

ISSN 2712-8326



НАУКА ONLINE
SCIENCE ONLINE

Электронный научный журнал
№ 1 (14) | 2021

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

НАУКА ONLINE, № 1 (14), 2021.

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 1 (14), 2021.

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

ISSN 2712-8326

Published 4 times a year.

Founder: Ulyanovsk State Ulyanov Pedagogical University.

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

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

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

E-mail: nauka_online@ulspu.ru

Редакционная коллегия

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Editorial team

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

Педагогические науки	1
Теория образования и обучения физике	1
1 Исследование системы подготовки по физике в восьмом классе общеобразовательной школы <i>А. А. Карташова</i>	
26 Методические аспекты разработки тестовых заданий по электродинамике <i>Е. Е. Волкова</i>	
Физико-математические науки	34
Астрономия	34
34 Закон Хаббла и масштабный фактор <i>О. А. Арсенова, С. А. Аччилова, Н. А. Кошелев</i>	
Современные информационные технологии в физике	43
43 Разработка элементов дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE <i>К. К. Алтунин, Ю. А. Кучерова</i>	
67 Разработка дистанционного курса по квантовой механике и оптике наносистем в системе управления обучением MOODLE <i>К. К. Алтунин, Е. А. Купрянова</i>	
85 Разработка элементов онлайн-курса по физике для восьмых классов общеобразовательной школы <i>А. А. Карташова</i>	
Математика	94
94 A primer on the spectral theory of Banach modules and a few of its applications <i>A. G. Baskakov, I. A. Krishtal</i>	
102 Метод наименьших квадратов как инструмент изучения зависимости между величинами в физическом эксперименте <i>О. В. Макеева, Д. В. Воронова</i>	
Авторский указатель	116

CONTENTS

Pedagogical sciences	1
Theory of education and teaching physics	1
1 Investigation of the training system in physics in the eighth grade of a comprehensive school <i>A. A. Kartashova</i>	
26 Methodological aspects of the development of test items in electrodynamics <i>E. E. Volkova</i>	
Physics and mathematics	34
Astronomy	34
34 Hubble's Law and Scale Factor <i>O. A. Arsenova, S. A. Achilova, N. A. Koshelev</i>	
Modern information technologies in physics	43
43 Development of elements of a distance course on graphene nanoelectronics in the learning management system MOODLE <i>K. K. Altunin, Yu. A. Kucherov</i>	
67 Development of a distance course on quantum mechanics and optics of nanosystems in the learning management system MOODLE <i>K. K. Altunin, E. A. Kupreyanova</i>	
85 Development of elements of an online physics course for the eighth grade of a comprehensive school <i>A. A. Kartashova</i>	
Mathematics	94
94 A primer on the spectral theory of Banach modules and a few of its applications <i>A. G. Baskakov, I. A. Krishtal</i>	
102 Least squares method as a tool for studying the relationship between quantities in a physical experiment <i>O. V. Makeeva, D. V. Voronova</i>	
Author's index	116

Секция 1

Педагогические науки

УДК 373.1
ББК 74.262.23
ГРНТИ 14.25.09
ВАК 13.00.02

Исследование системы подготовки по физике в восьмом классе общеобразовательной школы

А. А. Карташова  ¹

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

Поступила в редакцию 12 февраля 2021 года
После переработки 26 февраля 2021 года
Опубликована 5 марта 2021 года

Аннотация. Рассмотрены особенности авторской системы подготовки по физике в восьмом классе общеобразовательной школы. Представлены результаты педагогического эксперимента по апробации системы подготовки по физике, связанного с осуществлением своеобразно сконструированного процесса обучения физике в восьмых классах общеобразовательной школы. Педагогический эксперимент по апробации системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы включает в себя проведение педагогических наблюдений и измерений в контролируемых условиях, согласованных с поставленными задачами по апробации системы подготовки по физике в общеобразовательной школе. Показано, что авторская система подготовки по физике в восьмом классе общеобразовательной школы способствует развитию познавательного интереса к физике.

Ключевые слова: физика, система подготовки, педагогический эксперимент, образовательная технология, дистанционная технология обучения, общеобразовательная школа

¹E-mail: alesya_alekseevna@inbox.ru

Введение

В настоящее время широкое применение получили различные авторские системы подготовки по физике, содержащие элементы смешанного или дистанционного обучения. Наличие элементов смешанного или дистанционного обучения позволяет легче контролировать процесс изучения физики и автоматизировать некоторые этапы проверки выполнения заданий по физике.

В настоящей работе рассматриваются теоретические и методические проблемы разработки и апробации системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы с различными элементами информационной поддержки изучения физики. Проведён всесторонний анализ особенностей систем подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы.

Актуальность, теоретическая и практическая значимость рассматриваемой проблемы, потребность педагогической практики в научно-обоснованном обеспечении процесса обучения физике информационными средствами поддержки изучения физики, способными не только эффективно передавать учебную информацию по курсу физики, но и соответствовать потребностям учащихся, что позволяет рассматривать процесс разработки и реализации системы подготовки по физике как актуальную современную задачу педагогического исследования.

Цель исследования заключается в теоретическом обосновании, разработке, совершенствовании и реализации системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы.

Задачей исследования является разработка и апробация системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы.

Объектом исследования является процесс обучения физике в восьмых классах в общеобразовательной школе в курсе основной школы.

Предметом исследования являются теоретические и практические материалы системы подготовки по физике и формирования умений учащихся использовать знания в ходе изучения физики в восьмых классах общеобразовательной школы.

Гипотеза исследования представляет собой предположение о том, что если разработать систему подготовки, основанную на дидактически обработанной связи физико-математических дисциплин, позволяющую организовать процесс творческого применения учащимися знаний на основе активной экспериментальной деятельности, и развить учебную деятельность обучающихся с применением сбалансированной системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы, то умения учащихся по физике будут сформированы на требуемом уровне, что позволит успешно активизировать познавательную, творческую, поисковую деятельность учащихся на уроках физики в восьмых классах и повысить качество обучения физике в девярых классах общеобразовательной школы.

В качестве **методов научного исследования** используются анализ научной и психолого-педагогической литературы по теме исследования, классификация систем подготовки по физике в девярых классах общеобразовательной школы, личное преподавание физики в восьмых классах общеобразовательной школы, наблюдение за различными группами школьников в процессе обучения физике в восьмом классе общеобразовательной школы, педагогический эксперимент по апробации системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы. Методологическую основу исследования составили системный, деятельностный, компетентностный, информационный и личностный подходы, на основе которых были проведены анализ предмета данного исследования и синтез целостной концепции системы подготовки по физике в общеобразовательной школе.

Научная новизна исследования:

1. Обоснована необходимость создания авторской системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы, позволяющей оптимально сочетать учебно-деятельностные, компетентностные и знаниевые компоненты, включающей в себя самостоятельную, учебную и учебно-научную исследовательскую работу обучаемых.
2. На методологическом и организационно-процессуальном уровнях предложено новое решение проблемы повышения эффективности системы подготовки по физике в общеобразовательной школе и эффективного обучения физике.
3. Разработаны концепция и модель системы подготовки по физике в общеобразовательной школе, базирующиеся на системном подходе. Основные положения концепции и элементы структуры методической системы направлены на создание и реализацию условий, способствующих формированию у обучаемых исследовательских компетенций, творческого подхода к физическому эксперименту, качественного освоения большого объема учебной информации, её критического анализа, поиска нестандартных подходов к решению сложных физических задач в учебно-научной деятельности.
4. Разработана система подготовки по физике в восьмом классе в общеобразовательной школе, отвечающая методологии научного исследования.

База исследования: МБОУ СШ № 48 имени Героя России Д. С. Кожемякина, находящаяся по адресу город Ульяновск, улица Амурская, 10.

Обзор научных работ по методикам в системе подготовки по физике в общеобразовательной школе

Рассмотрим обзор литературы по методикам, применяемым в системах подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы, а также описание некоторых аспектов теории и методики использования различных современных систем подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы.

Повышенный интерес к развитию систем задач по физике для профильного и базового уровней изучения курса физики в школе стимулирует большое количество работ [1–10], которые содержат оригинальные системы задач по физике, системы информационной поддержки изучения систем задач по физике в школе. В рамках системного подхода процесс обучения физике представляют в виде сложной многоуровневой системы, функционирующей под действием разнообразных факторов и связей учебного процесса по физике. В статьях [11, 12] предложена методика оценки основных характеристик педагогических моделей обучения физике. В статье [13] рассматривается проблема организации экспериментальной работы по физике. В работе [14] описано обучение решению экспериментальных задач по физике как средство интеллектуального развития учащихся. В работе [15] изложены основные подходы к построению методики изучения физики на основе научного метода познания и самостоятельных экспериментальных исследований.

В работах [16–18] описаны основные подходы к формированию у учащихся учебных умений и навыков учащихся на уроках физики. Многоуровневая система подготовки по физике должна использовать разносторонние методы обучения физике такие, как объяснительно-иллюстративные методы, репродуктивные методы, проблемно-поисковые методы, эвристические методы, логические методы, исследовательские методы, методы самостоятельной работы, метод беседы.

В статье [19] рассматриваются некоторые способы подготовки учащихся девятых классов к государственной итоговой аттестации по физике в среде дополнительного образования при вузе.

Особенности системы преподавания физики в гимназии описаны в работе [20]. Методологические подходы в обучении физике в средней школе на примере изучения механики рассматривались в работе [21].

В статье [22] анализируются виды учебно-познавательной деятельности политехнической направленности курса физики средней школы, а также предлагается обновленный вариант видов деятельности, базирующийся на системе источников учебной информации.

В статье [23] описаны результаты, накопленные в результате педагогического опыта по использованию педагогических технологий, разработок по предлагаемой теме в рамках зачётной системы в ходе подготовки учащимся к сдаче экзамена по физике в форме ГИА и ЕГЭ.

Общедидактические аспекты оптимизации процесса обучения описаны в работе [24]. Критерии оптимизации содержания и структуры учебника физики рассмотрены в работе [25]. Историко-методологический анализ, проведённый в соответствии с принципом цикличности в методике преподавания физики, описан в работе [26].

Анализ методик, применяемых в различных системах подготовки по физике в девятом классе общеобразовательной школы, позволяет сформировать оптимальную стратегию реализации системы подготовки по физике в девятом классе общеобразовательной школы. В ходе написания обзора литературы по методикам, применяемым в различных системах подготовки по физике в девятом классе общеобразовательной школы, показано, что стратегия реализации системы подготовки по физике в девятом классе общеобразовательной школы должна базироваться на оптимальном сочетании традиционных и онлайн-методов обучения физике с использованием систем проверки знаний.

Характеристика системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы

Система подготовки по физике призвана сформировать фундаментальные представления о природе. Современная школа требует от учителей физики реализации цели формирования ключевых компетентностей, универсальных способов действия обучающихся, позволяющих учащимся успешно описывать физические явления и процессы, а также продуктивно решать задачи по физике в изменяющихся условиях, в том числе задачи инновационного характера, связанные с прикладными исследованиями в области физики.

В настоящее время в восьмых классах общеобразовательной школы наблюдается резкое уменьшение количества часов, отводимых на изучение физики. В связи с этим становится актуальной использование системы подготовки включающей различные методы интенсификации процесса обучения физике в восьмых классах общеобразовательной школы, позволяющие более интенсивно и продуктивно изучать теоретический материал по физике, более эффективно формировать умение решать задачи по физике различного уровня сложности.

Переход на новые образовательные стандарты ставит одной из главных задач перед системой общего образования задачу формирования у учащихся универсальных учебных действий, ориентация на общекультурное, личностное и познавательное развитие учащихся, обеспечивающая такую ключевую компетенцию, как уметь учиться. Качество усвоения знаний определяется многообразием и характером видов универсальных действий. Широкое использование различных цифровых инструментов позволяет эффективно формировать универсальные учебные действия в современной цифровой образовательной среде, используя современные коммуникационные возможности школы, социальные сервисы. Поэтому учитель должен создать для ученика современную обра-

зовательную среду, способную формировать оперативное представление о современном состоянии развития физики в процессе обучения физики. Использование компьютерных технологий в физике позволяет организовать познавательную работу учащихся на уроке физики по изучению физических явлений.

В восьмом классе по физике изучаются первоначальные сведения о строении вещества в объёме 6 часов, механические свойства жидкостей, газов и твёрдых тел в объёме 12 часов, тепловые явления в объёме 12 часов, изменение агрегатных состояний вещества в объёме 6 часов, тепловые свойства газов, жидкостей и твёрдых тел в объёме 4 часа, электрические явления в объёме 6 часов, электрический ток в объёме 14 часов, электромагнитные явления в объёме 7 часов.

Разработка конспекта урока по физике для восьмого класса по теме “Сопротивление проводника. Закон Ома для участка цепи. Решение задач на использование закона Ома”

Согласно рабочей программе по физике для восьмого класса общеобразовательной школы на изучение темы “Электрический ток” отводится 14 часов. Тема урока физики связана с изучением электрического сопротивления проводника и закона Ома для участка электрической цепи.

Целью урока является формирование умения решать задачи на расчёт сопротивления проводника и применение закона Ома для участка электрической цепи на уроке физики в общеобразовательной школе. Из целей урока физики, ориентированных на развитие личности, необходимо реализовать создание для учащихся содержательные и организационные условия для развития умений решать задачи, умений использовать такие методы познания, как наблюдение, эксперимент, осуществлять самоконтроль, взаимоконтроль и самооценку учебной деятельности. Из образовательных целей урока физики необходимо обеспечить закрепление основных понятий, формул, закона Ома для участка цепи. Знать, как зависит сопротивление проводника от его длины и от площади поперечного сечения; организовать деятельность по самостоятельному применению знаний.

В рамках реализации образовательной задачи урока физики необходимо способствовать формированию понятия силы тока, освоению формулировки закона Ома для участка электрической цепи. В рамках реализации развивающей задачи урока физики необходимо продолжить развитие умения работать с текстом учебника и сборника задач по физике, формирование практических умений при решении задач на расчёт сопротивления проводника и умения использовать закон Ома для участка электрической цепи. В рамках реализации воспитательной задачи урока физики необходимо показать значение физических знаний о сопротивлениях проводников и законе Ома для участка цепи для объяснения электрических явлений.

На уроке физики изучаются формула для сопротивления однородного проводника, формула для удельного сопротивления, закон Ома для участка цепи. На уроке физики рассматривается применение формул сопротивления однородного проводника, удельного сопротивления, закона Ома для участка цепи. В результате изучения материала урока физики учащийся должен называть понятия электрического напряжения, сопротивления проводника, удельного сопротивления проводника. В результате изучения материала урока физики учащийся должен воспроизводить определения понятий сила электрического тока, напряжение, удельное сопротивление участка электрической цепи, воспроизводить формулы силы электрического тока, напряжения и сопротивления проводника, воспроизводить закон Ома для однородного участка электрической цепи. В результате освоения материала урока физики учащийся должен объяснять графиче-

ки зависимости силы тока от сопротивления проводника, понимать физический смысл электрического сопротивления проводника, удельного сопротивления проводника, читать и строить графики зависимости силы тока от напряжения на концах проводника, силы тока от сопротивления проводника, применять закон Ома для участка цепи к решению комбинированных задач.

По классификации типов уроков урок относится к комбинированным урокам, который реализуется в виде практикума по решению задач.

В ходе урока физики используются фронтальная, индивидуальная, групповая формы организации работы учащихся по изучению сопротивления проводников и закона Ома для участка электрической цепи при помощи решения различных задач по физике.

В ходе урока физики используется проверка изученного теоретического материала по сопротивлению проводников и закону Ома для участка цепи, проверка решения задач по сопротивлению проводников и закону Ома для участка цепи, введение полученных знаний в систему ранее усвоенных знаний по электричеству в рамках программы по физике для восьмого класса общеобразовательной школы.

В ходе урока физики присутствует организационный момент, направленный на мотивацию к решению задач на сопротивление проводника и закона Ома. Организационный момент длится 1 минуту. В рамках повторения изученного теоретического материала в ходе урока проводится фронтальный опрос по изученным определениям силы тока, напряжения, сопротивления проводника. Фронтальный опрос в ходе урока физики длится 5 минут. Основную часть урока составляет решение задач на сопротивление проводника и применение закона Ома к однородному участку цепи. Решение задач на сопротивление проводника и применение закона Ома к однородному участку цепи длится 30 минут в ходе урока физики. Следующим этапом является подведение итогов урока. Подведение итогов урока длится 2 минуты. На заключительном этапе урока задаётся домашнее задание. В ходе урока физики формулировка домашнего задания занимает 2 минуты.

Приведём описание деятельности учителя и учеников на уроке физики по теме «Сопротивление проводника. Закон Ома для участка цепи. Решение задач на использование закона Ома».

На этапе организационного момента урока физики задачей урока является формирование положительного настроения на урок физики, мотивации к решению задач на сопротивление проводника и применение закона Ома к участку электрической цепи. На этапе организационного момента урока физики деятельность учителя включает в себя приветствие учащихся и проверку готовности учащихся к уроку физики по закону Ома для участка электрической цепи. На этапе организационного момента урока физики деятельность ученика включает в себя приветствие учителя и проверку своей готовности к уроку.

На этапе повторения и опроса задачей урока является организация повторения ранее изученного материала по электрическому току и электрическим цепям. На этапе повторения и опроса деятельность учителя включает в себя проведение фронтального опроса по изученным определениям силы электрического тока, напряжения, электрического сопротивления. На этапе повторения и опроса деятельность ученика включает в себя вспоминание ранее изученного материала по формулировке закона Ома, выражению напряжения на участке электрической цепи, зная силу тока в нём и его сопротивление, а также зависимости электрического сопротивления от его длины и площади поперечного сечения. На этапе повторения и опроса деятельность ученика включает в себя также вспоминание определения и формулы удельного сопротивления проводника, формулы для расчёта удельного сопротивления проводника.

На этапе решения задач по физике задачей урока является формирование умения

решать задачи на сопротивление проводника и закон Ома. На этапе решения задач по физике деятельность учителя включает в себя деятельность по обучению решать типовые задачи из сборников задач на закон Ома и расчёт сопротивления проводника или однородного участка электрической цепи. Учитель физики позволяет тем школьникам, кто решает задачи быстрее, решать задачи вперёд других школьников. На этапе решения задач по физике деятельность ученика составляет решение задач по закону Ома для участка электрической цепи у доски.

На этапе подведения итогов урока по физике задачей урока является проведение анализа и самоанализа, а также оценка качества деятельности учащихся на уроке. На этапе подведения итогов урока по физике деятельность учителя включает в себя организацию подведения итогов урока по физике. Учитель даёт оценку качества работы класса и отдельных учащихся на уроке физики. На этапе подведения итогов урока по физике деятельность ученика включает в себя анализ того, что вспомнили, что узнали, какие умения и навыки приобрели и закрепили.

На этапе выдачи домашнего задания задачей урока по физике является обеспечение понимание цели, содержания и способов выполнения домашнего задания по физике. На этапе выдачи домашнего задания деятельность учителя включает в себя запись домашнего задания на доске, озвучивание домашнего задания, проверка записи учениками домашнего задания в тетрадь. На этапе выдачи домашнего задания деятельность ученика включает в себя запись домашнего задания в дневник и тетрадь.

Система задач по теме “Сопротивление проводника, закон Ома для участка цепи. Решение задач на использование закона Ома”

Рассмотрим основные задачи, используемые на уроке физики по теме “Сопротивление проводника, закон Ома для участка цепи. Решение задач на использование закон Ома” в восьмом классе общеобразовательной школы.

Задача 8.52.1. Чук и Гек сконструировали однородный проводник, обладающий сопротивлением 70 Ом. После включения однородного проводника в электрическую цепь по проводнику протекает электрический ток, который характеризуется силой тока 6 мА. Найдите напряжение на концах однородного проводника?

Решение.

По условию задачи сопротивление однородного проводника составляет $R = 70$ Ом, а сила тока равна $I = 0.006$ А.

Используем закон Ома для однородного участка электрической цепи

$$U = RI .$$

Для расчёта численных значений напряжения подставим значения сопротивления и силы тока, которые даны в условии задачи

$$U = 0.006 \cdot 70 = 0.42\text{В} .$$

Ответ: $U = 0.42$ В.

Задача 8.52.2. Экспериментатор Винтик собрал электрическую спираль. В ходе эксперимента со спиралью сила тока в электрической спирали составила 0.5 А, а напряжение на концах оказалось равным 120 В. Найдите сопротивление спирали.

Решение.

По условию задачи напряжение на концах спирали составляет $U = 120$ В, а сила электрического тока, протекающего через спираль, равна $I = 0.5$ А. Для нахождения

сопротивления электрической спирали воспользуемся законом Ома $U = RI$, из которого выразим величину сопротивления электрической спирали

$$R = \frac{U}{I}.$$

Затем поставляем численные значения

$$R = \frac{120}{0.5} = 240 \text{ Ом}.$$

Ответ: $R = 240 \text{ Ом}$.

