн курса выставил 7 баллов, за интерфейс курса выставил 7 баллов, за диагностику курса выставил 6 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 9 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 8 баллов.

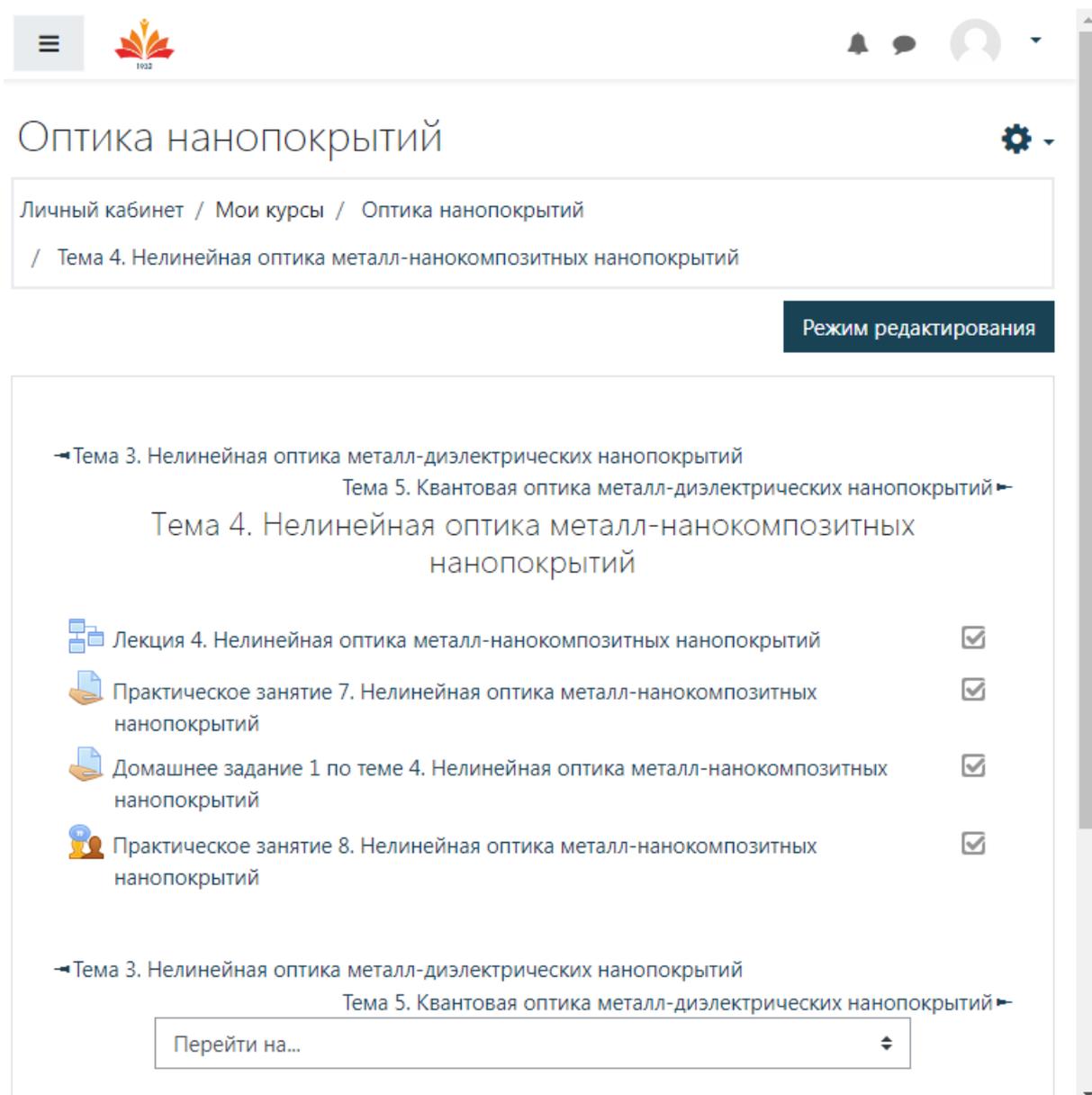


Рис. 7. Страница, содержащая элементы четвертой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

Эксперт 2 за структуру курса выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 7 баллов, за навигацию курса выставил 8 баллов, за дизайн курса выставил 6 баллов, за интерфейс курса выставил 8 баллов, за диагностику курса выставил 6 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 3 за структуру курса выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 8 баллов, за навигацию курса выставил 9 баллов, за дизайн курса выставил 6 баллов, за интерфейс курса выставил 7 баллов, за диагностику курса выставил 6 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 4 за структуру курса выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 10 баллов, за навигацию курса выставил 10 баллов, за дизайн курса выставил 10 баллов, за интерфейс курса выставил 9 баллов, за диагностику курса выставил 6 бал-