Задача 8.52.3. Экспериментатор Глюк решил исследовать нагревательный элемент электрического утюга, обладающего сопротивлением 88 Ом. Экспериментатор Глюк включил электрический утюг в электрическую сеть с напряжением 220 В. Найдите силу электрического тока, протекающего через нагревательный элемент электрического утюга?

Решение.

По условию задачи сопротивление нагревательного элемента электрического утюга составляет $R = 88 \text{ Ом}$. Напряжение электрической сети, в которую включается электрический утюг, составляет $U = 220 \text{ В}$.

Используем закон Ома для однородного участка электрической цепи

$$U = RI.$$

Выразим из закона Ома силу тока через нагревательный элемент электрического утюга

$$I = \frac{U}{R}.$$

Вычислим численное значение силы тока через нагревательный элемент электрического утюга

$$I = \frac{220}{88} = 2.5 \text{ А}.$$

Ответ: $I = 2.5 \text{ А}$.

Задача 8.52.4. Крош нашёл алюминиевый провод, имеющий длину 100 м. Крош измерил площадь поперечного сечения найденного алюминиевого провода и получил значение площади поперечного сечения 2.8 мм^2 . Найдите сопротивление алюминиевого провода.

Решение.

Сопротивление однородного проводника вычисляется по формуле

$$R = \rho \frac{\ell}{S}.$$

Численное значение удельного сопротивления алюминиевого провода возьмём из справочной таблицы. Вычислим численное значение сопротивления однородного проводника

$$R = 0.028 \cdot \frac{100}{2.8} = 1 \text{ Ом}.$$

Ответ: $R = 1 \text{ Ом}$.

Задача 8.52.5. Винтик и Шпунтик отрезали медный провод длиной 500 м. Винтик и Шпунтик произвели измерение диаметра медного провода и рассчитали площадь поперечного сечения медного провода, получив значение площади поперечного сечения

медного провода 0.1 мм^2 . Винтик и Шпунтик измерили омметром сопротивление медного провода и получили значение сопротивления медного провода 85 Ом . Найдите удельное сопротивление меди, из которой был изготовлен медный провод.

Решение.

Сопротивление куска медного провода вычисляется по формуле

$$R = \rho \frac{\ell}{S}.$$

Выразим удельное сопротивление куска медного провода

$$\rho = R \frac{S}{\ell}.$$

По найденной формуле рассчитаем численное значение удельного сопротивления куска медного провода

$$\rho = 85 \cdot \frac{0.1 \cdot 10^{-6}}{500} = 1.7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{ м}.$$

Ответ: $\rho = 1.7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{ м}$.

Задача 8.52.6. Экспериментатор Глюк изготовил алюминиевый провод, имеющий длину 500 м , для проведения эксперимента по электричеству. Экспериментатор Глюк измерил омметром сопротивление получившегося куска алюминиевого провода и получил значение сопротивления 7 Ом . Определите площадь поперечного сечения алюминиевого провода по имеющимся данным в условии задачи.

Решение.

Сопротивление куска медного провода вычисляется по формуле

$$R = \rho \frac{\ell}{S}.$$

Выразим из формулы сопротивления площадь величину площади поперечного сечения куска алюминиевого провода

$$S = \rho \frac{\ell}{R}.$$

Подсчитаем численное значение площади поперечного сечения куска алюминиевого провода

$$S = 0.027 \cdot 10^{-6} \frac{500}{7} = 1.93 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Ответ: $S = 1.93 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

Задача 8.52.7. Винтик и Шпунтик изготовили проводник из константановой проволоки. После проведения измерений геометрических размеров изготовленного проводника Винтик и Шпунтик получили значения длины 10 м и площади поперечного сечения 1.2 мм^2 . Включив изготовленный проводник из константановой проволоки в электрическую цепь, Винтик и Шпунтик измерили напряжение на концах проводника из константановой проволоки, получив значение напряжения 20 В . Найдите силу тока на участке электрической цепи, содержащем проводник из константановой проволоки.

Решение.

Сопротивление проводника из константановой проволоки вычисляется по формуле

$$R = \rho \frac{\ell}{S}.$$

Используем закон Ома для однородного участка электрической цепи

$$U = R I.$$

Выразим из закона Ома силу тока через проводник из константановой проволоки

$$I = \frac{U}{R}.$$

Тогда силу тока можно найти

$$I = \frac{U S}{\rho \ell}.$$

Подставим численные значения данных величин и вычислим значение силы тока через проводник из константановой проволоки

$$I = \frac{20 \cdot 1.2 \cdot 10^{-6}}{0.5 \cdot 10^{-6} 10} = 4.8 \text{ A}.$$

Ответ: $I = 4.8 \text{ A}$.

Задача 8.52.8. Школьник Петя включил кусок железного провода в электрическую цепь постоянного напряжения. Школьник Петя измерил силу электрического тока, протекающего через кусок железного провода, которая оказалась равной 1 А. Школьник Петя измерил напряжение на концах куска железного провода, которое оказалось равным 12 В. Площадь поперечного сечения куска железного провода составляет 0.8 мм². Найдите длину куска железного провода.

Решение.

Запишем закон Ома для участка электрической цепи

$$U = R I.$$

Сопротивление куска железного провода, представляющего собой проводник, находится по формуле

$$R = \rho \frac{\ell}{S}.$$

После подстановки формулы для сопротивления проводника в формулу закона Ома для участка электрической цепи получим

$$U = \rho \frac{\ell}{S} I.$$

Из последней формулы выразим длину куска железного провода, получим

$$\ell = \frac{U S}{\rho I}.$$

Затем подставим численные значения и вычислим длину куска железного провода, получим

$$\ell = \frac{12 \cdot 0.8 \cdot 10^{-6}}{0.1 \cdot 10^{-6} \cdot 1} = 96 \text{ м}.$$

Ответ: $\ell = 96 \text{ м}$.

Задача 8.52.9. Экспериментатор Глюк построил линию электропередачи длиной 0.5 км на основе алюминиевых проводов для проведения эксперимента по передаче электроэнергии на расстояния. Экспериментатор Глюк измерил силу тока в линии электропередачи и получил значение силы тока 15 А. Алюминиевые провода в линии электропередачи имеют площадь поперечного сечения 14 мм². Найдите напряжение на концах линии электропередачи.

Решение.

Запишем закон Ома для участка электрической цепи

$$U = R I .$$

Сопротивление участка линии электропередачи из алюминиевого провода, представляющего собой проводник, находится по формуле

$$R = \rho \frac{\ell}{S} .$$

После подстановки формулы для сопротивления проводника в формулу закона Ома для участка электрической цепи получим

$$U = \rho \frac{\ell}{S} I .$$

Вычислим численное значение напряжения

$$U = 0.28 \cdot 10^{-7} \frac{500}{14 \cdot 10^{-6}} 15 = 15 \text{ В} .$$

Ответ: $U = 15 \text{ В}$.

Задача 8.52.10. Винтик и Шпунтик изготовили реостат из никелиновой проволоки длиной 25 м и площадью поперечного сечения 0.5 мм^2 . Реостат включён в электрическую цепь постоянного тока. Напряжение на зажимах реостата из никелиновой проволоки равно 45 В. Найдите силу тока, проходящего через реостат из никелиновой проволоки.

Решение.

Запишем закон Ома для участка электрической цепи

$$U = R I .$$

Сопротивление участка реостата из никелиновой проволоки, представляющего собой проводник, находится по формуле

$$R = \rho \frac{\ell}{S} .$$

После подстановки формулы для сопротивления реостата из никелиновой проволоки в формулу закона Ома для участка электрической цепи получим

$$U = \rho \frac{\ell}{S} I .$$

Выразим силу тока через реостат из никелиновой проволоки, получим

$$I = \frac{U S}{\rho \ell} .$$

Вычислим значение силы тока через реостат из никелиновой проволоки

$$I = \frac{45 \cdot 0.5 \cdot 10^{-6}}{0.4 \cdot 10^{-6} \cdot 25} = 2.25 \text{ А} .$$

Ответ: $I = 2.25 \text{ А}$.

Задача 8.52.11. Допустимый электрический ток для изолированного медного провода сечением 1 мм^2 при продолжительной работе составляет 11 А. Сколько метров изолированной медной проволоки можно включить в электрическую сеть с напряжением 220 В?

Решение.

Запишем закон Ома для участка электрической цепи

$$U = RI.$$

Сопротивление медного провода, представляющего собой проводник, находится по формуле

$$R = \rho \frac{\ell}{S}.$$

После подстановки формулы для сопротивления проводника в формулу закона Ома для участка электрической цепи получим

$$U = \rho \frac{\ell}{S} I.$$

Выразим длину медного провода

$$\ell = \frac{US}{\rho I}.$$

Вычислим численное значение длины медного провода

$$\ell = \frac{220 \cdot 10^{-6}}{0.17 \cdot 10^{-7} \cdot 11} = 1176.47 \text{ м}.$$

Ответ: $\ell = 1176.47$ м.

Задача 8.52.12. Винтик и Шпунтик начали исследовать электрические свойства железного провода длиной 140 см и площадью поперечного сечения 0.2 мм^2 . Для этого они пропускали электрический ток силой 250 мА через железный провод. Найдите напряжение на концах железного провода.

Решение.

Запишем закон Ома для участка электрической цепи

$$U = RI.$$

Сопротивление железного провода, представляющего собой проводник, находится по формуле

$$R = \rho \frac{\ell}{S}.$$

После подстановки формулы для сопротивления проводника в формулу закона Ома для участка электрической цепи получим

$$U = \rho \frac{\ell}{S} I.$$

Подсчитываем численное значение напряжения

$$U = 0.1 \cdot 10^{-6} \frac{1.4}{0.2 \cdot 10^{-6}} 0.25 = 17.5 \cdot 10^{-3} \text{ В}.$$

Ответ: $U = 17.5 \cdot 10^{-3}$ В.

Результаты педагогического эксперимента по апробации системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы

Приведём описание результатов педагогического эксперимента с элементами ключевого контроля успеваемости по апробации системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы.

В настоящей части работы приводится описание педагогического эксперимента по апробации системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы, связанного с осуществлением своеобразно сконструированного процесса обучения физике в восьмых классах общеобразовательной школы. Педагогический эксперимент по апробации системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы предполагает проведение педагогических наблюдений в контролируемых условиях, согласованных с поставленными задачами по апробации системы подготовки по физике.

Базой проведения педагогического эксперимента по апробации системы подготовки по физике является МБОУ СШ № 48 имени Героя России Д. С. Кожемякина, находящаяся по адресу г. Ульяновск, ул. Амурская, 10.

В ходе проведения педагогического эксперимента по апробации системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы происходили наблюдения за двумя группами учеников. В рамках педагогического эксперимента проводился планомерный контроль знаний по физике в восьмых классах общеобразовательной школы в рамках изучения нескольких тем. На успешность проведения педагогического эксперимента по физике в восьмых классах общеобразовательной школы повлияло наличие необходимых технических средств обучения физике: это и наличие лаборантской комнаты в кабинете физики и соответствующий инструментарий и инвентарь. В классах на стенах имеются плакаты, которые дают наглядное представление об основных понятиях и явлениях физики. В кабинете физики созданы все условия, необходимые в образовательном процессе по физике.

Для проведения педагогического эксперимента были выбраны два класса 8а класс и 8б класс. Были проведены проверочные контрольные работы по нескольким темам физики по программе восьмого класса.

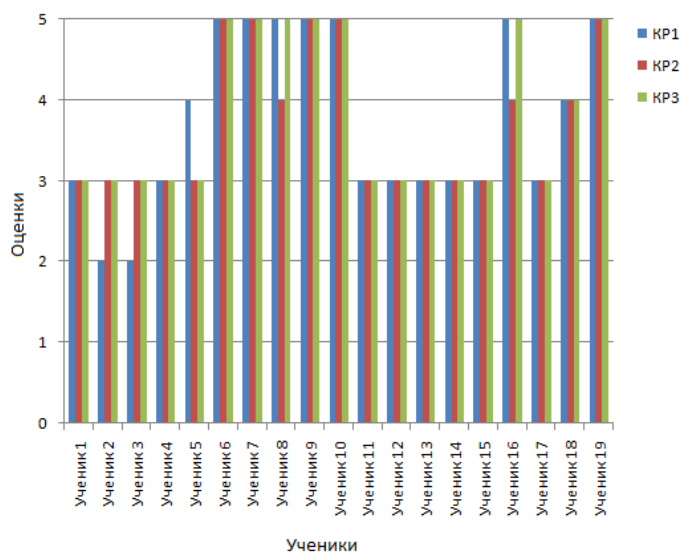


Рис. 1. Распределение оценок по ключевым проверочным работам учеников 8а класса экспериментальной группы.

В 8а классе контрольная работа 1 по теме “Механические свойства газов, жидкостей и твёрдых тел ” была проведена 3.11.2020. В 8а классе контрольная работа 2 по теме “Тепловые явления” была проведена 12.01.2021. В 8а классе контрольная работа 3 по теме “Тепловые свойства газов, жидкостей и твёрдых тел” была проведена 2.02.2021. 8а класс состоит из 19 учеников. В 8а классе 12 мальчиков и 7 девочек. На рис. 1 изображено распределение оценок по контрольным работам учеников 8а класса экспериментальной группы.

В 8б классе контрольная работа 1 по теме “Механические свойства газов, жидкостей и твёрдых тел ” была проведена 3.11.2020. В 8б классе контрольная работа 2 по теме “Тепловые явления” была проведена 12.01.2021. В 8б классе контрольная работа 3 по теме “Тепловые свойства газов, жидкостей и твёрдых тел” была проведена 2.02.2021. 8б класс состоит из 20 учеников. В 8б классе 14 мальчиков и 6 девочек.

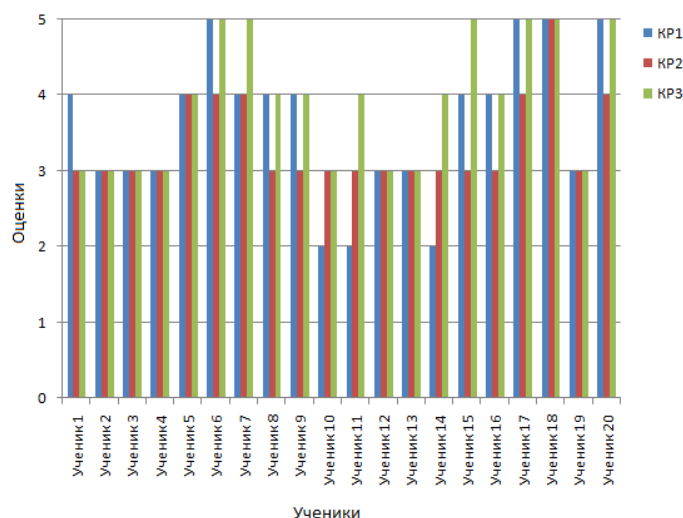


Рис. 2. Распределение оценок по ключевым проверочным работам учеников 8б класса экспериментальной группы.

На рис. 2 изображено распределение оценок по контрольным работам учеников 8б класса экспериментальной группы. На рис. 3 представлено распределение количества оценок за первую контрольную работу по физике учеников 8а класса экспериментальной группы.

На рис. 4 изображено распределение количества оценок за вторую контрольную работу по физике учеников 8а класса экспериментальной группы.

На рис. 5 изображено распределение количества оценок за третью контрольную работу по физике учеников 8а класса экспериментальной группы.

Вычисление степени обученности учащихся 8а класса по результатам первой контрольной работы по теме “Механические свойства газов, жидкостей и твёрдых тел” даёт значение 60.4 %, что соответствует допустимому или конструктивному уровню степени обученности учащихся. Вычисление степени обученности учащихся 8а класса по результатам второй контрольной работы по теме “Тепловые явления” даёт значение 57.3 %, что соответствует допустимому или конструктивному уровню степени обученности учащихся. Вычисление степени обученности учащихся 8а класса по результатам третьей контрольной работы по теме “Тепловые свойства газов, жидкостей и твёрдых тел” даёт значение 61.1 %, что соответствует допустимому или конструктивному уровню степени обученности учащихся.

Для контрольной работы 1 по теме “Механические свойства газов, жидкостей и твёрдых тел ” в 8а классе экспериментальное значение суммы хи-квадрат принимает значение 6.5, что меньше критического значения хи-квадрат 9.5 при уровне значимости 0.05

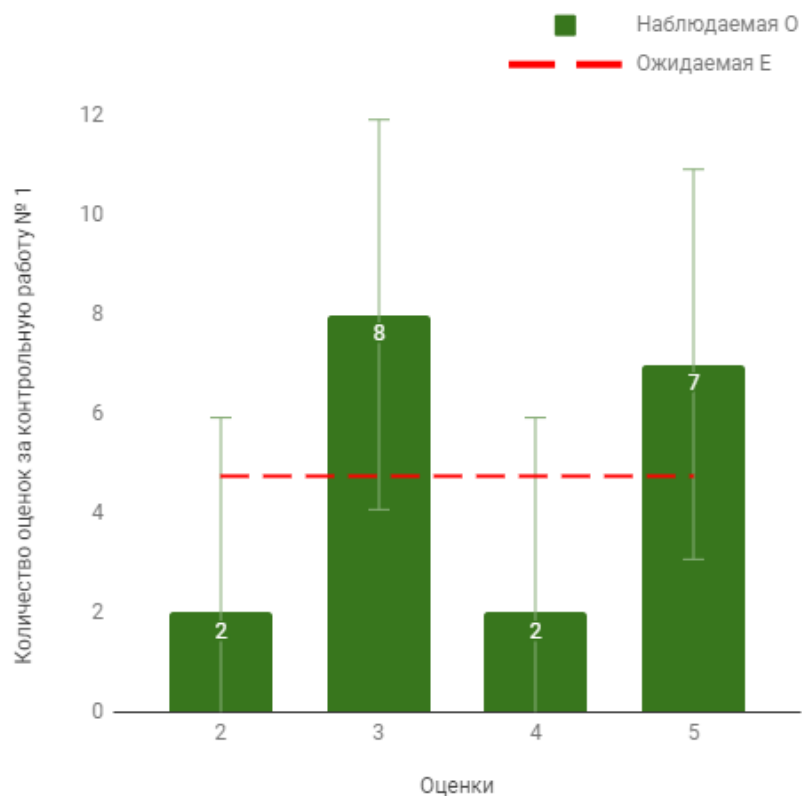


Рис. 3. Распределение количества оценок за первую контрольную работу по физике учеников 8а класса экспериментальной группы.

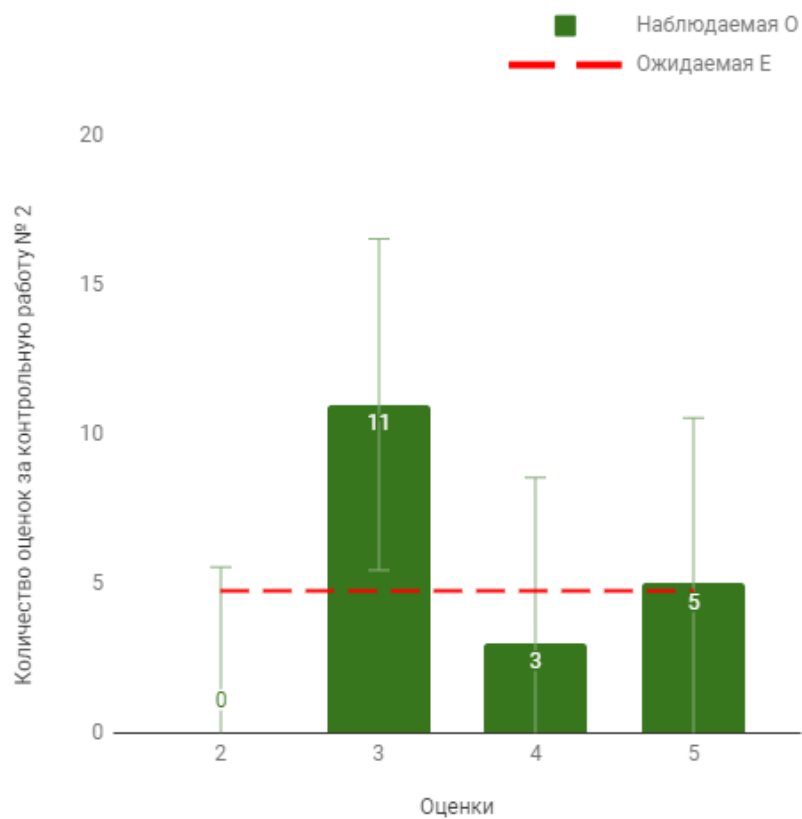


Рис. 4. Распределение количества оценок за вторую контрольную работу по физике учеников 8а класса экспериментальной группы.

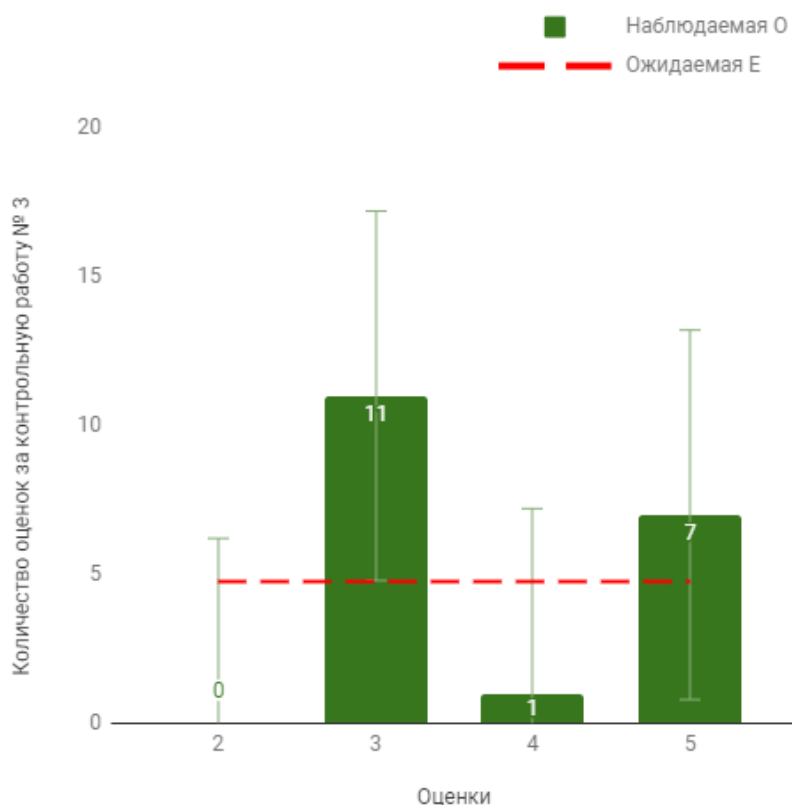


Рис. 5. Распределение количества оценок за третью контрольную работу по физике учеников 8а класса экспериментальной группы.

и числе степеней свободы 4. Экспериментальное значение суммы хи-квадрат, равное 6.5, оказывается больше критического значения хи-квадрат 5.99 при уровне значимости 0.20 и числе степеней свободы 4. Поэтому для контрольной работы 1 в 8а классе необходимо совершенствование методики преподавания темы для подтверждения экспериментальной гипотезы об эффективности авторской системы подготовки по физике 8 классе общеобразовательной школы в части темы, контролируемой контрольной работой 1 в 8 классе.

Для контрольной работы 2 по теме “Тепловые явления” в 8а классе экспериментальное значение суммы хи-квадрат принимает значение 13.6, что больше критического значения хи-квадрат 9.5 при уровне значимости 0.05 и числе степеней свободы 4. Поэтому для контрольной работы 2 в 8а классе подтверждается экспериментальная гипотеза об эффективности авторской системы подготовки по физике 8 классе общеобразовательной школы в части темы, контролируемой контрольной работой 2 в 8 классе.

Для контрольной работы 3 по теме “Тепловые свойства газов, жидкостей и твёрдых тел” в 8а классе экспериментальное значение суммы хи-квадрат принимает значение 17.0, что больше критического значения хи-квадрат 9.5 при уровне значимости 0.05 и числе степеней свободы 4. Поэтому для контрольной работы 3 в 8а классе подтверждается экспериментальная гипотеза об эффективности авторской системы подготовки по физике 8 классе общеобразовательной школы в части темы, контролируемой контрольной работой 3 в 8 классе.

На рис. 6 изображено распределение количества оценок за первую контрольную работу по физике учеников 8б класса экспериментальной группы.

На рис. 7 изображено распределение количества оценок за вторую контрольную работу по физике учеников 8б класса экспериментальной группы. На рис. 8 изображено распределение количества оценок за третью контрольную работу по физике учеников

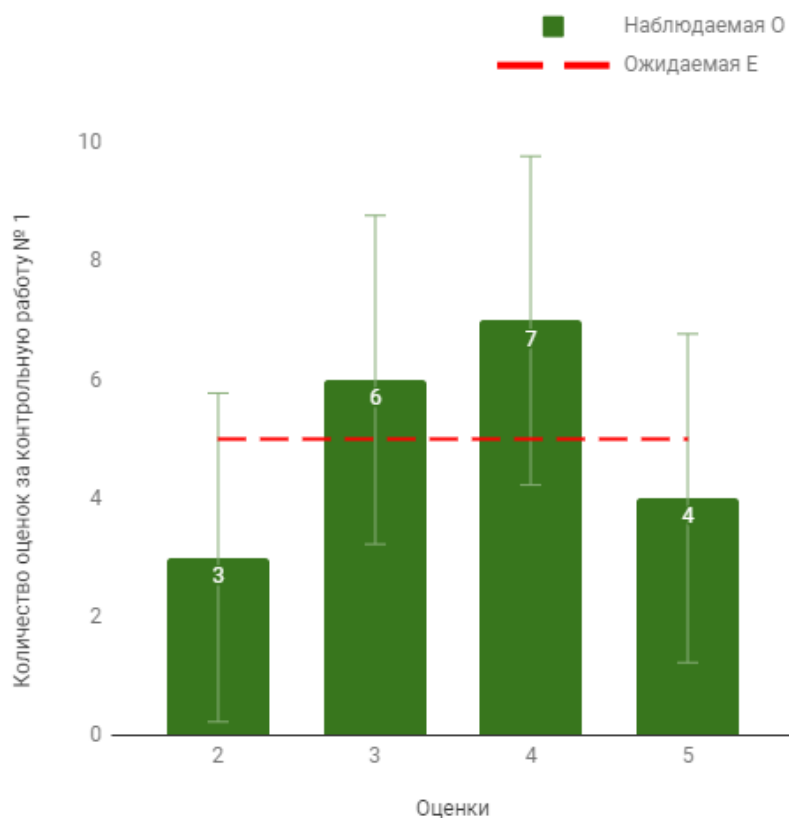


Рис. 6. Распределение количества оценок за первую контрольную работу по физике учеников 8б класса экспериментальной группы.

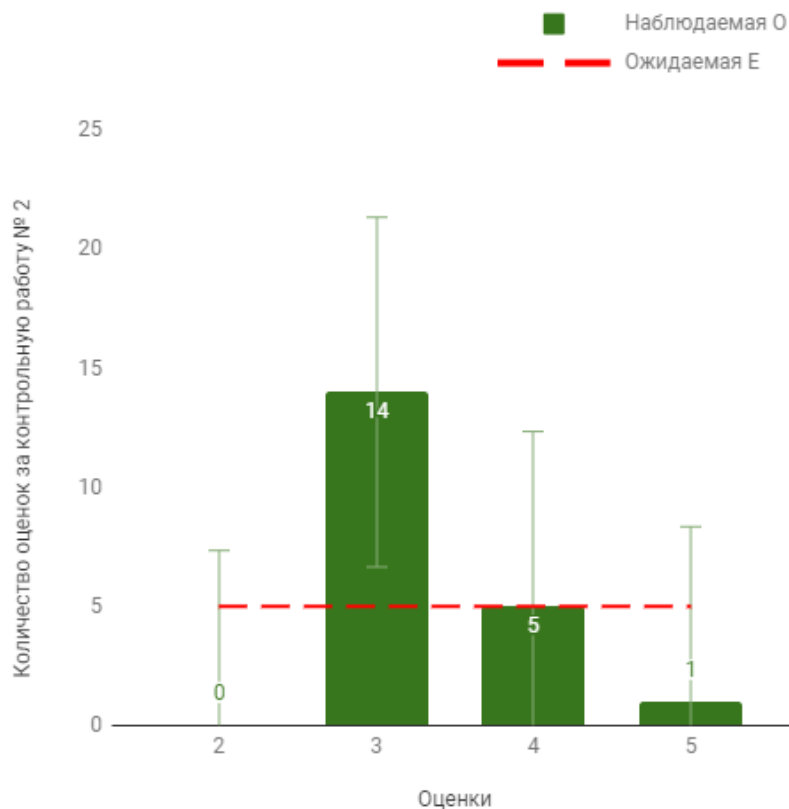


Рис. 7. Распределение количества оценок за вторую контрольную работу по физике учеников 8б класса экспериментальной группы.

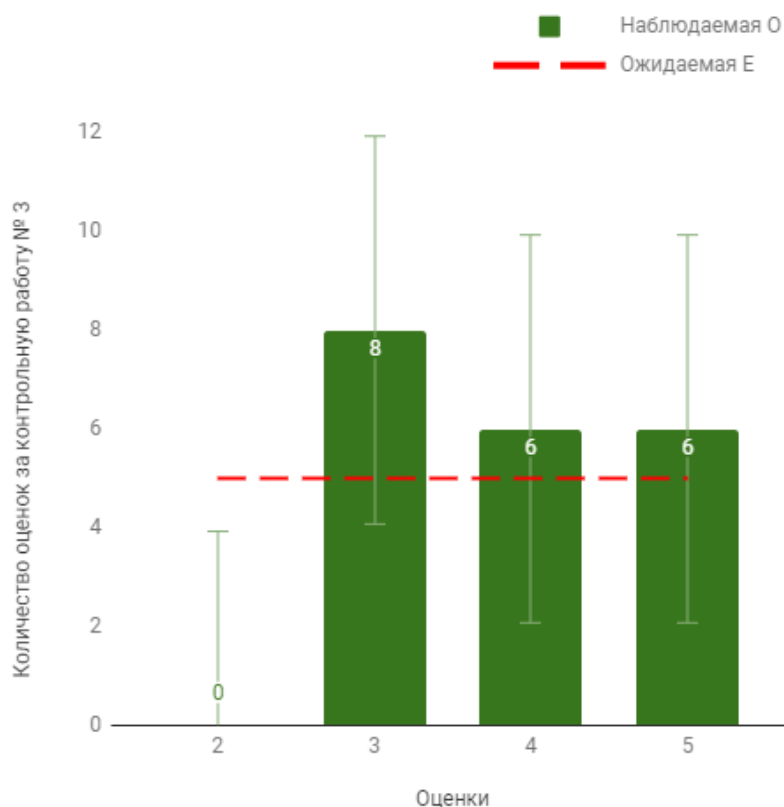


Рис. 8. Распределение количества оценок за третью контрольную работу по физике учеников 8б класса экспериментальной группы.

8б класса экспериментальной группы.

Вычисление степени обученности учащихся 8б класса по результатам первой контрольной работы по теме “Механические свойства газов, жидкостей и твёрдых тел” даёт значение 55.6 %, что соответствует допустимому или конструктивному уровню степени обученности учащихся. Вычисление степени обученности учащихся 8б класса по результатам второй контрольной работы по теме “Тепловые явления” даёт значение 46.2 %, что соответствует удовлетворительному или репродуктивному уровню степени обученности учащихся. Вычисление степени обученности учащихся 8б класса по результатам третьей контрольной работы по теме “Тепловые свойства газов, жидкостей и твёрдых тел” даёт значение 63.6 %, что соответствует допустимому или конструктивному уровню степени обученности учащихся.

Для контрольной работы 1 по теме “Механические свойства газов, жидкостей и твёрдых тел ” в 8б классе экспериментальное значение суммы хи-квадрат принимает значение 2.0, что меньше критического значения хи-квадрат 9.5 при уровне значимости 0.05 и числе степеней свободы 4. Экспериментальное значение суммы хи-квадрат, равное 2.0, оказывается больше критического значения хи-квадрат 1.65 при уровне значимости 0.80 и числе степеней свободы 4. Поэтому для контрольной работы 1 в 8б классе необходимо совершенствование методики преподавания темы и совершенствование материалов контрольной работы для подтверждения экспериментальной гипотезы об эффективности авторской системы подготовки по физике 8 классе общеобразовательной школы в части темы, контролируемой контрольной работой 1 в восьмом классе.

Для контрольной работы 2 по теме “Тепловые явления” в 8б классе экспериментальное значение суммы хи-квадрат принимает значение 24.4, что больше критического значения хи-квадрат 9.5 при уровне значимости 0.05 и числе степеней свободы 4. Поэтому для контрольной работы 2 в 8б классе подтверждается экспериментальная гипотеза об

эффективности авторской системы подготовки по физике 8 классе общеобразовательной школы в части темы, контролируемой контрольной работой 2 в восьмом классе.

Для контрольной работы 3 по теме “Тепловые свойства газов, жидкостей и твёрдых тел” в 8б классе экспериментальное значение суммы хи-квадрат принимает значение 7.2, что меньше критического значения хи-квадрат 9.5 при уровне значимости 0.05 и числе степеней свободы 4. Экспериментальное значение суммы хи-квадрат, равное 7.2, оказывается больше критического значения хи-квадрат 5.99 при уровне значимости 0.80 и числе степеней свободы 4. Поэтому для контрольной работы 3 в 8б классе необходимо совершенствование методики преподавания темы и совершенствование материалов контрольной работы для подтверждения экспериментальной гипотезы об эффективности авторской системы подготовки по физике 8 классе общеобразовательной школы в части темы, контролируемой контрольной работой 3 в восьмом классе.

Выполнено экспериментальное исследование системы подготовки по физике в восьмых классах в рамках педагогической деятельности. Внедряется инновационная система подготовки, основанная на использовании системы задач по физике разного уровня сложности, и здоровьесберегающих технологий обучения физике. Проведено психолого-педагогическое тестирование по различным методикам. Проанализирована литература и документация по теме исследования. Приведён анализ результатов выполнения ключевых работ по физике в восьмых классах в рамках педагогической деятельности в общеобразовательной школе.

Получены результаты педагогического эксперимента по апробации системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы. Получены результаты психолого-педагогическое тестирование тревожности по различным методикам. Предложено снижать уровень тревожности путём более качественного проведения занятий и лабораторных работ по физике. Получены первые результаты внедрения инновационной системы подготовки, основанной на использовании системы задач по физике разного уровня сложности, и здоровьесберегающих технологий обучения физике. Создана электронная таблица для статистической обработки результатов проведённого педагогического эксперимента.

Концепция новой системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы обучения нашла свою практическую реализацию в ходе практического применения и получила оценку достоверности всей системы выводов в проведённом полномасштабном педагогическом эксперименте по апробации системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы.

Заключение

В процессе работы опробована авторская система подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы, способствующая развитию познавательного интереса к физике. Использование дистанционных и смешанных технологий обучения физике позволяет активизировать визуальный канал восприятия учебной информации, разнообразить сам учебный материал, расширить формы и виды контроля учебной деятельности.

Разработанная информационная система поддержки системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы может эффективно применяться в рамках использования смешанных и дистанционных технологий обучения физике. Результат разработки современной системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы показывает оптимальность комбинации использования традиционных и компьютерных методов обучения и диагностики учащихся по физике в восьмых классах общеобразовательной школы. В ходе педагогического эксперимента по апробации системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной

школы установлено, что степень обученности учащихся по трём ключевым контрольным работам по физике лежит преимущественно на допустимом уровне степени обученности учащихся. Соответствие результатов ключевых контрольных работ по физике допустимому и удовлетворительному уровням обученности подтверждает успешность первой реализации авторской системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы.

Поставленная в работе гипотеза исследования о том, что если развить учебную деятельность обучающихся с применением сбалансированной системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы, то это позволит успешно активизировать познавательную, творческую, поисковую деятельность учащихся на уроках физики в восьмых классах и повысить качество обучения физике в девярых классах общеобразовательной школы, подтверждена полностью.

Преобразование гипотезы в концепцию системы подготовки по физике в общеобразовательной школе показало, что основная идея исследования о возможности развития теоретического мышления обучающихся на основе управления его познавательной деятельностью в соответствии с принципами методологически ориентированного обучения, нашла в результате проведённого исследования определённую реализацию.

Достоверность выводов определяется глубиной методологического обоснования, его согласованностью с теорией познания, анализом обширного материала, полученного в процессе теоретического и экспериментального исследования системы подготовки по физике в общеобразовательной школе, подтверждением основных положений исследования в ходе педагогического исследования, а также апробацией основных положений исследования в практике преподавания физики в восьмых классах общеобразовательной школы.

В заключении следует отметить, что приемлемы любые достаточно подготовленные и проработанные системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы, способствующие росту познавательного интереса у учащихся.

Список использованных источников

1. Кокин В. А. Система задач во внеклассной работе по развитию познавательного интереса и творческих способностей учащихся школы (на примере кружка) // В сборнике: Естественно-научное образование. Прошлое, настоящее, будущее. Материалы Всероссийской заочной интернет-конференции. — Самара : Поволжская государственная социально-гуманитарная академия, 2011. — С. 176–178.
2. Кокин В. А. Система задач по физике // Вестник Поволжской государственной социально-гуманитарной академии. — 2012. — № 7. — С. 272–278.
3. Кокин В. А., Макаров И. Необходимость применения системы качественных и экспериментальных задач по физике в профильной школе // В сборнике: Формирование учебных умений. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. — Ульяновск : Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова, 2009. — С. 129–129.
4. Алтунин К. К. Компьютерные технологии в физике: обобщение и систематизация опыта преподавания учебной дисциплины // Поволжский педагогический поиск. — 2018. — № 3 (25). — С. 96–107.
5. Алтунин К. К., Карташова А. А. Использование системы физических задач по блоку тем в старших классах общеобразовательной школы с углубленным изучением

- физики // В сборнике: Современные тренды непрерывного образования: методология и практика становления лицейских классов в пространстве университета. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Под общей редакцией М. И. Лукьяновой, С. В. Данилова, В. А. Основиной. — Ульяновск : Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова, 2019. — С. 38–48.
6. Алтунин К. К., Карташова А. А. Разработка электронного образовательного ресурса по солнечной энергетике // Наука online. — 2019. — № 2 (7). — С. 15–32. — URL: http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2019/07/nauka_online_7_1-16-33.pdf.
 7. Алтунин К. К., Лушниковая Ю. О. Использование системы олимпиадных задач по физике в десятом классе общеобразовательной школы // Поволжский педагогический поиск. — 2018. — № 2 (24). — С. 95–105.
 8. Алтунин К. К., Лушниковая Ю. О., Назарова Т. В. Электронный курс по олимпиадным задачам по физике // Наука online. — 2018. — № 2 (3). — С. 53–69.
 9. Алтунин К. К., Хусаинова А. М. Разработка электронного образовательного ресурса по физике с использованием технологии перевёрнутого класса // В сборнике: Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин Материалы Всероссийской научно-практической конференции. — 2018. — С. 10–14.
 10. Тарасова Н. М., Петрова Р. И., Наумкин Н. И. Методика обучения учащихся решению экспериментальных задач по физике // Современные проблемы науки и образования. — 2019. — № 2. — С. 82–89.
 11. Белый В. С. Оценка эффективности обучения студентов дисциплине “Физика” по результатам педагогического эксперимента // Комплексные проблемы развития науки, образования и экономики региона. — 2016. — № 1 (8). — С. 188–221.
 12. Белый В. С. Разработка методики проведения педагогического эксперимента по оценке эффективности обучения студентов дисциплине “Физика” // Комплексные проблемы развития науки, образования и экономики региона. — 2015. — № 1 (6). — С. 213–230.
 13. Кудряшов В. И. Организация экспериментальной работы по физике в рамках дополнительного образования школьников // Гуманитарные науки и образование. — 2019. — Т. 10, № 1 (37). — С. 103–107.
 14. Бубликов С. В. Обучение решению экспериментальных задач по физике как средство интеллектуального развития учащихся. — Санкт-Петербург : Издательство РГПУ имени А. И. Герцена, 2007. — 84 с.
 15. Никифоров Г. Г., Пентин А. Ю., Попова Г. М. Методика изучения физики в основной школе на базе естественнонаучного метода познания и самостоятельных экспериментальных исследований учащихся (на примере раздела “Электрические явления” 8 класс) // Физика в школе. — 2018. — № 8. — С. 3–12.
 16. Усова А. В., Бобров А. А. Формирование у учащихся учебных умений. — Москва : Знание, 1987. — 78 с.
 17. Усова А. В., Бобров А. А. Формирование у учащихся учебных умений и навыков учащихся на уроках физики. — Москва : Просвещение, 1988. — 122 с.