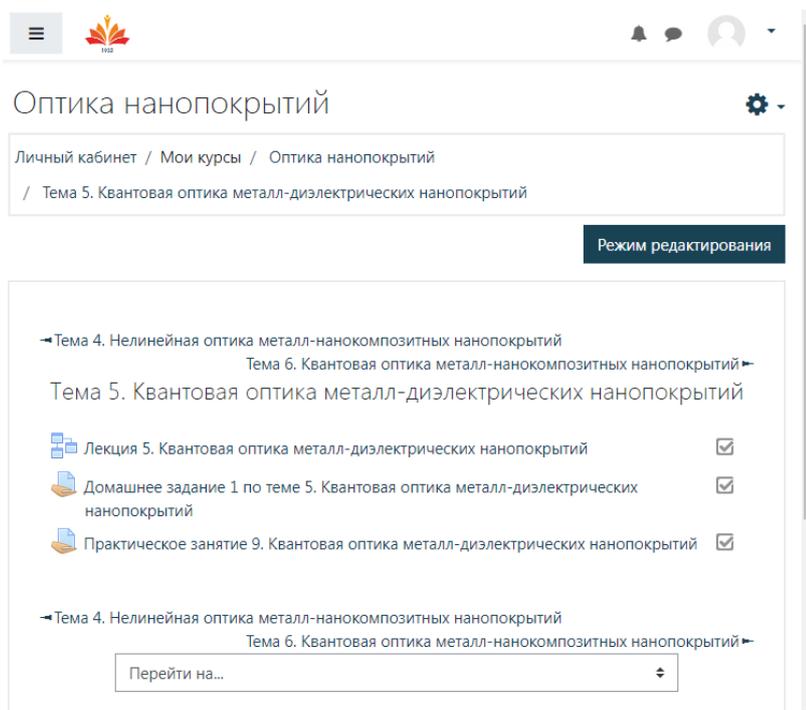


Рис. 8. Страница, содержащая элементы пятой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

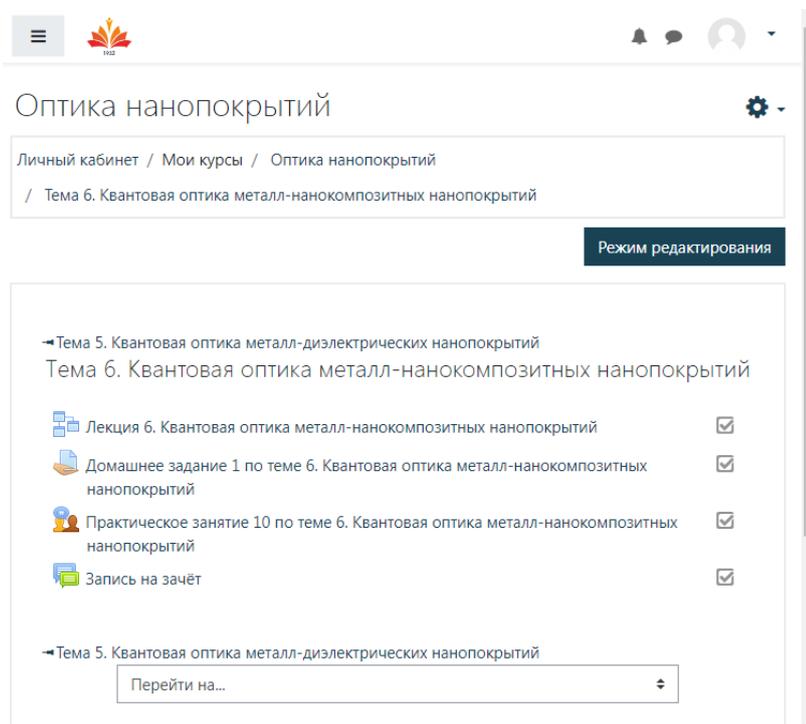


Рис. 9. Страница, содержащая элементы шестой темы дистанционного курса по учебной дисциплине «Оптика нанопокровтий», созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

лов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 10 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 5 за структуру курса выставил 9 баллов, за интерактивность курса вы-

ставил 8 баллов, за навигацию курса выставил 9 баллов, за дизайн курса выставил 8 баллов, за интерфейс курса выставил 9 баллов, за диагностику курса выставил 8 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 9 баллов.

Эксперт 6 за структуру курса выставил 8 баллов, за интерактивность курса выставил 8 баллов, за навигацию курса выставил 7 баллов, за дизайн курса выставил 8 баллов, за интерфейс курса выставил 9 баллов, за диагностику курса выставил 8 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 7 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 8 баллов.

Эксперт 7 за структуру курса выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 9 баллов, за навигацию курса выставил 7 баллов, за дизайн курса выставил 7 баллов, за интерфейс курса выставил 8 баллов, за диагностику курса выставил 7 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 8 за структуру курса выставил 9 баллов, за интерактивность курса выставил 6 баллов, за навигацию курса выставил 8 баллов, за дизайн курса выставил 6 баллов, за интерфейс курса выставил 8 баллов, за диагностику курса выставил 7 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 9 баллов.

Эксперт 9 за структуру курса выставил 8 баллов, за интерактивность курса выставил 8 баллов, за навигацию курса выставил 8 баллов, за дизайн курса выставил 7 баллов, за интерфейс курса выставил 8 баллов, за диагностику курса выставил 7 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 9 баллов.

Эксперт 10 за структуру курса выставил 9 баллов, за интерактивность курса выставил 9 баллов, за навигацию курса выставил 7 баллов, за дизайн курса выставил 8 баллов, за интерфейс курса выставил 8 баллов, за диагностику курса выставил 8 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 7 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 8 баллов.

Вычислим средние значения по каждому критерию оценивания, используя полученные экспертные отметки по каждому критерию оценивания дистанционного курса по оптике нанопокровтий. Среднее значение отметок экспертов за структуру дистанционного курса по оптике нанопокровтий составило 9.1. Среднее значение отметок экспертов за интерактивность дистанционного курса по оптике нанопокровтий составило 8.0. Среднее значение отметок экспертов за навигацию дистанционного курса по оптике нанопокровтий составило 8.0. Среднее значение отметок экспертов за дизайн дистанционного курса по оптике нанопокровтий составило 7.3. Среднее значение отметок экспертов за интерфейс дистанционного курса по оптике нанопокровтий составило 8.1. Среднее значение отметок экспертов за диагностику дистанционного курса по оптике нанопокровтий составило 6.9. Среднее значение отметок экспертов за организацию самостоятельной работы дистанционного курса по оптике нанопокровтий составило 6.9. Среднее значение отметок экспертов за соблюдение авторских прав в дистанционном курсе по оптике нанопокровтий составило 9.1. Сумма средних значений по восьми критериям составила 63.4. Если перевести рейтинговую отметку по курсу в проценты, то получим значение, равное 79.25 %, что соответствует оптимальному уровню дистанционного курса по оптике нанопокровтий.

Результаты разработки и апробации элементов курса по оптике нанопокровтий подтверждают возможность оптимизации построения дистанционного курса по оптике нанопокровтий для информационной поддержки преподавания учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных нанопокровтий» в системе управления обучени-

ем MOODLE.

Гипотеза исследования данной части работы, состоящая в том, что если использовать дистанционный курс «Оптика нанопокрывтий», созданный в системе управления обучением MOODLE, то можно оптимизировать процесс информационной поддержки преподавания учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных нанопокрывтий», подтверждена полностью.

Дистанционный курс по оптике нанопокрывтий, созданный при помощи инструментария MOODLE, позволяет эффективно планировать, организовывать и проводить обучение по оптике нанопокрывтий с использованием элементов программирования для численного решения физических задач по оптике нанопокрывтий в составе модульной учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрывтий».

Результаты проектирования учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрывтий»

Базой исследования является ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Учебная дисциплина «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрывтий» изучается в 10 семестре на 5 курсе бакалавриата с направлением подготовки по педагогическому образованию с профилем по физике и математике в 2023-2024 учебном году. В проектировании структуры учебной дисциплины по оптике тонкослойных и наноструктурных покрывтий запланировано шесть тем, каждая из которых содержит лекции, лабораторные занятия по подгруппам студентов, самостоятельную работу студентов бакалавриата.

Первой темой в учебной дисциплине по оптике тонкослойных и наноструктурных покрывтий является тема, связанная с изучением квантовой теории оптических процессов в нанокompозитных материалах, содержащих систему включений в виде наночастиц и нанокластеров. Первая тема, связанная с изучением квантовой теории оптических процессов в нанокompозитных материалах, содержит лекции в объёме 2 часа, лабораторные занятия в объёме 4 часа, самостоятельную работу в объёме 8 часов. В результате изучения первой темы студент должен знать квантовую теорию оптических процессов в нанокompозитных материалах, содержащих систему включений в виде наночастиц и нанокластеров, уметь решать задачи квантовой физики на описание оптических процессов в нанокompозитных материалах, содержащих систему включений в виде наночастиц и нанокластеров, владеть способами решения задач квантовой физики на описание оптических процессов в нанокompозитных материалах.

Второй темой в учебной дисциплине по оптике тонкослойных и наноструктурных покрывтий является тема, связанная с изучением метода интегральных уравнений в оптике наноструктур, наноструктурных плёнок и покрывтий. Вторая тема, связанная с изучением метода интегральных уравнений в оптике наноструктур, наноструктурных плёнок и покрывтий, содержит лекции в объёме 2 часа, лабораторные занятия в объёме 2 часа, самостоятельную работу в объёме 6 часов. В результате изучения второй темы студент должен знать теорию описания оптических процессов на основе метода интегральных уравнений в оптике наноструктур, наноструктурных плёнок и покрывтий, уметь решать задачи с применением метода интегральных уравнений в оптике наноструктур, наноструктурных плёнок и покрывтий, содержащих систему включений в виде наночастиц и нанокластеров, владеть способами решения задач с использованием метода интегральных уравнений в оптике наноструктур, наноструктурных плёнок и покрывтий.

Третьей темой в учебной дисциплине по оптике тонкослойных и наноструктурных покрывтий является тема, связанная с изучением эффекта ближнего поля в нанострук-

турах, наноструктурных плёнках и квантово-размерных системах. Третья тема, связанная с изучением эффекта ближнего поля в наноструктурах, наноструктурных плёнках и квантово-размерных системах, содержит лекции в объёме 2 часа, лабораторные занятия в объёме 2 часа, самостоятельную работу в объёме 6 часов. В результате изучения третьей темы студент должен знать теорию эффекта ближнего поля в наноструктурах, наноструктурных плёнках и квантово-размерных системах, уметь решать задачи на расчёт эффективных параметров сред с учётом эффекта ближнего поля в наноструктурах, наноструктурных плёнках и квантово-размерных системах, владеть способами решения задач на расчёт эффективных параметров сред с учётом эффекта ближнего поля в наноструктурах, наноструктурных плёнках и квантово-размерных системах.