18. Усова А. В., Завьялов В. В. Воспитание учащихся в процессе обучения физике. — Москва : Просвещение, 1984. — 143 с.
19. Власова А. А. Подготовка учащихся девятого класса к ГИА по физике (эксперимент) в системе дополнительного образования при педагогическом вузе // Вестник Томского государственного педагогического университета. — 2014. — № 6 (147). — С. 117–122.
20. Масленникова Ю. В. Система преподавания физики в гимназии // Материалы научно-практической конференции «Университетский округ: образование инновационного потенциала образовательной системы региона». Часть 1. — Нижний Новгород : Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского, 2010. — С. 258–265.
21. Масленникова Ю. В. Методологические подходы в обучении физике в средней школе (на примере изучения механики) / Педагог 3.0: Подготовка учителя для школы будущего. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. 23 марта 2016 года. — Нижний Новгород : Мининский университет, 2016. — С. 159–164.
22. Ильин И. В., Ильин В. В. Виды учебно-познавательной деятельности политехнической направленности и анализ практики их применения в курсе физики средней школы // Педагогическое образование в России. — 2018. — № 6. — С. 49–55.
23. Найденко Т. Ю. Зачётная система как технология, позволяющая помочь в подготовке учащимся к сдаче экзамена по физике в форме ГИА и ЕГЭ // В сборнике: Актуальные вопросы модернизации российского образования. Материалы XVII Международной научно-практической конференции. Таганрог, 28 января 2014 года. Научный редактор Г. Ф. Гребенщиков. — Москва : Издательство: ООО «Издательство Спутник+», 2014. — С. 134–139.
24. Бабанский Ю. К. Оптимизация процесса обучения. Общедидактический аспект. — Москва : Педагогика, 1977. — 253 с.
25. Дуков В. М. Критерии оптимизации содержания и структуры учебника физики // Проблемы школьного учебника. — 1983. — № 12. — С. 29–42.
26. Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике преподавания физики: историко-методологический анализ. — Киров : Издательство КИПКИПРО, 2008. — 224 с.

Сведения об авторах:

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

E-mail: alesya_alekseevna@inbox.ru

ORCID iD  0000-0002-0093-9013

Web of Science ResearchID  AAZ-8166-2020

Investigation of the training system in physics in the eighth grade of a comprehensive school

A. A. Kartashova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted February 12, 2021

Resubmitted February 26, 2021

Published March 5, 2021

Abstract. The features of the author's system of training in physics in the eighth grade of a comprehensive school are considered. The results of a pedagogical experiment on approbation of the training system in physics, associated with the implementation of a peculiarly designed process of teaching physics in the eighth grades of a comprehensive school, are presented. A pedagogical experiment to test the system of training in physics in the eighth grades of a comprehensive school includes conducting pedagogical observations and measurements in controlled conditions, consistent with the tasks set for testing the system of training in physics in a comprehensive school. It is shown that the author's system of training in physics in the eighth grade of a comprehensive school contributes to the development of cognitive interest in physics.

Keywords: physics, training system, pedagogical experiment, learning technology, distance learning technology, comprehensive school

PACS: 01.40.d

References

1. Kokin V. A. System of tasks in extracurricular work to develop the cognitive interest and creative abilities of schoolchildren (by the example of a circle) // In the proceedings: Natural science education. Past present Future. Materials of the All-Russian correspondence Internet conference. — Samara : Volga State Social and Humanitarian Academy, 2011. — P. 176–178.
2. Kokin V. A. System of problems in physics // Bulletin of the Volga State Social and Humanitarian Academy. — 2012. — no. 7. — P. 272–278.
3. Kokin V. A., Makarov I. The need to apply a system of qualitative and experimental problems in physics in a specialized school // In the proceedings: Formation of educational skills. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. — Ulyanovsk : Ulyanovsk State Pedagogical University, 2009. — P. 129–129.
4. Altunin K. K. Computer technologies in physics: generalization and systematization of the experience of teaching an academic discipline // Volga region pedagogical search. — 2018. — no. 3 (25). — P. 96–107.
5. Altunin K. K., Kartashova A. A. Using the system of physical problems for a block of topics in the senior grades of a comprehensive school with an in-depth study of physics // In the proceedings: Modern trends in lifelong education: methodology and practice of the formation of lyceum classes in the university space. Collection of materials of the All-Russian scientific-practical conference. Under the general editorship of M. I. Lukyanova, S. V. Danilov, V. A. Osnovina. — Ulyanovsk : Ulyanovsk State Pedagogical University, 2019. — P. 38–48.


6. Altunin K. K., Kartashova A. A. Development of an electronic educational resource on solar energy // Science online. — 2019. — no. 2 (7). — P. 15–32. — URL: http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2019/07/nauka_online_7_1-16-33.pdf.
7. Altunin K. K., Lushnikova Yu. O. Using the system of Olympiad problems in physics in the tenth grade of a secondary school // Volga region pedagogical search. — 2018. — no. 2 (24). — P. 95–105.
8. Altunin K. K., Lushnikova Yu. O., Nazarova T. V. Electronic course on Olympiad problems in physics // Science online. — 2018. — no. 2 (3). — P. 53–69.
9. Altunin K. K., Khusainova A. M. Development of an electronic educational resource in physics using the technology of an inverted class // In the proceedings: Topical issues of teaching technical disciplines Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. — 2018. — P. 10–14.
10. Tarasova N. M., Petrova R. I., Naumkin N. I. Methods of teaching students to solve experimental problems in physics // Modern problems of science and education. — 2019. — no. 2. — P. 82–89.
11. Bely B. S. Evaluation of the effectiveness of teaching students the discipline “Physics” according to the results of the pedagogical experiment // Complex problems of development of science, education and economy of the region. — 2016. — no. 1 (8). — P. 188–221.
12. Bely B. S. Development of a methodology for conducting a pedagogical experiment to assess the effectiveness of teaching students the discipline “Physics” // Complex problems of development of science, education and economy of the region. — 2015. — no. 1 (6). — P. 213–230.
13. Kudryashov B. I. Organization of experimental work in physics within the framework of additional education for schoolchildren // Humanities and education. — 2019. — Vol. 10, no. 1 (37). — P. 103–107.
14. Bublikov C. V. Teaching the solution of experimental problems in physics as a means of intellectual development of students. — St. Petersburg : Publishing House of the Russian State Pedagogical University named after A. I. Herzen, 2007. — 84 p.
15. Nikiforov G. G., Pentin A. Yu., Popova G. M. Methods of studying physics in basic school based on the natural science method of cognition and independent experimental research of students (for example, the section “Electrical phenomena”, grade 8) // Physics at school. — 2018. — no. 8. — P. 3–12.
16. Usova A. V., Bobrov A. A. Formation of educational skills in students. — Moscow : Knowledge, 1987. — 78 p.
17. Usova A. V., Bobrov A. A. Formation of educational skills of students in physics lessons. — Moscow : Education, 1988. — 122 p.
18. Usova A. V., Zavyalov V. V. Education of students in the process of teaching physics. — Moscow : Education, 1984. — 143 p.
19. Vlasova A. A. Preparation of ninth grade students for the State Academy of Arts in Physics (experiment) in the system of additional education at a pedagogical university // Bulletin of Tomsk State Pedagogical University. — 2014. — no. 6 (147). — P. 117–122.

20. Maslennikov Yu. V. The system of teaching physics in the gymnasium // Materials of the scientific-practical conference “University district: the formation of the innovative potential of the educational system of the region”. Part 1. — Nizhny Novgorod : Lobachevsky National Research Nizhny Novgorod State University, 2010. — P. 258–265.
21. Maslennikov Yu. V. Methodological approaches to teaching physics in secondary school (on the example of studying mechanics) / Teacher 3.0: Preparing a teacher for the school of the future. Collection of articles based on the materials of the All-Russian scientific-practical conference. March 23, 2016. — Nizhny Novgorod : Minin University, 2016. — P. 159–164.
22. Ilyin I. V., Ilyin V. V. Types of educational and cognitive activities of a polytechnic orientation and analysis of the practice of their application in the course of physics in high school // Pedagogical education in Russia. — 2018. — no. 6. — P. 49–55.
23. Naydenko T. Yu. The credit system as a technology that helps prepare students for passing the physics exam in the form of the GIA and the Unified State Exam // In the collection: Topical issues of modernization of Russian education. Materials of the XVII International Scientific and Practical Conference. Taganrog, January 28, 2014. Scientific editor G. F. Grebenshchikov. — Moscow : Publisher: OOO Sputnik+ Publishing House, 2014. — P. 134–139.
24. Babansky Yu. K. Optimization of the learning process. General didactic aspect. — Moscow : Pedagogy, 1977. — 253 p.
25. Dukov V. M. Criteria for optimizing the content and structure of a physics textbook // Schoolbook Problems. — 1983. — no. 12. — P. 29–42.
26. Saurov Yu. A. The principle of cyclicity in the teaching of physics: historical and methodological analysis. — Kirov : Publisher KIPKiPRO, 2008. — 224 p.

Information about authors:

Alesya Alekseevna Kartashova — 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: alesya_alekseevna@inbox.ru

ORCID iD  0000-0002-0093-9013

Web of Science ResearcherID  AAZ-8166-2020

УДК 372.853
ББК 74.489
ГРНТИ 14.35.09
ВАК 13.00.02

Методические аспекты разработки тестовых заданий по электродинамике

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 4 февраля 2021 года
После переработки 20 февраля 2021 года
Опубликована 5 марта 2021 года

Аннотация. Рассматриваются теоретические и методические проблемы создания системы задач в тестовой форме по электродинамике в рамках курса общей и экспериментальной физики в педагогическом университете. Описан результат разработки системы тестовых заданий для оценки качества усвоения знаний студентов по электродинамике. Система тестовых заданий по электродинамике является многофункциональной, то есть работает как в режиме контроля, так и в режиме обучения. Проведён всесторонний анализ созданного банка тестовых заданий по электродинамике. Работа посвящена исследованию банка тестовых заданий по электродинамике, который может быть использован в курсе общей и экспериментальной физики в педагогическом университете.

Ключевые слова: система тестового контроля по электродинамике, тестовые системы, тестовые технологии, тестовые задания, электродинамика, физика, дидактические единицы

Введение

Общая и экспериментальная физика является приоритетной учебной дисциплиной в процессе подготовки студентов, обучающихся по направлению подготовки, связанному с педагогическим образованием по профилю в области физики и математики. В настоящее время существует проблема нехватки количества аудиторных часов на организацию системного контроля знаний студентов по курсу общей и экспериментальной физики. Одним из способов, используемых для проверки качества образования по физике в университетах в условиях модернизации высшего образования с тенденцией повышения качества образования, является компьютерное тестирование по различным разделам общей и экспериментальной физики.

Целью исследования являются разработка и научное обоснование методики использования систем тестовых задач по электродинамике как средства развития студентов по общей и экспериментальной физике.

Задачей исследования является создание системы тестовых заданий по электродинамике на примере нескольких тем.

¹E-mail: liza_volkova1999@mail.ru

Объектом исследования являются процесс обучения электродинамике в рамках курса по общей и экспериментальной физике в университете.

Предметом исследования является процесс контроля знаний по электродинамике посредством тестов.

Гипотеза исследования заключается в том, что процесс решения тестовых задач по электродинамике ориентирован на формирование у учащихся умения использовать фундаментальные законы в электродинамике, и будет более результативным при организации систематического тестового контроля знаний по электродинамике.

Научная новизна работы заключается в использовании новых тестовых систем при тестировании по электродинамике в университетском курсе общей и экспериментальной физики.

В качестве методов исследования применяются методические приёмы и способы контроля знаний при помощи тестовых задач по электродинамике.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что раскрыты методические аспекты разработки тестовых заданий по электродинамике в курсе общей и экспериментальной физики в педагогическом университете.

Практическая значимость исследования заключается в том, что результаты разработки тестовых заданий по электродинамике можно использовать для организации систематического контроля теоретических знаний по электродинамике в курсе общей и экспериментальной физики в педагогическом университете.

Обзор литературы по созданию тестовых заданий

Современные тестовые технологии являются эффективным инструментом для диагностики теоретических знаний студентов. Основы теории композиции тестовых заданий рассматривались в [1]. Особенности разработки систем тестирования в электронных учебниках описаны в [2]. Основы теории моделирования и параметризации педагогических тестов описаны в [3]. В работе [4] описана организация входного, текущего и итогового контроля при помощи дидактического тестирования с помощью предметных тестов достижений. Модель педагогической системы обучения электродинамики в школе описана в [5].

В работе [6] представлен результат разработки обучающих тестов по механике и электродинамике с выбором ответа и с введением числового ответа для использования в аудиторной и внеаудиторной работе студентов.

В работах [7, 8] описаны результаты разработки тестовых заданий по основным разделам физики, предназначенные для контроля самостоятельной работы и проверки остаточных знаний студентов. Отмечено, что метод тестового контроля с выборочными ответами является весьма эффективным инструментом для оперативного контроля знаний с применением компьютерных технологий.

В работе [9] приведено обоснование эффективности применения экспериментальных исследований физических явлений на основе специализированных сетевых учебно-исследовательских аппаратно-программных комплексов в образовательном процессе, организованного по традиционной форме обучения и в системе дистанционного образования.

В статье [10] производится анализ результатов разработки информационного сопровождения курса по нанооптике. Разработанные элементы в виде интерактивной презентации с тестовым заданием могут служить примером для разработки тестовых заданий в виде интерактивной презентации по общей и экспериментальной физике.

Проведённый анализ литературы показывает актуальность разработки и апробации тестовых заданий по физике.

Разработка базы тестовых заданий по электродинамике

В настоящее время в рамках высшей школы использование компьютерного тестирования по различным разделам общей и экспериментальной физики рассматривается как одна из актуальных форм контроля качества знаний по физике студентов, которая позволяет объективно оценить объём усвоения общей и экспериментальной физики.

Разрабатывается система тестовых заданий для оценки качества усвоения знаний студентов по электродинамике в рамках курса по общей и экспериментальной физике. Рассмотрим результат процесса разработки тестовых заданий по электродинамике для курса общей и экспериментальной физики в педагогическом университете. Система тестовых заданий по электродинамике в рамках курса по общей и экспериментальной физике является многофункциональной, то есть работает как в режиме контроля, так и в режиме обучения. При обучении физике по смешанной или дистанционной форме наиболее распространёнными методиками обучения являются комплексные методики, основанные на компьютерном тестировании, которые используются скорее как вспомогательные при очном обучении физике. В настоящее время широко используются различные тестовые технологии контроля знаний по общей и экспериментальной физике.

Электродинамика в составе курса по общей и экспериментальной физике включает в себя изучение теории электричества, теории магнетизма, теории электромагнитных колебаний, теории электромагнитных волн. Электродинамика в составе курса по общей и экспериментальной физике включает в себя изучение таких дидактических единиц, как электричество и магнетизм, электромагнитные колебания и волны. Поэтому систему тестовых заданий по электродинамике необходимо структурировать по разделам и дидактическим единицам электродинамики.

Разработаны комплекты тестовых заданий по электродинамике, которые могут быть использованы для текущего контроля знаний студентов на практических занятиях по электродинамике и при допуске к лабораторному практикуму по электродинамике.

Созданы компьютерные тесты в программе MyTestX, вопросы и задачи по электродинамике для контроля знаний студентов по электродинамике в рамках курса по общей и экспериментальной физике. Варианты тестовых заданий по электродинамике, созданные в программе MyTestX, представлены на рис. 1 и рис. 2. Созданные тесты по электродинамике могут быть использованы, как в контролирующем, так и в обучающем режимах проведения тестирования. Система тестовых заданий по электродинамике в курсе общей и экспериментальной физики является многофункциональной, то есть работает как в режиме контроля, так и в режиме обучения.

Использование компьютерных технологий для проведения тестового контроля теоретических знаний по электродинамике в курсе общей и экспериментальной физики позволяет контролировать усвоение теоретических знаний по электродинамике, расширить формы и виды контроля знаний по электродинамике. Компьютерные технологии для проведения тестового контроля теоретических знаний по электродинамике могут применяться на лекционных занятиях, практических занятиях, семинарских занятиях, лабораторных занятиях по электродинамике в курсе общей и экспериментальной физики, а также на различных этапах занятий по электродинамике в курсе общей и экспериментальной физики.

Если осуществлять учебную деятельность студентов с применением методов тестового контроля изучения теоретического материала по электродинамике в курсе общей и экспериментальной физики, то можно успешно активизировать познавательную, творческую, поисковую деятельность студентов и повысить качество обучения физике в электродинамике в курсе общей и экспериментальной физики в университете.

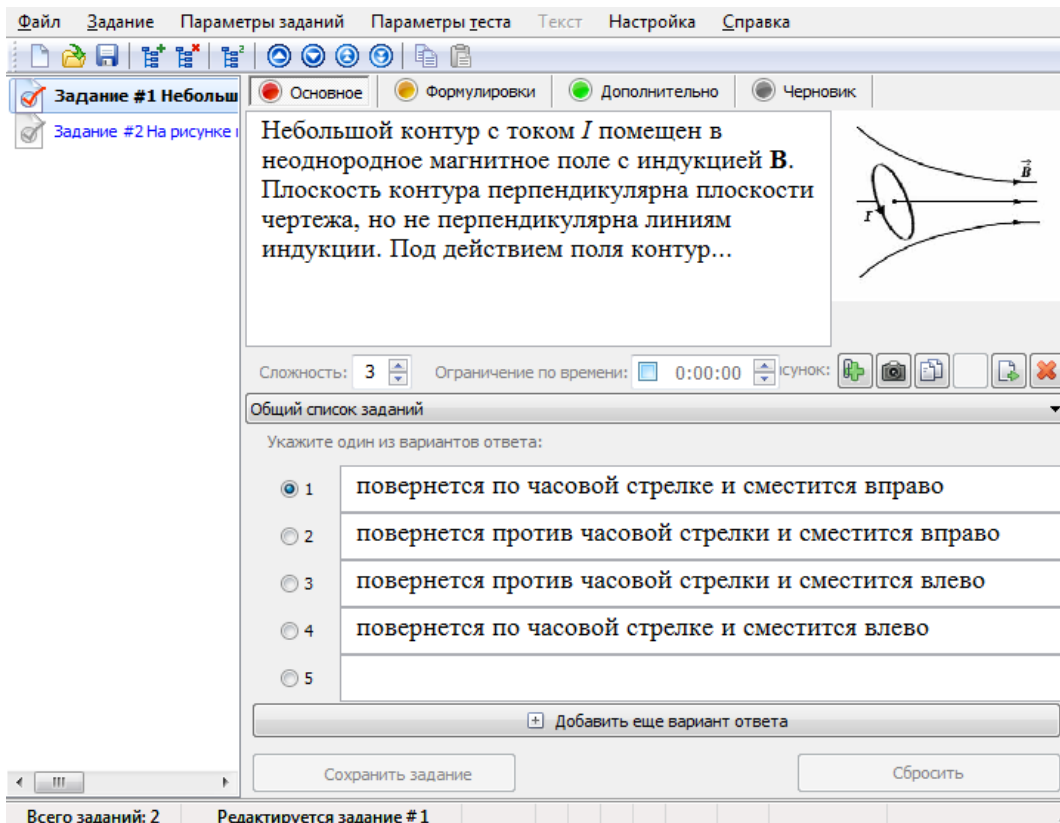


Рис. 1. Задание по электродинамике с одиночным выбором.

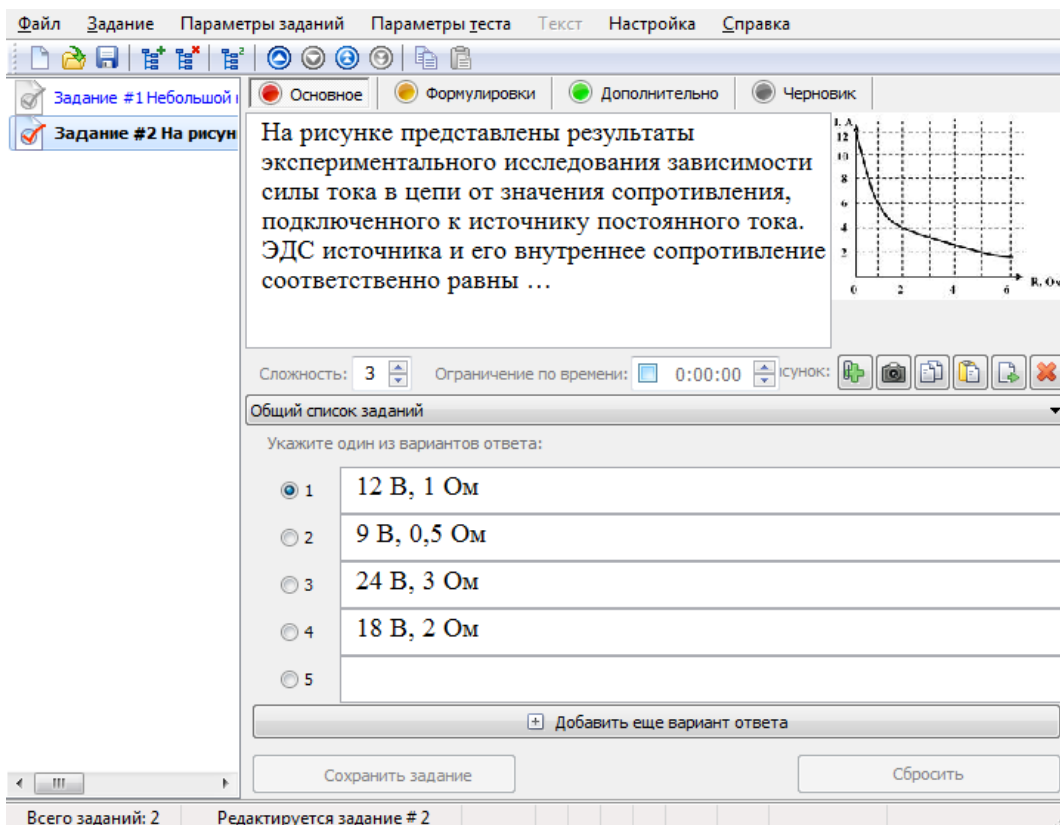


Рис. 2. Задание по электродинамике с одиночным выбором.

Заключение

Разработана система тестовых заданий по электродинамике, которая может быть использована для организации текущего контроля на практических занятиях по электродинамике в рамках курса по общей и экспериментальной физике в педагогическом университете. Проверка теоретических знаний студентов педагогических специальностей физико-математического профиля подготовки по электродинамике составляет важную часть учебного процесса, так как позволяет установить степень подготовленности студента к дальнейшему изучению теоретических дисциплин по физике в педагогическом университете.

Тестовые технологии контроля знаний по общей и экспериментальной физике широко применяются в составе дистанционных курсов и онлайн курсов по общей и экспериментальной физике. Основным назначением систем тестирования знаний студентов по общей и экспериментальной физике является реализация функции контроля теоретических знаний студентов на различных этапах обучения общей и экспериментальной физике. Применение тестовых технологий проверки знаний по общей и экспериментальной физике открывает широкие возможности для организации автоматизации контроля усвоения знаний по физике на репродуктивном уровне восприятия теоретических знаний по общей и экспериментальной физике.

Поставленная в работе гипотеза исследования о том, что процесс решения тестовых задач по электродинамике ориентирован на формирование у учащихся умения использовать фундаментальные законы в электродинамике, и будет более результативным при организации систематического тестового контроля знаний по электродинамике, подтверждена полностью.

В процессе работы рассмотрели тестовые методы, формы и технологии контроля теоретических знаний по электродинамике в курсе общей и экспериментальной физики в педагогическом университете, которые способствуют успешному систематическому контролю теоретических знаний по электродинамике на репродуктивном уровне. Для организации систематического контроля знаний по электродинамике приемлемы любые методы контроля знаний с использованием элементов тестового контроля, способствующие росту ступени усвоения теоретического материала по электродинамике у студентов. Правильным является подход к организации контроля знаний, который разумно сочетает компьютерную форму и традиционную форму контроля знаний студентов по электродинамике в составе модульной учебной дисциплины по общей и экспериментальной физике.

Список использованных источников

1. Аванесов В. С. Композиция тестовых заданий. — Москва : Ассоциация инженеров-педагогов города Москвы, 1996. — 191 с.
2. Деревнина А. Ю., Семикин В. А., Кошелев М. Б. Системы тестирования в электронных учебниках // Информационные технологии. — 2002. — № 5. — С. 39–44.
3. Нейман Ю. М., Хлебников В. М. Введение в теорию моделирования и параметризацию педагогических тестов. — Москва : Высшая школа, 2000. — 169 с.
4. Сафонцев С. А. Тестовая диагностика в образовательном процессе // Школьные технологии. — 2006. — № 1. — С. 147–157.
5. Альтшулер Ю. Б., Червова А. А. Модель педагогической системы обучения электродинамики в школе // Наука и школа. — 2008. — № 3. — С. 15–17.

6. Грищенко И. В., Пинегина Т. Ю. Обучающие тесты по физике. Часть 1. Механика. Электродинамика. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2010. — 97 с.
7. Николаев И. Н. Тестовые задания для самостоятельной работы студентов по физике // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов. Наука и образование. — 2015. — № 10 (77). — С. 107–107.
8. Николаев И. Н. Тестовые задания для самостоятельной работы студентов по физике // Навигатор в мире науки и образования. — 2017. — № 2 (35). — С. 104–104.
9. Изучение физических эффектов с использованием дистанционных технологий / А. В. Сарафанов [и др.] // Информатизация образования и науки. — 2012. — № 4 (16). — С. 49–63.
10. Алтунин К. К. Разработка информационного сопровождения изучения темы, посвящённой изучению приближения эффективной среды в курсе нанооптики // Наука online. — 2018. — № 3 (4). — С. 80–94.

Сведения об авторах:

Елизавета Евгеньевна Волкова — студент 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

Methodological aspects of the development of test items in electrodynamics

E. E. Volkova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted February 4, 2021

Resubmitted February 20, 2021

Published March 5, 2021

Abstract. The theoretical and methodological problems of creating a system of problems in a test form in electrodynamics are considered within the framework of the course of general and experimental physics at the Pedagogical University. The article describes the result of the development of a system of test items for assessing the quality of assimilation of knowledge of students in electrodynamics. The system of test tasks in electrodynamics is multifunctional, that is, it works both in control mode and in training mode. A comprehensive analysis of the created bank of test tasks in electrodynamics has been carried out. The work is devoted to the study of the bank of test tasks in electrodynamics, which can be used in the course of general and experimental physics at the Pedagogical University.

Keywords: test control system for electrodynamics, test systems, test technologies, test tasks, electrodynamics, physics, didactic units

PACS: 01.40.gf

References


1. Avanesov V. S. Composition of test items. — Moscow : Association of Educational Engineers of the City of Moscow, 1996. — 191 p.
2. Derevnina A. Yu., Semikin V. A., Koshelev M. B. Testing systems in electronic textbooks // Information Technology. — 2002. — no. 5. — P. 39–44.
3. Neiman Yu. M., Khlebnikov V. M. Introduction to the theory of modeling and parameterization of pedagogical tests. — Moscow : High School, 2000. — 169 p.
4. Safontsev S. A. Test diagnostics in the educational process // School technology. — 2006. — no. 1. — P. 147–157.
5. Altshuler Yu. B., Chervova A. A. Model of a pedagogical system of teaching electrodynamics at school // Science and School. — 2008. — no. 3. — P. 15–17.
6. Grishchenko I. V., Pinegina T. Yu. Teaching tests in physics. Part 1. Mechanics. Electrodynamics. — Novosibirsk : Siberian State University of Telecommunications and Informatics, 2010. — 97 p.
7. Nikolaev I. N. Test assignments for independent work of students in physics // Chronicles of the United Electronic Resources Fund. Science and education. — 2015. — no. 10 (77). — P. 107–107.
8. Nikolaev I. N. Test assignments for independent work of students in physics // Navigator in the world of science and education. — 2017. — no. 2 (35). — P. 104–104.

9. Study of physical effects using distance technology / A. V. Sarafanov [et al.] // Informatization of education and science. — 2012. — no. 4 (16). — P. 49–63.
10. Altunin K. K. Development of information support for the study of a topic devoted to the study of the approximation of an effective environment in the course of nanooptics // Science online. — 2018. — no. 3 (4). — P. 80–94.

Information about authors:

Elizaveta Evgenievna Volkova – student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the 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

Секция 2

Физико-математические науки

УДК 524.82
ББК 22.637
ГРНТИ 41.29.15
ВАК 01.03.02

Закон Хаббла и масштабный фактор

О. А. Арсенова , С. А. Ачилова , Н. А. Кошелев  ¹

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

Поступила в редакцию 13 февраля 2021 года
После переработки 16 февраля 2021 года
Опубликована 5 марта 2021 года

Аннотация. Космология и астрофизика сегодня активно развиваются, большой научный прогресс в этих областях привлекает огромное внимание многих молодых студентов-физиков. Однако имеется фактор, сильно затрудняющий знакомство с современной космологией: даже первые вводные шаги обычно предполагают предварительное изучение понятий общей теории относительности. В первую очередь, желательно иметь физически правильное, прозрачное и интуитивно понятное введение понятия космологического масштабного фактора, с минимальной отсылкой к стандартным учебникам по теории гравитации. С другой стороны, примеры и факты из космологии сами по себе могут помочь освоить необходимые понятия теории гравитационного поля. Сделана попытка ввести понятие космологического масштабного фактора на основе свойства однородности закона Хаббла. Также рассмотрено несколько сопутствующих вопросов.

Ключевые слова: закон Хаббла, космологический масштабный фактор

¹E-mail: koshelev.n@ulspu.ru

Введение

Космология и астрофизика в последние десятилетия находятся на этапе быстрого и уверенного развития. Открытие современного ускоренного космологического расширения [1, 2] сильно изменило представления о Вселенной. Регистрация изотропии космического микроволнового излучения [3] и регистрация гравитационных волн от слияния компактных звездных объектов [4] дали астрофизикам и космологам новые, ранее недоступные, инструменты для её изучения.

Актуальность и значительность недавних изменений физической картины мира подтверждается хотя бы тем, что они уже нашли отражение в школьных программах по астрономии. Столь грандиозные изменения, разумеется, привлекают огромное внимание многих молодых студентов-физиков, выбирающих область будущей специализации, а также студентов физико-математических специальностей педагогических вузов. Однако имеется обстоятельство, сильно затрудняющее знакомство с современной космологией: содержательное знакомство с космологией, как правило, предполагает предварительное изучение основ общей теории относительности.

Для первого знакомства, необходимый минимум знаний из общей теории относительности является относительно небольшим. Одна из основных трудностей здесь, на наш взгляд, заключается в понятии космологического масштабного фактора. Освоение понятия масштабного фактора необходимо для правильного, не формального, понимания расширения Вселенной, красного смещения, реликтового излучения. Также, при обсуждении гравитационно-волновой астрономии, необходимо иметь представление об описании гравитационного поля в рамках общей теории относительности.

С другой стороны, осваивать понятия теории гравитационного поля намного легче, имея перед собой конкретные примеры из астрофизики. Желательно использовать такую возможность. Желательно иметь физически правильное, прозрачное и интуитивно понятное введение понятия масштабного фактора, с минимальной отсылкой к стандартным учебникам [5, 6]. К сожалению, найти идеально подходящее введение такого типа, в доступной литературе, нам не удалось.

В данной работе сделана попытка ввести понятие космологического масштабного фактора на основе свойства однородности закона Хаббла. Также рассмотрено несколько сопутствующих вопросов.

Однородность и изотропность закона Хаббла

Закон Хаббла — наблюдаемая закономерность, согласно которой галактики движутся от наземного наблюдателя со скоростями, пропорциональными расстоянию до них. Математическая формулировка закона Хаббла может быть дана как [7]:

$$\mathbf{v} = H_0 \mathbf{r} , \quad (1)$$

где \mathbf{v} — скорость галактики, \mathbf{r} — радиус-вектор галактики, а H_0 — параметр, называемый постоянной Хаббла. Сегодня имеются некоторые разногласия в значении постоянной Хаббла, определённой по разным методиками. Очень консервативной оценкой, согласующейся со всеми наборами наблюдательных данных, является [8]

$$H_0 = 70.3_{-5.0}^{+5.3} \frac{\text{км/с}}{\text{Мпк}} . \quad (2)$$

Закон Хаббла был предложен Э. Хабблом в 1929 году. Он прекрасно проверен вплоть до расстояний 400 – 500 Мпк.

Хорошо известно, что закон Хаббла однороден и изотропен в рамках классической (нерелятивистской) механики. Действительно, пусть имеются две галактики (1 и 2). Их

скорости равны

$$\mathbf{v}_1 = H_0 \mathbf{r}_1, \tag{3}$$

$$\mathbf{v}_2 = H_0 \mathbf{r}_2. \tag{4}$$

Относительная скорость второй галактики относительно первой получается вычитанием первого уравнения из второго:

$$\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1 = H_0 (\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1). \tag{5}$$

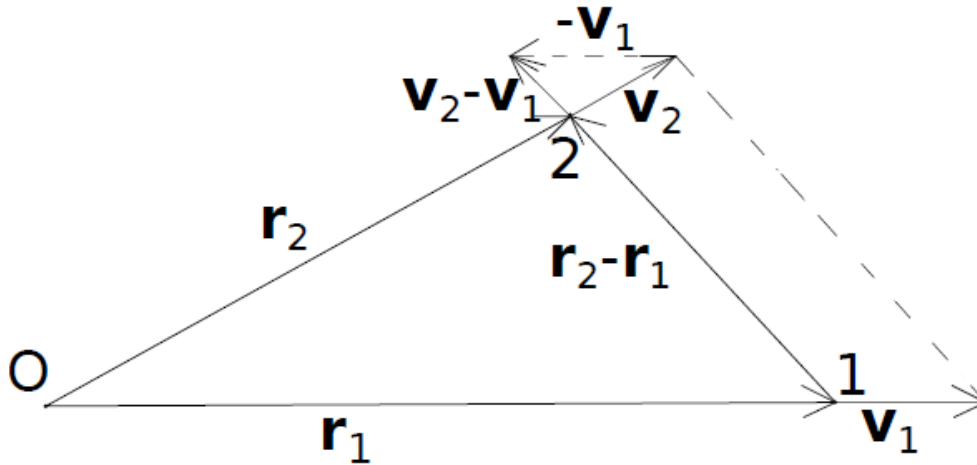


Рис. 1. Иллюстрация однородности закона Хаббла. В точке O находится покоящийся наблюдатель, от него удаляются две галактики 1 и 2, скорости которых даются законом Хаббла. Скорость галактики 2 относительно галактики 1 оказывается направлена вдоль прямой, их соединяющей. Более того, эта относительная скорость оказывается пропорциональной расстоянию между галактиками, с константой пропорциональности, равной постоянной Хаббла H_0 .

На рис. 1 представлена графическая иллюстрация этого результата. Наглядно видно, что получился тот же самый закон Хаббла, но с наблюдателем в галактике 1. Другими словами, все галактики “разбегаются” друг от друга по одному и тому же закону. Наблюдателя и начало отсчета можно “закрепить” на любой из галактик и закон Хаббла не изменится. Кроме того, нет выделенного направления разбегания галактик — это изотропность закона (1).

Закон Хаббла и рост расстояний во Вселенной

Далекie галактики удаляются друг от друга, это означает что расстояние между ними увеличивается. Другими словами, расстояние между любыми двумя не притягивающимися галактиками увеличивается. Можно утверждать, что физические расстояния увеличиваются между любыми двумя удалёнными невзаимодействующими телами — это картина расширяющейся Вселенной.

Зафиксируем любые два достаточно далеких тела. В картине расширяющейся Вселенной, физическое расстояние r_{12} между этими телами с течением времени изменяется по закону

$$r_{12}(t) = \tilde{a}(t, t_*) r_{12}(t_*), \tag{6}$$

где $\tilde{a}(t, t_*)$ — некоторая функция времени, такая что $\tilde{a}(t_*, t_*) = 1$. Момент времени t_* , указанный как второй параметр, здесь выбран произвольно, поэтому мы можем его не

указывать явно, а писать

$$\frac{r_{12}(t)}{r_{12}(t_i)} = \frac{\tilde{a}(t, t_*)}{\tilde{a}(t_i, t_*)} \equiv \frac{a(t)}{a(t_i)}. \quad (7)$$

Если за какое-то время Δt , прошедшее с момента времени t_i , расстояние между галактиками увеличилось в 2 раза, то и функция $a(t)$ увеличится в два раза за то же самое время. Если $a(t)$ увеличится в два раза, то расстояние между любыми двумя далекими галактиками также удвоится. Формула (7) даёт альтернативное описание расширения Вселенной. Величина $a(t)$ называется космологический масштабным фактором.

Выше при рассмотрении однородности закона Хаббла (1) использовались классические представления ньютоновской механики о физическом трёхмерном пространстве и абсолютном времени. В любой фиксированный момент времени, глядя на трехмерное пространство как на сцену, на которой в этот момент происходят события, мы видим, что скорость изменения расстояния между двумя выбранными галактиками может оказаться сколь угодно большой. Это чисто геометрический эффект, надо только выбрать пару галактик достаточно далеко друг от друга в этот момент времени. Однако скорость движения массивных тел не может превышать (и даже достигать) скорости света. Значит, изменение физических расстояний между достаточно далекими галактиками нельзя объяснить их перемещением в пространстве.

Также возникает вопрос: куда направлена скорость “убегающей” галактики? Ответ будет зависеть от того, где располагается наблюдатель. Более того, если наблюдателя поместить в произвольную выбранную галактику, то эту выбранную галактику следовало бы считать покоящейся в выражении для закона Хаббла. Для удобства можно выбрать специальную неинерциальную систему отсчёта, в которой далёкие галактики являются опорными телами. Её можно трактовать как некоторое обобщение инерциальной системы отсчёта, поскольку в достаточно малой окрестности любой опорной галактики её отличие от инерциальной системы незначительно. В построенной системе отсчёта, которую называют сопутствующей, все галактики неподвижны (как опорные тела), однако меняются физические расстояния между ними.

Построенную сопутствующую систему отсчёта нельзя рассматривать чисто формально. В общей теории относительности нулевые скорости опорных галактик имеют прямой физический смысл, а изменение физических расстояний между неподвижными галактиками объясняется как эффект гравитации. В рамках общей теории относительности гравитационное поле может проявляться не только через влияние на движение пробных тел, но и через изменение физических расстояний и темпа течения времени [5, 6].

Закон Хаббла в форме (1) справедлив только для скоростей галактик, значительно меньших скорости света. Наблюдения показывают, что он справедлив с очень высокой точностью на расстояниях, меньших 400 Мпк. На больших расстояниях начинают сказываться тонкости, связанные с методами определения расстояний и скоростей. Однако описание на основе расширения пространства (7) остается применимым во всех точках наблюдаемой Вселенной. Момент времени, когда космологический масштабный фактор был равен нулю, принимается за момент рождения нашей Вселенной.

Космологическое красное смещение

В начале двадцатого века астрономы заметили, что спектральные линии далеких галактик смещаются в сторону больших длин волн. При расстояниях, меньших 500 Мпк, это смещение спектральных линий можно интерпретировать как проявление эффекта Доплера из-за движения источника. Соответствующее рассмотрение приводит к закону Хаббла (1). В общем случае, для описания смещения спектральных линий в спектрах

излучения далеких астрономических объектов, вводят параметр красного смещения

$$z = \frac{\lambda_0}{\lambda_i} - 1, \quad (8)$$

где λ_0 – измеренная наблюдателем длина пришедшей волны, λ_i – длина волны в момент излучения, измеренная в системе покоя источника. Самым удаленным из известных объектов сегодня является галактика GN-z11 в созвездии Большой Медведицы. Ее красное смещение $z = 11.1$. Между тем, закон Хаббла выполняется в области значений $z \ll 1$.

Расширение Вселенной приводит к тому, что длина волны λ свободного электромагнитного излучения при своем распространении также не остаётся постоянной, а растёт вместе с космическим масштабным фактором по закону [5, 6]:

$$\frac{\lambda(t)}{\lambda(t_i)} = \frac{a(t)}{a(t_i)}. \quad (9)$$

Это явление носит название космологического красного смещения. Закон роста физической длины свободной электромагнитной волны такой же, как и роста физических расстояний между невзаимодействующими галактиками.

Подстановка выражения (9) в уравнение (8) даёт

$$z = \frac{a(t_0)}{a(t_i)} - 1, \quad (10)$$

где t_0 – физическое (координатное) время сегодня, а t_i – время в момент излучения наблюдаемого света от удаленного источника. Отсюда, в принципе, по наблюдательным данным можно установить вид функции $a(t)$.

Одно из самых ярких проявлений космологического красного смещения – реликтовое космическое микроволновое излучение (радиоизлучение с длинами волн, меньшими одного метра, называют микроволновым) [7, 9]. Это излучение было открыто американскими радиоастрономами Р. Вильсоном и А. Пензиасом в 1964-1965 годах, при пробных астрономических наблюдениях в диапазоне сантиметровых волн. Оно имеет спектр излучения абсолютно чёрного тела с температурой 2.725 К и с очень высокой степенью изотропности. Это излучение осталось со времен, когда ещё не возникли первые звезды и галактики, а Вселенная была почти равномерно заполнена горячей плазмой, находившейся в тепловом равновесии с излучением. По мере расширения Вселенной плазма остывала, пока при температуре около 3000 К электроны и протоны плазмы не объединились в нейтральные атомы водорода. Этот период космологи называют рекомбинацией. После рекомбинации Вселенная стала прозрачной для излучения и кванты света смогли распространяться свободно. Те самые кванты света, которые последний раз рассеивались на электронах плазмы в эпоху рекомбинации, и только сегодня достигли наземного наблюдателя, воспринимаются антеннами как космическое микроволновое излучение. с момента последнего рассеяния длина волны квантов реликтового излучения увеличилась примерно в 1100 раз [7, 9].

Расширение Вселенной и локальная физика

Стандартно считают, что физические законы со временем не меняются. Например, физические характеристики атомов сегодня и миллиарды лет одни и те же, размер атомов не изменился. Почему так происходит, несмотря на космологическое расширение Вселенной со временем?

Возьмём производную по времени от закона Хаббла (1). Это даёт следующее выражение для ускорения массивной частицы:

$$\mathbf{a} \equiv \dot{\mathbf{v}} = H_0 \mathbf{v} . \quad (11)$$

Снова используем закон Хаббла и получим

$$\mathbf{a} = H_0^2 \mathbf{r} . \quad (12)$$

Отсюда видно, что относительно наблюдателя частица движется с положительным ускорением. Имеем картину своеобразного “взрыва”.