Четвёртой темой в учебной дисциплине по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий является тема, связанная с изучением физических свойств нанотрубок, фуллеренов и нанобъектов в поле оптического излучения. Четвёртая тема, связанная с изучением физических свойств нанотрубок, фуллеренов и нанобъектов в поле оптического излучения, содержит лекции в объёме 2 часа, лабораторные занятия в объёме 4 часа, самостоятельную работу в объёме 2 часов. В результате изучения четвёртой темы студент должен знать теорию оптических процессов в нанотрубках, фуллеренах и нанобъектах, находящихся в поле оптического излучения, уметь решать задачи на расчёт физических характеристик нанотрубок, фуллеренов и нанобъектов в поле оптического излучения, владеть способами решения задач на расчёт физических характеристик нанотрубок, фуллеренов и нанобъектов в поле оптического излучения.

Пятой темой в учебной дисциплине по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий является тема, связанная с изучением оптических свойств наноотверстий в металлических плёнках. Пятая тема, связанная с изучением оптических свойств наноотверстий в металлических плёнках, содержит лекции в объёме 2 часа, лабораторные занятия в объёме 4 часа, самостоятельную работу в объёме 6 часов. В результате изучения пятой темы студент должен знать теорию оптических процессов в металлических плёнках с наноотверстиями, уметь решать задачи на расчёт физических характеристик металлических плёнок с наноотверстиями, владеть способами решения задач на расчёт физических характеристик металлических плёнок с наноотверстиями.

Шестой темой в учебной дисциплине по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий является тема, связанная с изучением основных оптических свойств монослоёв, графена и графана. Шестая тема, связанная с изучением оптических свойств монослоёв, графена и графана, содержит лекции в объёме 2 часа, лабораторные занятия в объёме 4 часа, самостоятельную работу в объёме 8 часов. В результате изучения шестой темы студент должен знать теорию оптических процессов в монослоях, графене и графане, уметь решать задачи на расчёт физических характеристик оптических процессов в монослоях, графене и графане, владеть способами решения задач на расчёт физических характеристик оптических процессов в монослоях, графене и графане.

Изучение свойств оптических нанопокровтий входит в первую тему, связанную с изучением квантовой теории оптических процессов в нанокompозитных материалах с наночастицами и нанокластерами. Изучение свойств теоретического метода интегральных уравнений, используемого для описания оптических свойств нанопокровтий, входит во вторую тему, связанную с изучением метода интегральных уравнений в оптике наноструктур и нанопокровтий.

Результаты педагогического эксперимента по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий»

В период с 22 февраля 2023 года по 2 мая 2023 года осуществлялось преподавание учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» на пятом

курсе бакалавриата в подгруппе ФМ-18-01. Преподавание дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» осуществлялось полностью в очной форме в 2023-2024 учебном году. Учебную дисциплину «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в качестве дисциплины по выбору выбрали 6 студентов группы ФМ-18, входящие в подгруппу ФМ-18-01. В результате изучения учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» все студенты подгруппы ФМ-18-01 получили отметку «зачтено». В процессе оценивания студентов использовалась рейтинговая система университета. Максимальное значение рейтинговой отметки по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» составляло 200 баллов в 2023-2024 учебном году. Выберем перевод градации отметки в пятибалльную шкалу в виде: от 181 балла до 200 баллов соответствует отметке «отлично», от 141 балла до 180 баллов соответствует отметке «хорошо», от 101 балла до 140 баллов соответствует отметке «удовлетворительно», от 0 баллов до 100 баллов соответствует отметке «неудовлетворительно». В процессе рейтингового оценивания студент 1 из подгруппы ФМ-18-01 получил 200 баллов, что соответствует отметке «отлично». В процессе рейтингового оценивания студент 2 из подгруппы ФМ-18-01 получил 200 баллов, что соответствует отметке «отлично». В процессе рейтингового оценивания студент 3 из подгруппы ФМ-18-01 получил 200 баллов, что соответствует отметке «отлично». В процессе рейтингового оценивания студент 4 из подгруппы ФМ-18-01 получил 187 баллов, что соответствует отметке «отлично». В процессе рейтингового оценивания студент 5 из подгруппы ФМ-18-01 получил 101 балл, что соответствует отметке «удовлетворительно». В процессе рейтингового оценивания студент 6 из подгруппы ФМ-18-01 получил 103 балла, что соответствует отметке «удовлетворительно». В процессе перевода в пятибалльную шкалу результатов рейтингового оценивания изучения учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» на пятом курсе бакалавриата в подгруппе ФМ-18-01 в 2023-2024 учебном году были получены следующие отметки: 4 отметки «отлично», 0 отметок «хорошо», 2 отметки «удовлетворительно». Средний балл рейтинговых отметок по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в 2023-2024 учебном году, который был вычислен от всех баллов студентов подгруппы ФМ-18-01, равнялся 165 баллам. Абсолютная успеваемость студентов подгруппы ФМ-18-01 по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости студентов. Качественная успеваемость студентов подгруппы ФМ-18-01 по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» составила 66.7 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости студентов. Степень обученности студентов подгруппы ФМ-18-01 по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» составила 78.7 %, что соответствует оптимальному уровню обученности студентов. Высший уровень требований по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в 2023-2024 учебном году составляет 78.7 %. Средний уровень требований по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в 2023-2024 учебном году составляет 48.0 %. Низкий уровень требований по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в 2023-2024 учебном году составляет 25.3 %. Среднее значение отметок по пятибалльной шкале составляет 2.92. Среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения составляет 4.33. Экспериментальное значение хи-квадрат по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в 2023-2024 учебном году составило 10.7, что меньше критического значения, равного 15.08627 для 5 степеней свободы и уровня значимости 0.01. Поэтому подтвердилась основная гипотеза.