С точки зрения классической механики, наличие ускорения означает, что на каждую частицу массой m действует дополнительная сила (приливного характера)

$$\mathbf{F} = mH_0^2 \mathbf{r} . \quad (13)$$

Эта сила пропорциональна расстоянию до частицы и содержит очень малый множитель H_0^2 . Обычно она компенсируется другими силами, действующими в рассматриваемой системе. В атомах и атомных ядрах гравитационные эффекты вообще не учитываются, в силу их слабости, а в масштабах галактик доминируют силы ньютоновского гравитационного притяжения между массивными телами. В этих гравитационносвязанных системах влияние космического расширения Вселенной пренебрежимо мало и не проявляется.

Заключение

В данной работе понятия масштабного фактора и сопутствующей системы отсчёта введены формально, исходя из свойства однородности закона Хаббла, которое указывает на однородное увеличение, с течением времени, физических расстояний между достаточно удалёнными галактиками с красными смещениями $z \ll 1$. Специфические виды расстояний, рассматриваемые в космологии, здесь не упоминаются. Из общей теории относительности используется только результат (9), выглядящий очевидным. Хотя, тем не менее, упоминается о том, что в рамках общей теории относительности гравитационное поле может влиять на темп течения времени и изменение физических расстояний. При обсуждении понятия масштабного фактора кратко рассмотрено космологическое красное смещение и влияние расширения Вселенной на физику процессов внутри гравитационносвязанных систем. Возможно, результаты работы смогут быть использованы на уроках астрономии в школе при преподавании тем школьного образовательного стандарта космологической тематики.

Список использованных источников

1. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant / Adam G. Riess [et al.] // The Astronomical Journal. — 1998. — sep. — Vol. 116, no. 3. — P. 1009–1038. — URL: <https://doi.org/10.1086/300499>.
2. Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae / S. Perlmutter [et al.] // The Astrophysical Journal. — 1999. — jun. — Vol. 517, no. 2. — P. 565–586. — URL: <https://doi.org/10.1086/307221>.
3. Dipole Anisotropy in the COBE Differential Microwave Radiometers First-Year Sky Maps / A. Kogut [et al.] // The Astrophysical Journal. — 1993. — dec. — Vol. 419. — P. 1. — URL: <https://doi.org/10.1086/173453>.

4. Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger / B.P. Abbott [et al.] // Physical Review Letters. — 2016. — feb. — Vol. 116, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.116.061102>.
5. Ландау Л. Д., Лифши М. Е. Теоретическая физика : учебное пособие. В 10 томах. Том II. Теория поля.— 7-е изд., испр.— Москва : Главное издательство физико-математической литературы, 1988.— 512 с.
6. Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация. В трёх томах. Том 1. — Москва : Мир, 1977. — 480 с.
7. Горбунов Д. С., Рубаков В. А. Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва. Изд. 3-е. — Москва : УРСС: ЛЕНАНД, 2016. — 616 с.
8. A Hubble constant measurement from superluminal motion of the jet in GW170817 / K. Hotokezaka [et al.] // Nature Astronomy. — 2019. — jul. — Vol. 3, no. 10. — P. 940–944. — URL: <https://doi.org/10.1038/s41550-019-0820-1>.
9. Вайнберг С. Космология: Пер. с англ., Изд. 2-е. — Москва : УРСС: ЛЕНАНД, 2018. — 608 с.

Сведения об авторах:

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

E-mail: arsenov.oksana@gmail.com

ORCID iD  0000-0002-8862-9334

Web of Science ResearcherID  AAF-5685-2021

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

E-mail: sabiachilova@gmail.com

ORCID iD  0000-0002-6994-2819

Web of Science ResearcherID  AАН-1755-2021

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

E-mail: koshelev.n@ulspu.ru

ORCID iD  0000-0002-2897-7396

Web of Science ResearcherID  AAG-6924-2021

SCOPUS ID  7004055260

Hubble's law and scale factor

O. A. Arsenova , S. A. Achilova , N. A. Koshelev 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted February 13, 2021

Resubmitted February 16, 2021

Published March 5, 2021

Abstract. Cosmology and astrophysics are actively developing today, the great scientific progress in these areas attracts great attention of many young physics students. However, there is a feature that greatly complicates the acquaintance with modern cosmology: even the first introductory steps usually involve a preliminary study of some concepts of general relativity. Mostly, it is desirable for beginners to have a physically correct, transparent and intuitive introduction of the concept of the cosmological scale factor, with minimal reference to standard textbooks on the gravity theory. On the other hand, some cosmological examples and facts by themselves can help to assimilate the necessary concepts of the theory of the gravitational field. In this paper, an attempt is made to introduce the concept of the cosmological scale factor based on the homogeneity property of the Hubble law. Some related issues are also discussed.

Keywords: Hubble's law, cosmological scale factor

PACS: 98.80.Es

References


1. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant / Adam G. Riess [et al.] // *The Astronomical Journal*. — 1998. — sep. — Vol. 116, no. 3. — P. 1009–1038. — URL: <https://doi.org/10.1086/300499>.
2. Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae / S. Perlmutter [et al.] // *The Astrophysical Journal*. — 1999. — jun. — Vol. 517, no. 2. — P. 565–586. — URL: <https://doi.org/10.1086/307221>.
3. Dipole Anisotropy in the COBE Differential Microwave Radiometers First-Year Sky Maps / A. Kogut [et al.] // *The Astrophysical Journal*. — 1993. — dec. — Vol. 419. — P. 1. — URL: <https://doi.org/10.1086/173453>.
4. Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger / B. P. Abbott [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2016. — feb. — Vol. 116, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.116.061102>.
5. Landau L. D., Lifshitz M. E. *Theoretical physics: textbook*. In 10 volumes. Volume II. Field theory. - 7th ed., Rev. — Moscow : Main publishing house of physical and mathematical literature, 1988. — 512 p.
6. Misner Ch., Thorne K., Wheeler J. *Gravity*. In three volumes. Volume 1. — Moscow : Mir, 1977. — 480 p.
7. Gorbunov D. S., Rubakov V. A. *Introduction to Theory of the Early Universe: The Hot Big Bang Theory*. Ed. 3rd. — Moscow : URSS: LENAND, 2016. — 616 p.


8. A Hubble constant measurement from superluminal motion of the jet in GW170817 / K. Hotokezaka [et al.] // Nature Astronomy. — 2019. — jul. — Vol. 3, no. 10. — P. 940–944. — URL: <https://doi.org/10.1038/s41550-019-0820-1>.
9. Weinberg C. Cosmology: Translation from English, Ed. 2nd. — Moscow : URSS: LENAND, 2018. — 608 p.

Information about authors:

Oxana Alexandrovna Arsenova — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: arsenov.oksana@gmail.com

ORCID iD  0000-0002-8862-9334

Web of Science ResearcherID  AAF-5685-2021

Sabina Atamuradovna Achilova — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: sabiachilova@gmail.com

ORCID iD  0000-0002-6994-2819

Web of Science ResearcherID  AAH-1755-2021

Nikolay Anatolevich Koshelev — Ph.D. of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Technical Disciplines of the Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: koshelev.n@ulspu.ru

ORCID iD  0000-0002-2897-7396

Web of Science ResearcherID  AAG-6924-2021

SCOPUS ID  7004055260

УДК 535.8
ББК 22.343
ГРНТИ 29.31.21
ВАК 01.04.05

Разработка элементов дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE

К. К. Алтунин , Ю. А. Кучерова  ¹

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

Поступила в редакцию 8 февраля 2021 года
После переработки 12 февраля 2021 года
Опубликована 5 марта 2021 года

Аннотация. Рассматривается результат разработки дистанционного курса по графеновой наноэлектронике, посвящённого изучению физических основ квантовой теории графена и графеновых нанокомпозитов. Дистанционный курс по графеновой наноэлектронике создан в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале педагогического университета. Описаны результаты разработки модульной структуры курса, теоретических элементов и элементов контроля знаний по графеновой наноэлектронике.

Ключевые слова: наноэлектроника, графен, графеновая наноэлектроника, графеновый нанокомпозит, монослой частиц, дистанционный курс, система управления обучением

Введение

Дистанционный курс по графеновой наноэлектронике посвящён изучению физических основ теории графена и графеновых нанокомпозитов. Дистанционный курс по графеновой наноэлектронике создан в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале педагогического университета. Результаты разработки теоретических материалов курса по графеновой наноэлектронике могут быть использованы в рамках дисциплин по выбору предметной подготовки студентов педагогического университета физико-математического профиля подготовки.

В работе рассматривается процесс создания дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE. Рассматриваются результаты разработки дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE. Проведено описание основных функциональных возможностей разрабатываемого дистанционного курса по графеновой наноэлектронике, созданного в системе управления обучением MOODLE. Обсуждаются возможности модульной структуры дистанционного курса по графеновой наноэлектронике.

¹E-mail: melneko@mail.ru

Целью работы является описание научно-методических основ разработки дистанционного курса по графеновой наноэлектронике на основе теоретических материалов по оптическим свойствам графеновых нанокомпозитов и монослоёв наночастиц.

Задача исследования состоит в разработке модульной структуры и материалов дистанционного курса по графеновой наноэлектронике.

Объектом исследования является дистанционный курс по графеновой наноэлектронике.

Предметом исследования является процесс создания информационных и контролируемых элементов дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать дистанционный курс по графеновой наноэлектронике в системе MOODLE, то можно облегчить труд преподавателя в процессе преподавания учебной дисциплины по графеновой наноэлектронике.

В качестве методов исследования используются методы создания дистанционных курсов в системе управления обучением MOODLE. Создание онлайн-курсов по физике с использованием различных методов разработки и Интернет-технологий представляет сложную технологическую задачу.

В качестве материалов исследования выбраны теоретические и контролируемые материалы дистанционного курса по графеновой наноэлектронике.

Обзор научных работ по физическим свойствам графена

За последние несколько десятилетий произошли драматические достижения в области электроники, которые нашли применение в вычислительной технике, связи, автоматике и других приложениях, которые затрагивают практически каждый аспект нашей жизни. В значительной степени эти достижения стали результатом непрерывной миниатюризации микроэлектронных устройств, в частности кремниевых транзисторов, что привело к созданию более плотных, быстрых и более энергоэффективных схем. Однако очевидно, что миниатюризация и повышение производительности этих устройств не могут продолжаться вечно; ряд ограничений в фундаментальном научном, а также технологическом характере накладывает ограничения на конечный размер и производительность кремниевых устройств. Полупроводниковая технология прошла долгий путь, создавая устройства всё меньшего размера. Но в конце концов, когда транзисторы приближаются к размеру молекул, квантовые эффекты становятся важными. Реализация приближающихся ограничений вдохновила всемирные усилия по разработке технологий альтернативных устройств. Некоторые подходы включают отход от традиционной электроники на основе транспорта электронов: например, разработка устройств на основе спина. Другой подход, на котором сосредотачивается внимание, поддерживает принципы работы используемых в настоящее время устройств, в первую очередь полевого транзистора, но заменяет ключевой компонент устройства, проводящий канал, углеродными наноматериалами, такими как одномерные углеродные нанотрубки или двумерные графеновые слои, которые имеют превосходные электрические свойства. Кроме того, углеродные нанотрубки представляют собой материалы с прямой запрещённой зоной, которые представляют собой идеальную систему для изучения оптики и наноразмерной оптоэлектроники, а также для изучения возможности использования как электронных, так и оптоэлектронных технологий на одном материале [1].

Графен является двумерным слоем из атомов углерода, размещенных в решётке. Графен, новый класс двумерной углеродной наноструктуры, привлекает огромное внимание как экспериментальных, так и теоретических научных кругов в последние годы. Графен стал захватывающим новым наноматериалом углерода со многими новыми свойствами [2, 3]. Благодаря привлекательным свойствам оптоэлектронных устройств

на основе графена, таким как гибкость, ударопрочность и прозрачность, многочисленные исследования были посвящены материалам на основе графена с целью улучшения их оптоэлектронных свойств. Графен обладает замечательными электронными, термическими и механическими свойствами [4, 5]. Эта комбинация свойств делает графен потенциально идеальным кандидатом для образования полимер/графеновых наноконструкций с улучшенными механическими свойствами и электрической проводимостью. Графен является не только строительным блоком фуллеренов, углеродных нанотрубок и графита, он также обладает интересными свойствами, которые вызвали поток активности в последние несколько лет. Графен, двумерная углеродная структура, обладающая замечательными электронными и механическими свойствами, имеет большой потенциал в области материаловедения как для фундаментальных исследований, так и для технологических применений [1, 6–8]. Эта уникальная наноструктура имеет большие перспективы для потенциальных применений во многих технологических областях, таких как нанoeлектроника, датчики, наноконструкты, батареи, суперконденсаторы и накопители водорода. Однако отсутствие эффективного подхода к производству обрабатываемых графеновых листов в больших количествах было основным препятствием для использования большинства предлагаемых применений. Слои графена характеризуются хорошей химической стабильностью, высокой проводимостью и большой удельной поверхностью, что делает их привлекательными системами для изучения электрокаталитического эффекта углеродных материалов [9, 10].

Уникальное электронное свойство листов графена [2, 11, 12] обеспечивает потенциальное применение для синтеза наноконструктов [13] и изготовления различных микроэлектронных устройств, таких как полевые транзисторы [14], сверхчувствительные датчики [15], и электромеханические резонаторы [16].

Было разработано несколько различных методов синтеза графена, таких как метод скотча [2, 11], эпитаксиальный рост на пластине карбида кремния [17], и химическое расслоение [18–20]. Первые два метода непригодны для получения графеновых слоёв с большой площадью поверхности в больших количествах при низких затратах.

Разработка структуры дистанционного курса по графеновой нанoeлектронике в системе управления обучением MOODLE

Основной подход к изучению графеновой нанoeлектроники с использованием информационных технологий заключается в увеличении визуально воспринимаемой студентом информации посредством использования электронного образовательного ресурса в процессе изучения графеновой нанoeлектроники в университете.

Применение формата системы MOODLE на проблемно-ориентированной основе обеспечивает прозрачность результатов, включая тестирование в формате активного, операционального, рефлексивного обучения. С учётом существующих тенденций перспективным в области фундаментального образования является организация учебного процесса с использованием такой обучающей среды, как MOODLE. Эта информационная среда позволяет доставлять и репрезентировать учебный контент, содержащий и разнообразные контрольно-измерительные материалы по физике, в места реального расположения обучаемых. Их включение в образовательный процесс позволяет модернизировать одну из основных тенденций — смену формата «система образования» на «сферу образования».

Под проектированием дистанционного курса по графеновой нанoeлектронике понимают процесс разработки дистанционного курса, в котором активно используются автоматизированные методы контроля в ходе продвижения при изучении курса по графеновой нанoeлектронике. Структура дистанционного курса по графеновой нанoeлектронике включает в себя специальным образом сформированные модули, содержащие

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

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

На рис. 1 приведено изображение входной страницы дистанционного курса по графеновой наноэлектронике, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 2 приведено изображение первой части модульной структуры дистанционного курса по графеновой наноэлектронике, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE. В первой части дистанционного курса по графеновой наноэлектронике рассматриваются квантовомеханические основы наноэлектроники, оптические свойства монослоя наночастиц, квантовая теория графена, оптические свойства графена.

На рис. 3 приведено изображение второй части модульной структуры дистанцион-

Графеновая наноэлектроника

Личный кабинет ► Мои курсы ► Графеновая наноэлектроника Режим редактирования

1. Квантовомеханические основы формирования наноструктур. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования
 Форум: 1 Страницы: 4 Файлы: 11 Гиперссылки: 7 Лекция: 1 Глоссарий: 1

2. Квантовая теория графена

3. Оптические свойства графена
 Файл: 1 Страница: 1

4. Оптические свойства нанокompозитов со слоями графена
 Страница: 1

5. Оптические свойства графеновых нанокompозитов

6. Нанотехнологии изготовления графена и графеновых нанокompозитов

Написание научной статьи или проекта
 Гиперссылки: 4 Файлы: 2

Литература по наноэлектронике
 Файлы: 30 Гиперссылки: 9

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

ного курса по графеновой наноэлектронике, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE. Во второй части дистанционного курса по графеновой наноэлектронике рассматриваются оптические свойства графана, оптические свойства нанокompозитов со слоями графена, оптические свойства графеновых нанокompозитов, нанотехнологии изготовления графена, графана, графеновых нанокompозитов, современные достижения в графене, углеродные нанотрубки.

На рис. 4 приведено изображение части элементов первой темы по квантовомеханическим основам наноэлектроники в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 5 приведено изображение части элементов второй темы по оптическим свойствам монослоя из наночастиц в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Рис. 2. Первая часть модульной структуры дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

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

Использование дистанционных курсов решает проблему систематизации теоретического материала, задач и заданий, а также обеспечивает планомерную выдачу заданий, последовательный контроль и даёт рациональный подход в преподавании графеновой наноэлектроники. Применение электронных образовательных ресурсов по графеновой наноэлектронике обеспечивает обучение студентов университета в удобном темпе и выбранном уровне материала. Дистанционные курсы позволяют успешно решать задачи построения индивидуальных образовательных траекторий для обучающихся.

Рассмотрим основные элементы контроля знаний в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE. Каждая изучаемая тема в дистанционном курсе по графеновой наноэлектронике включает элементы, содержащие следующие контролируемые элементы: тестовые задания для организации промежуточного и итогового контроля по графеновой наноэлектронике.

На рис. 6 приведено изображение задания в виде задачи 1001 в составе дистанци-

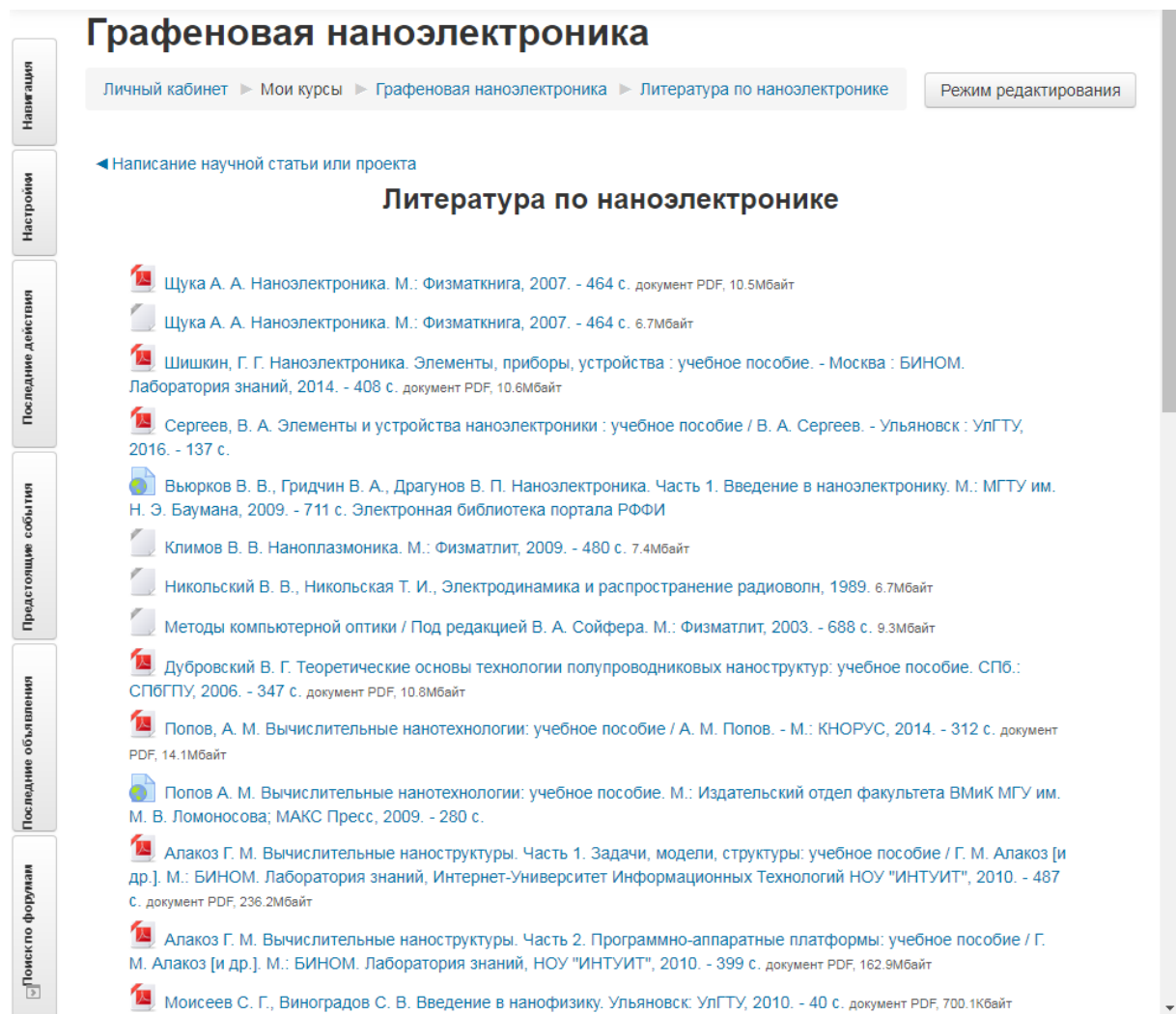


Рис. 3. Вторая часть модульной структуры дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

онного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 7 приведено изображение задания в виде задачи 1002 в составе курса по графеновой наноэлектронике в системе MOODLE.

На рис. 8 приведено изображение задания в виде задачи 1003 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 9 приведено изображение задания в виде задачи 1004 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 10 приведено изображение задания в виде задачи 1005 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 11 приведено изображение задания в виде задачи 1006 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 12 приведено изображение задания в виде задачи 1007 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

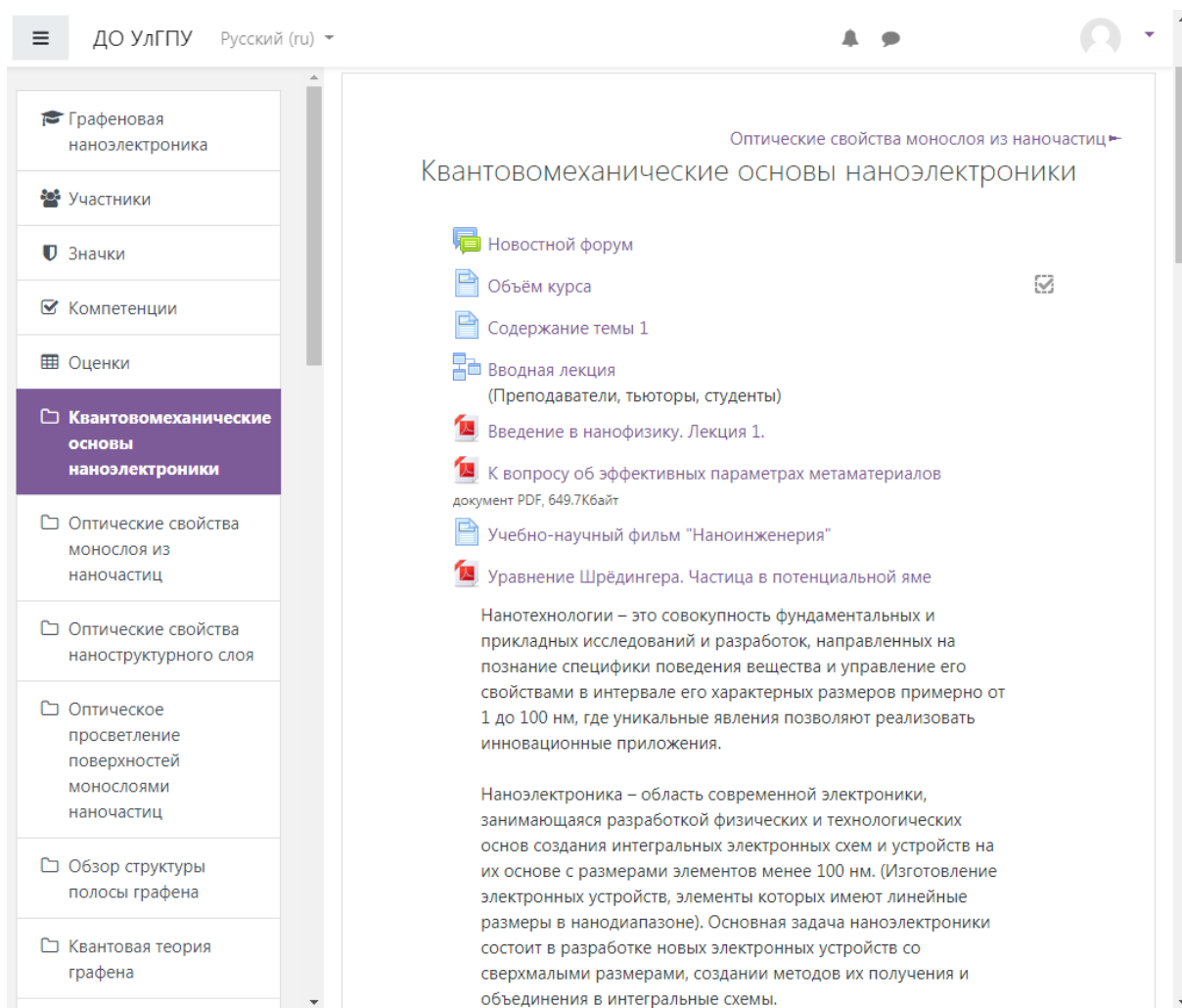


Рис. 4. Часть элементов первой темы по квантовомеханическим основам наноэлектроники в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 13 приведено изображение задания в виде задачи 1008 в составе курса по графеновой наноэлектронике в системе MOODLE.

На рис. 14 приведено изображение задания в виде вопроса 2501 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 15 приведено изображение задания в виде вопроса 2502 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 16 приведено изображение задания в виде вопроса 2503 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 17 приведено изображение задания в виде вопроса 2504 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 18 приведено изображение задания в виде вопроса 2505 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 19 приведено изображение задания в виде вопроса 2506 в составе курса по графеновой наноэлектронике в системе MOODLE.

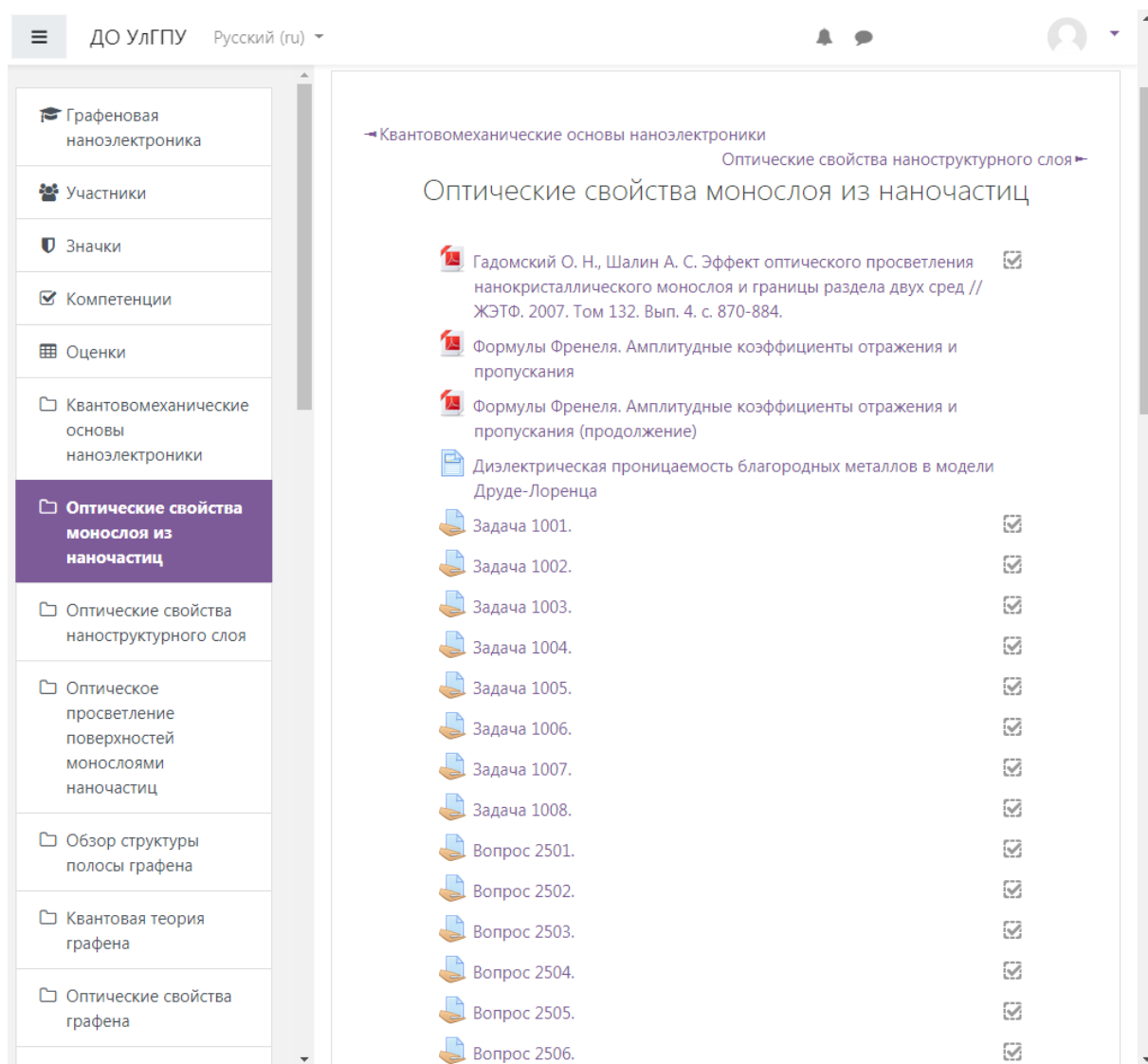


Рис. 5. Часть элементов второй темы по оптическим свойствам монослоя из наночастиц в составе дистанционного курса по графеновой нанозлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 20 приведено изображение задания в виде вопроса 2507 в составе дистанционного курса по графеновой нанозлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 21 приведено изображение задания в виде вопроса 2508 в составе дистанционного курса по графеновой нанозлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 22 приведено изображение элемента в виде семинара 2001 в составе дистанционного курса по графеновой нанозлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 23 приведено изображение фазы настройки семинара 2002 в составе дистанционного курса по графеновой нанозлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 24 приведено изображение настройки фазы представления работ семинара 2002 в составе дистанционного курса по графеновой нанозлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Созданные элементы дистанционного курса в виде заданий с задачами и контроль-

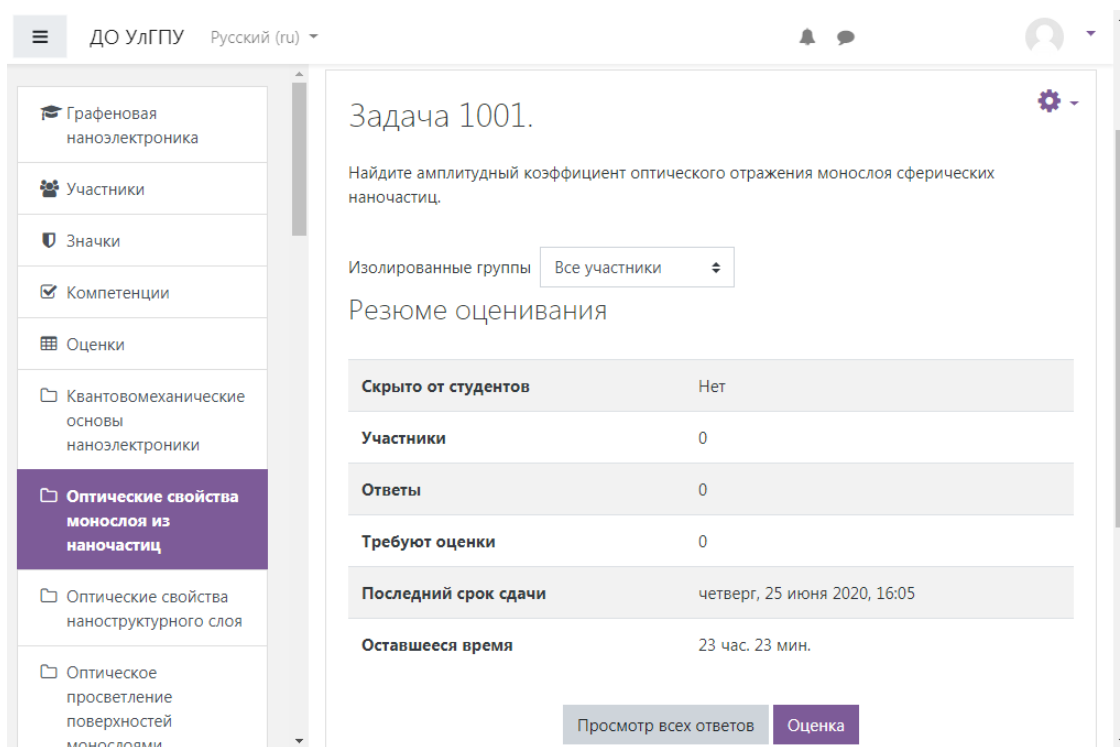


Рис. 6. Задание в виде задачи 1001 в составе дистанционного курса по графеновой нанoeлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

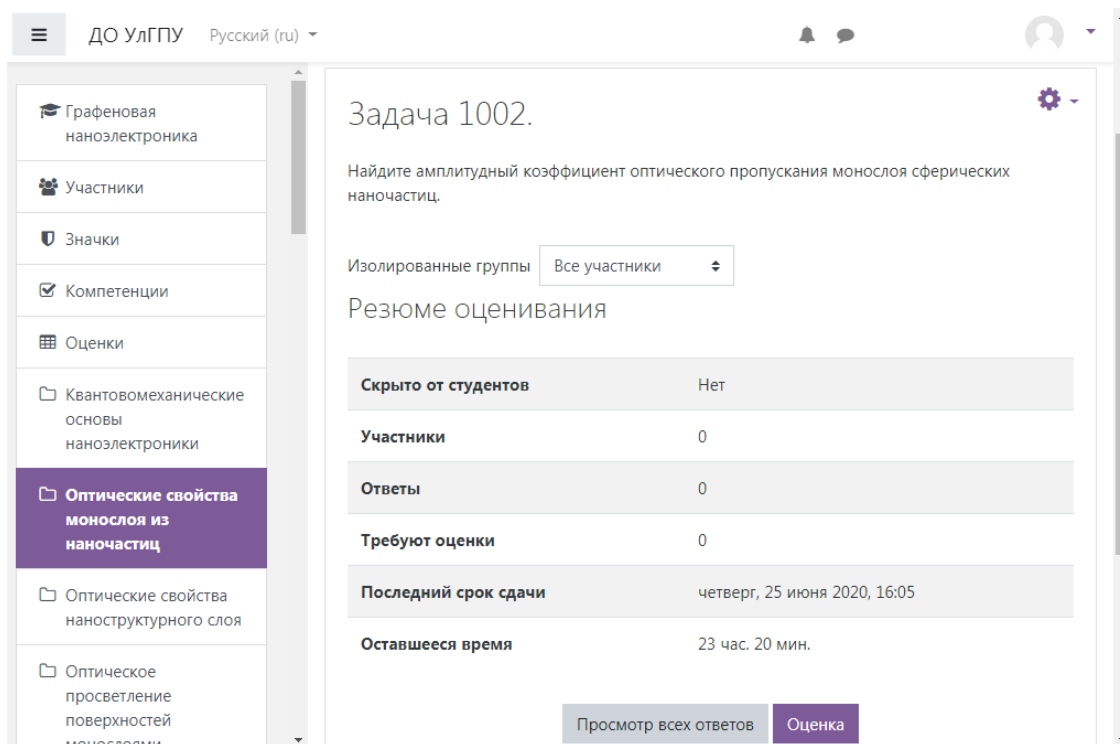


Рис. 7. Задание в виде задачи 1002 в составе дистанционного курса по графеновой нанoeлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ными вопросами по графеновой нанoeлектронике позволят контролировать знания студентов курса по графеновой электронике.

Проведено всестороннее исследование дистанционного курса по графеновой нанoeлектронике в системе управления обучением MOODLE.

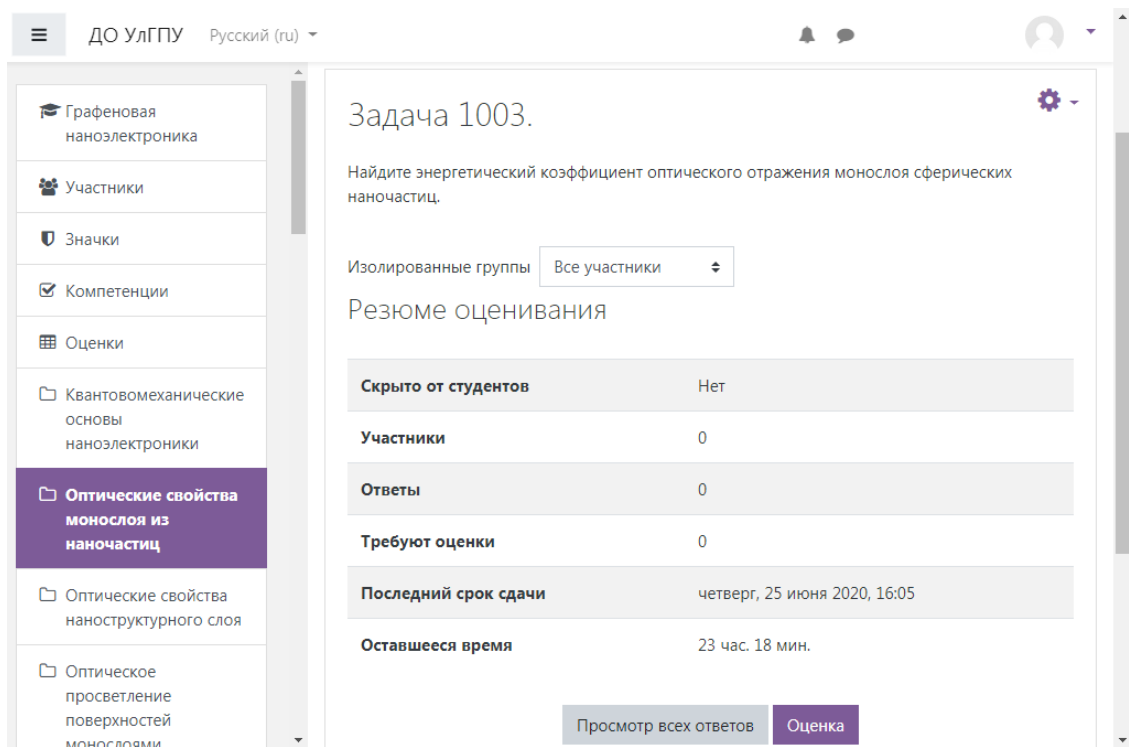


Рис. 8. Задание в виде задачи 1003 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

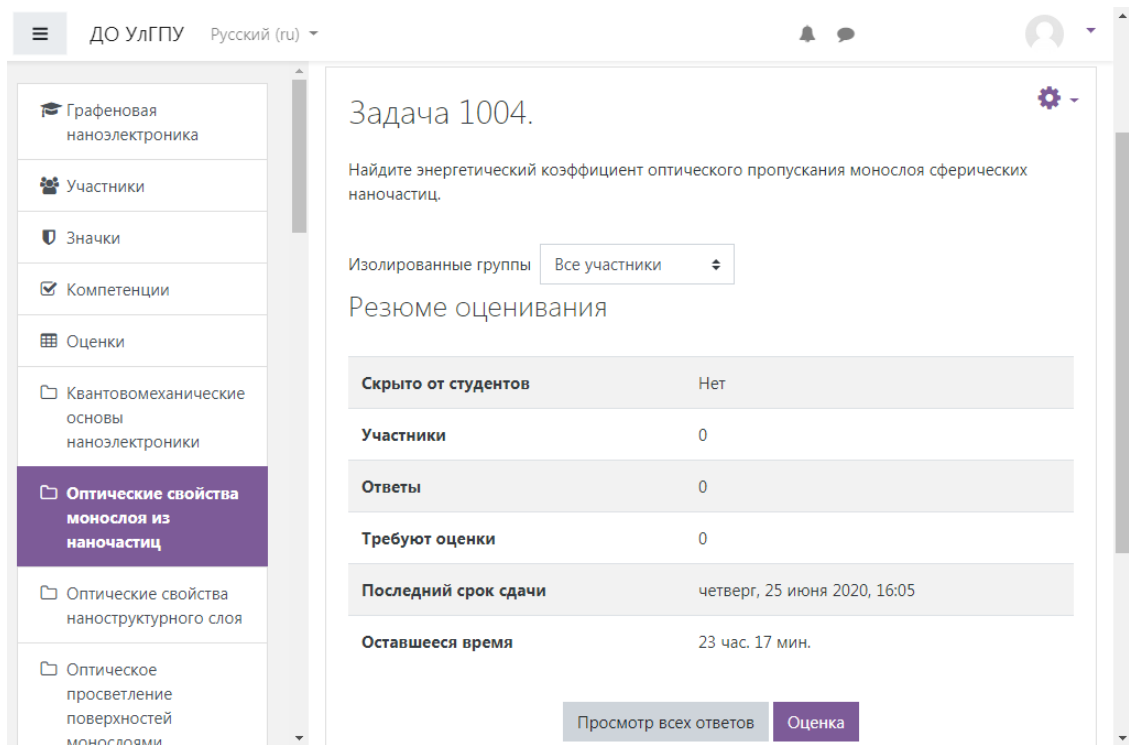


Рис. 9. Задание в виде задачи 1004 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