В период с 8 ноября 2022 года по 27 декабря 2022 года осуществлялось преподавание

учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» на пятом курсе бакалавриата в подгруппе ФМ-19-01. Преподавание дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» осуществлялось полностью в очной форме в 2022-2023 учебном году. Учебную дисциплину «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в качестве дисциплины по выбору выбрали 7 студентов группы ФМ-19, входящие в подгруппу ФМ-19-01. В результате изучения учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» шесть студентов подгруппы ФМ-19-01 получили отметку «зачтено», а один студент не явился на зачёт. В процессе оценивания студентов использовалась рейтинговая система университета. Максимальное значение рейтинговой отметки по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» составляло 200 баллов в 2022-2023 учебном году. В процессе рейтингового оценивания студент 1 из подгруппы ФМ-19-01 получил 164 балла, что соответствует отметке «хорошо». В процессе рейтингового оценивания студент 2 из подгруппы ФМ-19-01 получил 133 балла, что соответствует отметке «удовлетворительно». В процессе рейтингового оценивания студент 3 из подгруппы ФМ-19-01 получил 198 баллов, что соответствует отметке «отлично». В процессе рейтингового оценивания студент 4 из подгруппы ФМ-19-01 получил 134 балла, что соответствует отметке «удовлетворительно». В процессе рейтингового оценивания студент 5 из подгруппы ФМ-19-01 получил 0 баллов и не явился на зачёт. В процессе рейтингового оценивания студент 6 из подгруппы ФМ-19-01 получил 159 баллов, что соответствует отметке «хорошо». В процессе рейтингового оценивания студент 7 из подгруппы ФМ-19-01 получил 196 баллов, что соответствует отметке «отлично». В процессе перевода в пятибалльную шкалу результатов рейтингового оценивания изучения учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» на пятом курсе бакалавриата в подгруппе ФМ-19-01 в 2022-2023 учебном году были получены следующие отметки: 2 отметки «отлично», 2 отметки «хорошо», 2 отметки «удовлетворительно», 1 студент не явился на зачёт. Средний балл рейтинговых отметок по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в 2022-2023 учебном году, который был вычислен от всех баллов студентов подгруппы ФМ-19-01, равнялся 141 баллу. Абсолютная успеваемость студентов подгруппы ФМ-19-01 по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» составила 85.7 %, что соответствует допустимому уровню абсолютной успеваемости студентов. Качественная успеваемость студентов подгруппы ФМ-19-01 по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» составила 57.1 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости студентов. Степень обученности студентов подгруппы ФМ-19-01 по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» составила 58.1 %, что соответствует допустимому уровню обученности студентов. Высший уровень требований по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в 2022-2023 учебном году составляет 57.1 %. Средний уровень требований по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в 2022-2023 учебном году составляет 33.1 %. Низкий уровень требований по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в 2022-2023 учебном году составляет 16.0 %. Среднее значение отметок по пятибалльной шкале составляет 3.43. Среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения составляет 4.33. Экспериментальное значение хи-квадрат по учебной дисциплине «Оптика тонкослойных и наноструктурных покрытий» в 2022-2023 учебном году составило 2.286, что меньше критического значения, равного 15.08627 для 5 степеней свободы и уровня значимости 0.01. Поэтому подтвердилась основная гипотеза.

Заклучение

Разработанный дистанционный курс по оптике нанопокровтий может служить частью системы информационной поддержки преподавания учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных покровтий» в педагогических университетах для студентов специальностей физико-математического профиля подготовки.

Задача исследования, состоящая в разработке модульной структуры и материалов дистанционного курса «Оптика нанопокровтий» в системе управления обучением MOODLE, решена полностью.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если использовать дистанционный курс «Оптика нанопокровтий», созданный в системе управления обучением MOODLE, то можно оптимизировать процесс информационной поддержки преподавания учебной дисциплины «Оптика тонкослойных и наноструктурных нанопокровтий», подтверждена полностью.

Список использованных источников

1. Room-temperature weak collinear ferrimagnet with symmetry-driven large intrinsic magneto-optic signatures / F. Johnson [et al.] // *Physical Review B*. — 2023. — jan. — Vol. 107, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.107.014404>.
2. Chang Yi Hua, Troian Sandra M. Thermocapillary patterning of highly uniform microarrays by resonant wavelength excitation // *Physical Review Applied*. — 2022. — dec. — Vol. 18, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.18.064090>.
3. Khanjani Hadi, Miri MirFaez. Electric field tuning of the optical absorbance of topological insulator thin films // *Physical Review B*. — 2022. — dec. — Vol. 106, no. 23. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.235139>.
4. Light-induced dynamic frequency shifting of microwave photons in a superconducting electro-optic converter / Yuntao Xu [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — dec. — Vol. 18, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.18.064045>.
5. Electric field tuning of ultrafast demagnetization in a magnetoelectric heterostructure / A. R. Will-Cole [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — nov. — Vol. 106, no. 17. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.174401>.
6. Diekmann Oliver, Lentrodt Dominik, Evers Jörg. Inverse design in nuclear quantum optics: From artificial x-ray multilevel schemes to spectral observables // *Physical Review A*. — 2022. — nov. — Vol. 106, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.106.053701>.
7. Graphical direct writing of macroscale domain structures with nanoscale spatial resolution in nonpolar-cut lithium niobate on insulators / Yuezhao Qian [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — may. — Vol. 17, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.054049>.
8. Wave optics of differential absorption spectroscopy in thick-junction organic solar cells: optical artifacts and correction strategies / Bowen Sun [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — may. — Vol. 17, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.054016>.

9. Peng Lingzhi, Hong Lihong, Li Zhiyuan. Theoretical solution of second-harmonic generation in periodically poled lithium niobate and chirped periodically poled lithium niobate thin film via quasi-phase-matching // *Physical Review A*. — 2021. — nov. — Vol. 104, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.104.053503>.
10. Cheng Meijuan, Zhu Zi-Zhong, Guo Guang-Yu. Strong bulk photovoltaic effect and second-harmonic generation in two-dimensional selenium and tellurium // *Physical Review B*. — 2021. — jun. — Vol. 103, no. 24. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.103.245415>.
11. Two-dimensional ReS_2 : solution to the unresolved queries on its structure and interlayer coupling leading to potential optical applications / Janardhan Rao Gadde [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2021. — may. — Vol. 5, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevmaterials.5.054006>.
12. Cavity electro-optic circuit for microwave-to-optical conversion in the quantum ground state / Wei Fu [et al.] // *Physical Review A*. — 2021. — may. — Vol. 103, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.103.053504>.
13. Hänisch Christian, Lenk Simone, Reineke Sebastian. Refined Setup for Angle-Resolved Photoluminescence Spectroscopy of Thin Films // *Physical Review Applied*. — 2020. — dec. — Vol. 14, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.14.064036>.
14. Interrelation between polycrystalline structure and time-dependent magnetic anisotropies in exchange-biased bilayers / Maximilian Merkel [et al.] // *Physical Review B*. — 2020. — oct. — Vol. 102, no. 14. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.102.144421>.
15. Conformal landscape of a two-dimensional gradient refractive-index profile for geometrical optics / Lin Xu [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2020. — may. — Vol. 13, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.13.054007>.
16. Ultraviolet to far-infrared dielectric function of n -doped cadmium oxide thin films / J. Ryan Nolen [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2020. — feb. — Vol. 4, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevmaterials.4.025202>.
17. Thermal conductivity of oxide tunnel barriers in magnetic tunnel junctions measured by ultrafast thermoreflectance and magneto-optic Kerr effect thermometry / Hyejin Jang [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2020. — feb. — Vol. 13, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.13.024007>.
18. Second harmonic conversions of surface-plasmon-polariton-enhanced optical fields in nonlinear optics polymer/Ag/glass structures / Atsushi Sugita [et al.] // *Physical Review B*. — 2020. — jan. — Vol. 101, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.101.045303>.
19. Quadratic magneto-optic Kerr effect spectroscopy of Fe epitaxial films on MgO(001) substrates / Robin Silber [et al.] // *Physical Review B*. — 2019. — aug. — Vol. 100, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.100.064403>.
20. Magnetoplasmonic properties of Ag-Co composite nanohole arrays / Hoang Mai Luong [et al.] // *Physical Review B*. — 2019. — jun. — Vol. 99, no. 22. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.99.224413>.

21. Radożycki Tomasz. Geometrical optics and geodesics in thin layers // *Physical Review A*. — 2018. — dec. — Vol. 98, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.98.063802>.
22. Revisiting the role of metallic antennas to control light emission by lead salt nanocrystal assemblies / Hongyue Wang [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2018. — sep. — Vol. 10, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.10.034042>.
23. Enhanced nonlinear refractive index in ϵ -near-zero materials / L. Caspani [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2016. — jun. — Vol. 116, no. 23. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.116.233901>.
24. Bhowmick Tonmoy K., De Amrit, Lake Roger K. High figure of merit magneto-optics from interfacial skyrmions on topological insulators // *Physical Review B*. — 2018. — jul. — Vol. 98, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.98.024424>.
25. Bochicchio Davide, Ferrando Riccardo. Morphological instability of core-shell metallic nanoparticles // *Physical Review B*. — 2013. — apr. — Vol. 87, no. 16. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.87.165435>.
26. Study of morphology, magnetic properties, and visible magnetic circular dichroism of Ni nanoparticles synthesized in SiO₂ by ion implantation / I. S. Edelman [et al.] // *Physical Review B*. — 2013. — mar. — Vol. 87, no. 11. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.87.115435>.
27. Scattering of electrically excited surface plasmon polaritons by gold nanoparticles studied by optical interferometry with a scanning tunneling microscope / Tao Wang [et al.] // *Physical Review B*. — 2015. — jul. — Vol. 92, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.92.045438>.
28. Optical emission and nanoparticle generation in Al plasmas using ultrashort laser pulses temporally optimized by real-time spectroscopic feedback / M. Guillermin [et al.] // *Physical Review B*. — 2010. — jul. — Vol. 82, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.82.035430>.
29. Formation and luminescence of ZnO nanoparticles embedded in MgO films / J. G. Ma [et al.] // *Physical Review B*. — 2005. — mar. — Vol. 71, no. 12. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.71.125430>.
30. Алтунин К. К., Штром Е. С. Исследование оптических свойств наноматериалов в условиях сильного оптического возбуждения // В книге: Актуальные проблемы физической и функциональной электроники. Материалы 22-й Всероссийской молодежной научной школы-семинара. — Ульяновск : УлГТУ, 2019. — С. 159–160.
31. Алтунин К. К., Купреянова Е. А., Штром Е. С. Разработка дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE // *НАУКА ONLINE*. — 2020. — № 3 (12). — С. 107–133. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2020/12/naukaonline12-2.pdf>.
32. Алтунин К. К., Штром Е. С. Разработка электронного образовательного ресурса “Квантовая механика наносистем с Octave” // *НАУКА ONLINE*. — 2019. — № 4 (9). — С. 42–73. — URL: http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2019/12/AltuninShtrom4_2019.pdf.

33. Штром Е. С., Сейдуллаева Г. Т. Результаты педагогического эксперимента по апробации методики преподавания темы по механическим колебаниям и волнам в курсе физики старшей школы // НАУКА ONLINE. — 2022. — № 1 (18). — С. 1–41. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2022/08/01182022-001-2.pdf>.
34. Штром Е. С. Исследование системы задач по теме по законам сохранения в десятых классах с углубленным изучением физики // НАУКА ONLINE. — 2022. — № 3 (20). — С. 40–74. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2023/01/03202022-004.pdf>.

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

E-mail: shtrom98@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-9648-1501

Web of Science ResearcherID  AAZ-9002-2020

Original article
PACS 01.40.Di
OCIS 310.6845
MSC 00A79

Development of a distance course on the optics of nanocoatings

K. K. Altunin , E. S. Shtrom 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted May 15, 2023

Resubmitted May 17, 2023

Published June 5, 2023

Abstract. The results of the development of a distance course on the optics of nanocoatings in the learning management system MOODLE are discussed. The results of the development of the modular structure and materials of the distance course «Optics of Nanocoating», created for information support of the teaching of the academic discipline «Optics of thin-layer and nanostructured nanocoatings» in the process of practice-oriented teacher training in the bachelor's degree of a pedagogical university in conditions of blended learning at the university, are described. The description of the selected elements of the distance course on the optics of nanocoatings in the learning management system MOODLE is presented. The use of a distance course on the optics of nanocoatings opens up the possibility of implementing blended learning on the optics of thin-layer and nanostructured coatings at the university.

Keywords: physics, optics, nanocoating, nanocoating optics, learning management system, distance learning

References

1. Room-temperature weak collinear ferrimagnet with symmetry-driven large intrinsic magneto-optic signatures / F. Johnson [et al.] // *Physical Review B*. — 2023. — jan. — Vol. 107, no. 1. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.107.014404>.
2. Chang Yi Hua, Troian Sandra M. Thermocapillary patterning of highly uniform microarrays by resonant wavelength excitation // *Physical Review Applied*. — 2022. — dec. — Vol. 18, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.18.064090>.
3. Khanjani Hadi, Miri MirFaez. Electric field tuning of the optical absorbance of topological insulator thin films // *Physical Review B*. — 2022. — dec. — Vol. 106, no. 23. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.235139>.
4. Light-induced dynamic frequency shifting of microwave photons in a superconducting electro-optic converter / Yuntao Xu [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — dec. — Vol. 18, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.18.064045>.
5. Electric field tuning of ultrafast demagnetization in a magnetoelectric heterostructure / A. R. Will-Cole [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — nov. — Vol. 106, no. 17. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.106.174401>.

6. Diekmann Oliver, Lentrodt Dominik, Evers Jörg. Inverse design in nuclear quantum optics: From artificial x-ray multilevel schemes to spectral observables // *Physical Review A*. — 2022. — nov. — Vol. 106, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.106.053701>.
7. Graphical direct writing of macroscale domain structures with nanoscale spatial resolution in nonpolar-cut lithium niobate on insulators / Yuezhao Qian [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — may. — Vol. 17, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.054049>.
8. Wave optics of differential absorption spectroscopy in thick-junction organic solar cells: optical artifacts and correction strategies / Bowen Sun [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — may. — Vol. 17, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.054016>.
9. Peng Lingzhi, Hong Lihong, Li Zhiyuan. Theoretical solution of second-harmonic generation in periodically poled lithium niobate and chirped periodically poled lithium niobate thin film via quasi-phase-matching // *Physical Review A*. — 2021. — nov. — Vol. 104, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.104.053503>.
10. Cheng Meijuan, Zhu Zi-Zhong, Guo Guang-Yu. Strong bulk photovoltaic effect and second-harmonic generation in two-dimensional selenium and tellurium // *Physical Review B*. — 2021. — jun. — Vol. 103, no. 24. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.103.245415>.
11. Two-dimensional ReS_2 : solution to the unresolved queries on its structure and inter-layer coupling leading to potential optical applications / Janardhan Rao Gadde [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2021. — may. — Vol. 5, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevmaterials.5.054006>.
12. Cavity electro-optic circuit for microwave-to-optical conversion in the quantum ground state / Wei Fu [et al.] // *Physical Review A*. — 2021. — may. — Vol. 103, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.103.053504>.
13. Hänisch Christian, Lenk Simone, Reineke Sebastian. Refined Setup for Angle-Resolved Photoluminescence Spectroscopy of Thin Films // *Physical Review Applied*. — 2020. — dec. — Vol. 14, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.14.064036>.
14. Interrelation between polycrystalline structure and time-dependent magnetic anisotropies in exchange-biased bilayers / Maximilian Merkel [et al.] // *Physical Review B*. — 2020. — oct. — Vol. 102, no. 14. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.102.144421>.
15. Conformal landscape of a two-dimensional gradient refractive-index profile for geometrical optics / Lin Xu [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2020. — may. — Vol. 13, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.13.054007>.
16. Ultraviolet to far-infrared dielectric function of n -doped cadmium oxide thin films / J. Ryan Nolen [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2020. — feb. — Vol. 4, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevmaterials.4.025202>.

17. Thermal conductivity of oxide tunnel barriers in magnetic tunnel junctions measured by ultrafast thermorefectance and magneto-optic Kerr effect thermometry / Hyejin Jang [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2020. — feb. — Vol. 13, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.13.024007>.
18. Second harmonic conversions of surface-plasmon-polariton-enhanced optical fields in nonlinear optics polymer/Ag/glass structures / Atsushi Sugita [et al.] // *Physical Review B*. — 2020. — jan. — Vol. 101, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.101.045303>.
19. Quadratic magneto-optic Kerr effect spectroscopy of Fe epitaxial films on MgO(001) substrates / Robin Silber [et al.] // *Physical Review B*. — 2019. — aug. — Vol. 100, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.100.064403>.
20. Magnetoplasmonic properties of Ag-Co composite nanohole arrays / Hoang Mai Luong [et al.] // *Physical Review B*. — 2019. — jun. — Vol. 99, no. 22. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.99.224413>.
21. Radożycki Tomasz. Geometrical optics and geodesics in thin layers // *Physical Review A*. — 2018. — dec. — Vol. 98, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.98.063802>.
22. Revisiting the role of metallic antennas to control light emission by lead salt nanocrystal assemblies / Hongyue Wang [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2018. — sep. — Vol. 10, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.10.034042>.
23. Enhanced nonlinear refractive index in ϵ -near-zero materials / L. Caspani [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2016. — jun. — Vol. 116, no. 23. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.116.233901>.
24. Bhowmick Tonmoy K., De Amrit, Lake Roger K. High figure of merit magneto-optics from interfacial skyrmions on topological insulators // *Physical Review B*. — 2018. — jul. — Vol. 98, no. 2. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.98.024424>.
25. Bochicchio Davide, Ferrando Riccardo. Morphological instability of core-shell metallic nanoparticles // *Physical Review B*. — 2013. — apr. — Vol. 87, no. 16. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.87.165435>.
26. Study of morphology, magnetic properties, and visible magnetic circular dichroism of Ni nanoparticles synthesized in SiO₂ by ion implantation / I. S. Edelman [et al.] // *Physical Review B*. — 2013. — mar. — Vol. 87, no. 11. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.87.115435>.
27. Scattering of electrically excited surface plasmon polaritons by gold nanoparticles studied by optical interferometry with a scanning tunneling microscope / Tao Wang [et al.] // *Physical Review B*. — 2015. — jul. — Vol. 92, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.92.045438>.
28. Optical emission and nanoparticle generation in Al plasmas using ultrashort laser pulses temporally optimized by real-time spectroscopic feedback / M. Guillermin [et al.] // *Physical Review B*. — 2010. — jul. — Vol. 82, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.82.035430>.

29. Formation and luminescence of ZnO nanoparticles embedded in MgO films / J. G. Ma [et al.] // *Physical Review B*. — 2005. — mar. — Vol. 71, no. 12. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.71.125430>.
30. Altunin K. K., Shtrom E. S. Investigation of the optical properties of nanomaterials under conditions of strong optical excitation // In the book: *Actual problems of physical and functional electronics. Materials of the 22nd All-Russian Youth Scientific School-Seminar*. — Ulyanovsk : UISTU, 2019. — P. 159–160.
31. Altunin K. K., Kupreyanova E. A., Shtrom E. S. Development of a distance course in optics in the learning management system MOODLE // *Science Online*. — 2020. — no. 3 (12). — P. 107–133. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2020/12/naukaonline12-2.pdf>.
32. Altunin K. K., Shtrom E. S. Development of an electronic educational resource “Quantum mechanics of nanosystems with Octave” // *Science Online*. — 2019. — no. 4(9). — P. 42–73. — URL: http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2019/12/AltuninShtrom4_2019.pdf.
33. Shtrom E. S., Seydullaeva G. T. The results of a pedagogical experiment on testing the methodology of teaching the topic on mechanical vibrations and waves in the high school physics course // *Science Online*. — 2022. — no. 1 (18). — P. 1–41. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2022/08/01182022-001-2.pdf>.
34. Shtrom E. S. Research of the system of tasks on the topic of conservation laws in the tenth grade with an in-depth study of physics // *Science Online*. — 2022. — no. 3 (20). — P. 40–74. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2023/01/03202022-004.pdf>.

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 Sergeevna Shtrom — 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: shtrom98@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-9648-1501

Web of Science ResearcherID  AAZ-9002-2020

INDEX OF AUTHORS

Altunin, K. K., 46, 62, 87

Gimatetdinova, A. R., 1

Orlova, E. V., 37

Shtrom, E. S., 87

Volkova, E. E., 62

Zakharova, O. N., 13