В работе описан результат разработки дистанционного курса «Графеновая наноэлектроника», который готов к началу использования в учебном процессе в университете, позволяет автоматизировать проверку знаний по графеновой наноэлектронике. Дистанционный курс «Графеновая наноэлектроника», созданный в системе управле-

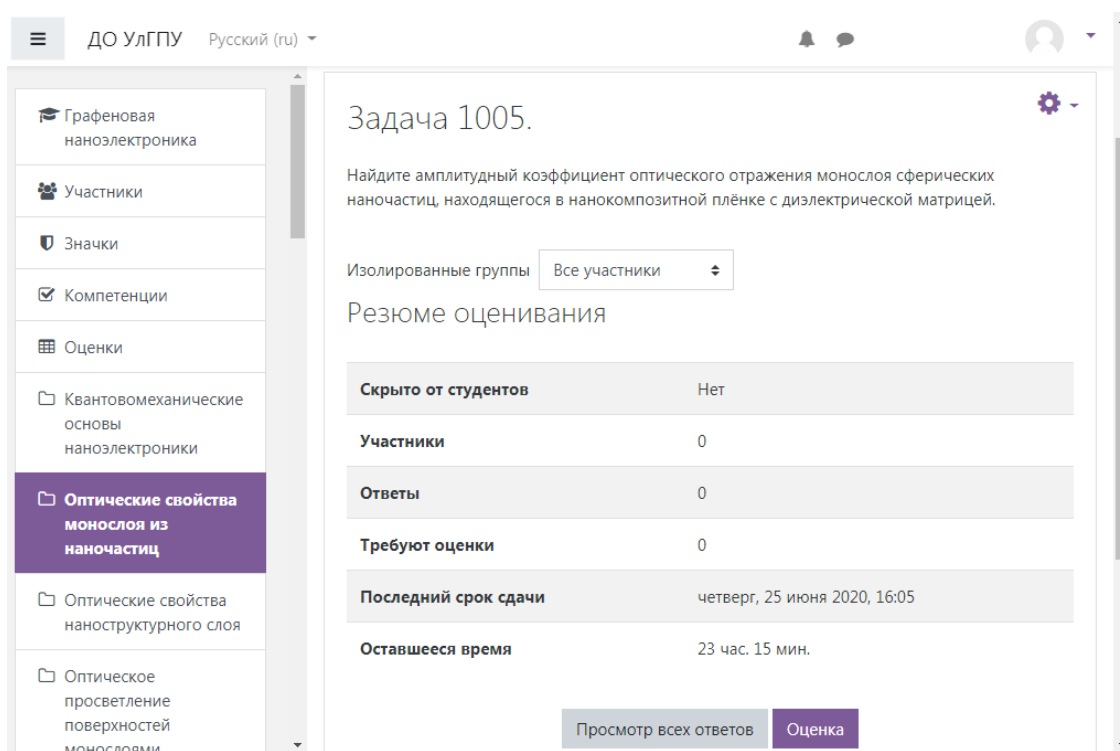


Рис. 10. Задание в виде задачи 1005 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

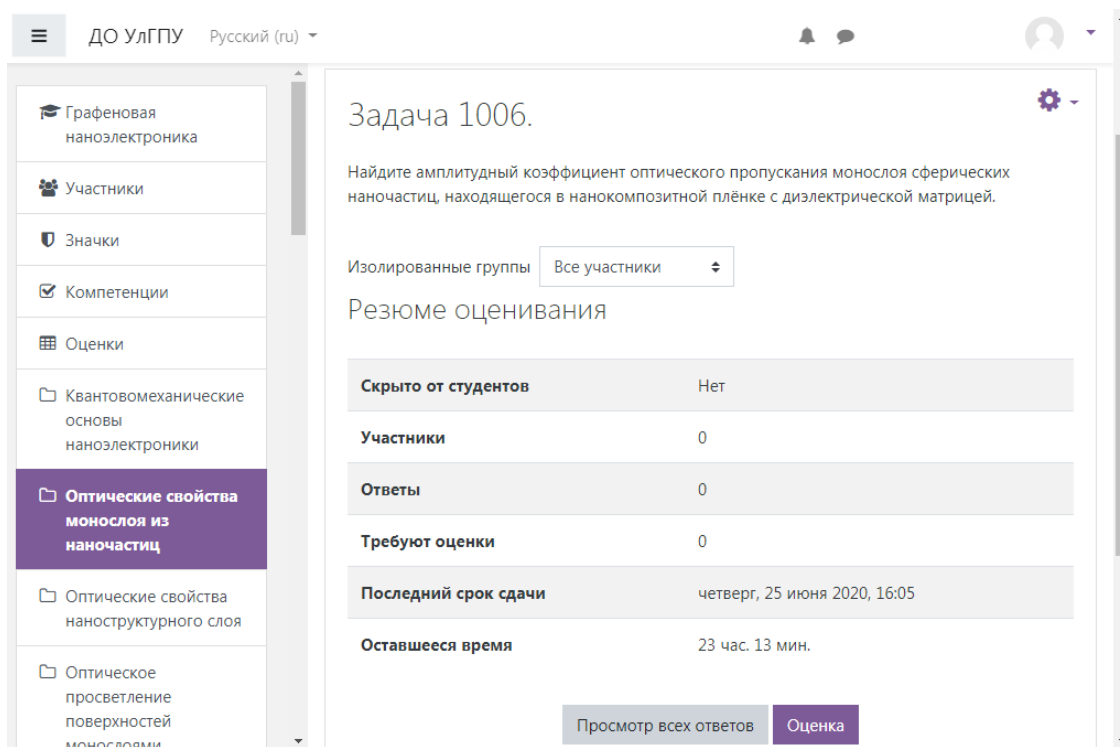


Рис. 11. Задание в виде задачи 1006 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ния обучением MOODLE, способствует систематизации хранения учебного материала по квантовой теории графена и графеновых нанокompозитов. При изучении курса «Графеновая наноэлектроника» система дистанционного обучения MOODLE привносит то, что кроме основного курса по изучаемой дисциплине, используется материал для под-

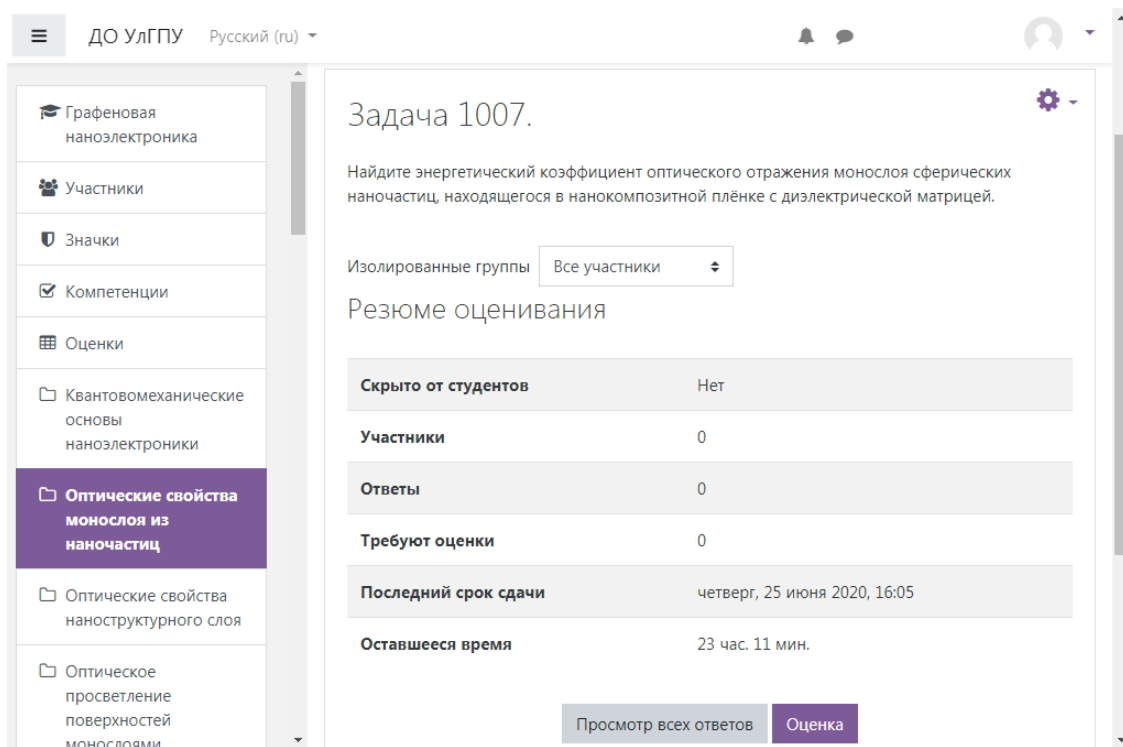


Рис. 12. Задание в виде задачи 1007 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

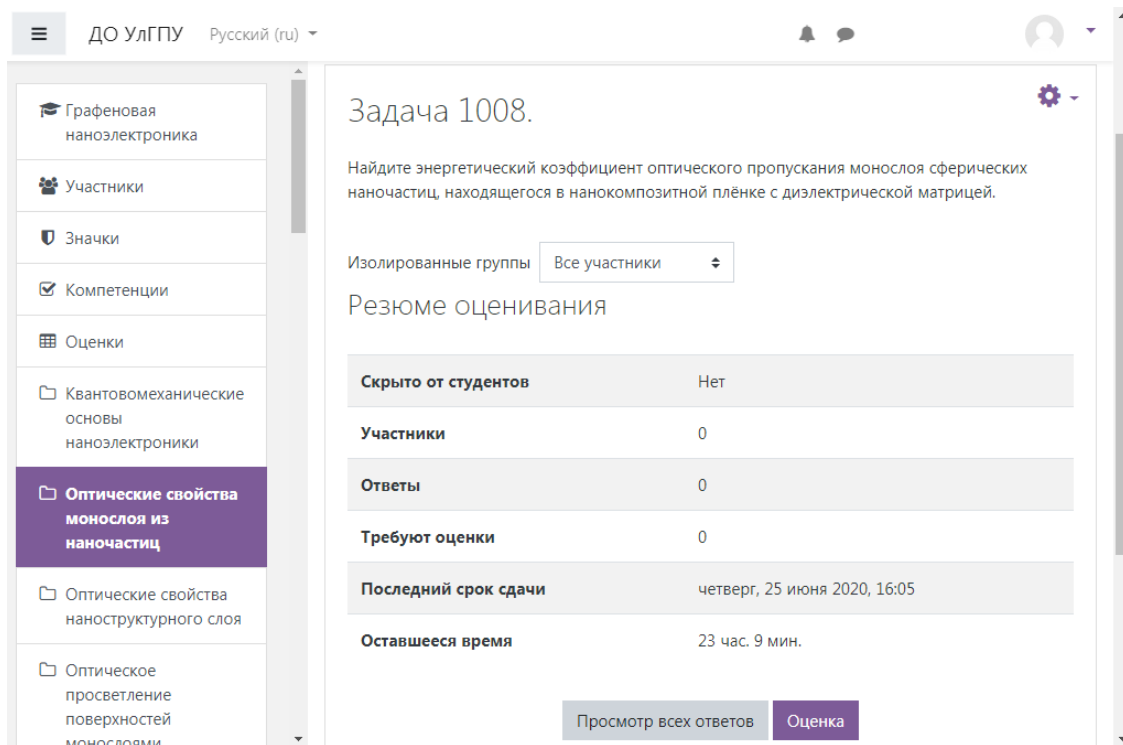


Рис. 13. Задание в виде задачи 1008 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

готовки в домашних условиях, который позволяет расширить учебное содержание, а также провести дифференциацию учебного материала в соответствии с индивидуальными потребностями и запросами студентов, изучающих курс. В качестве подтверждения гипотезы исследования спроектирован дистанционный курс «Графеновая наноэлектро-

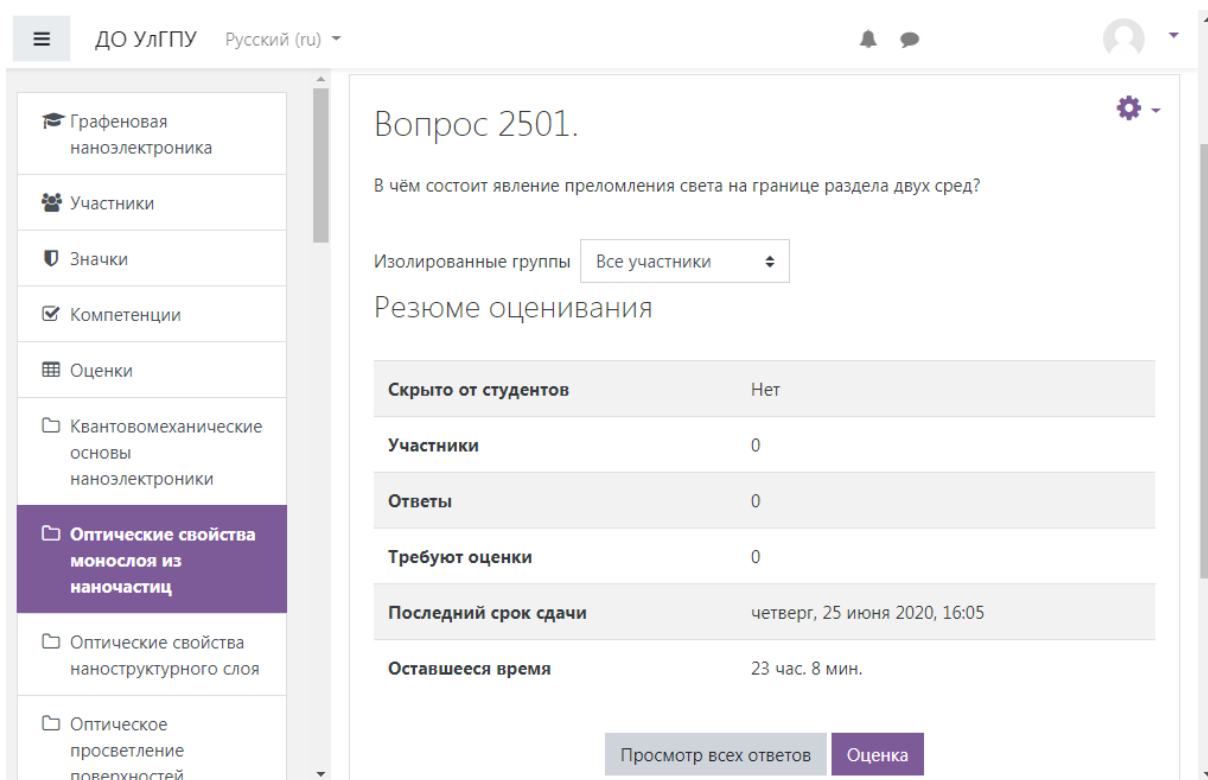


Рис. 14. Задание в виде вопроса 2501 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

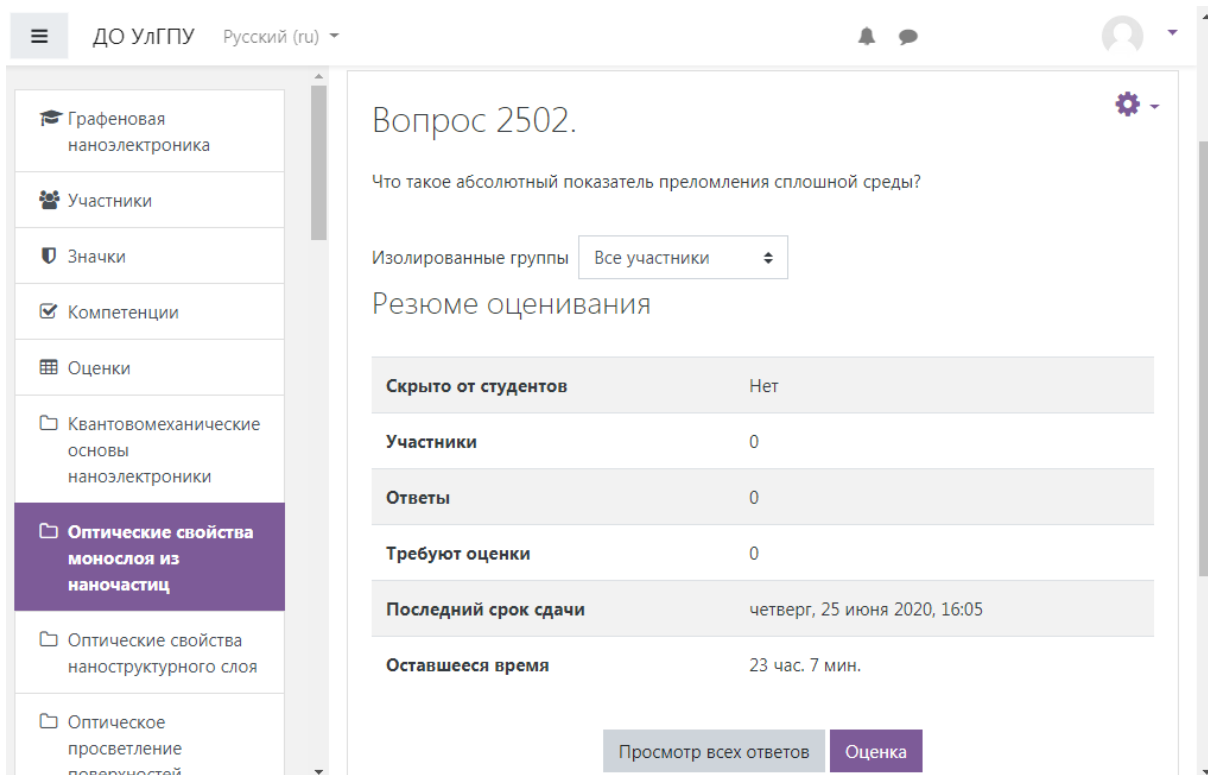


Рис. 15. Задание в виде вопроса 2502 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ника», позволяющий проводить обучение теоретическим основам графеновой наноэлектроники по традиционной, смешанной и дистанционной формам обучения.

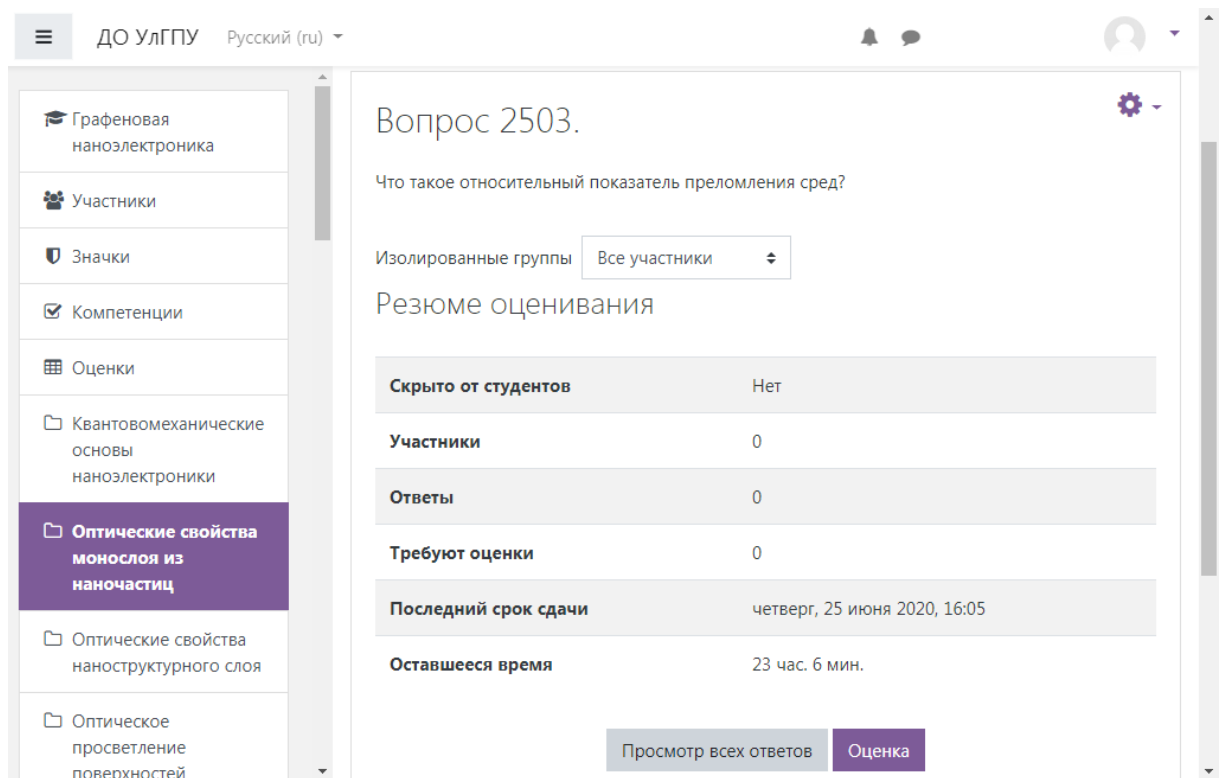


Рис. 16. Задание в виде вопроса 2503 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

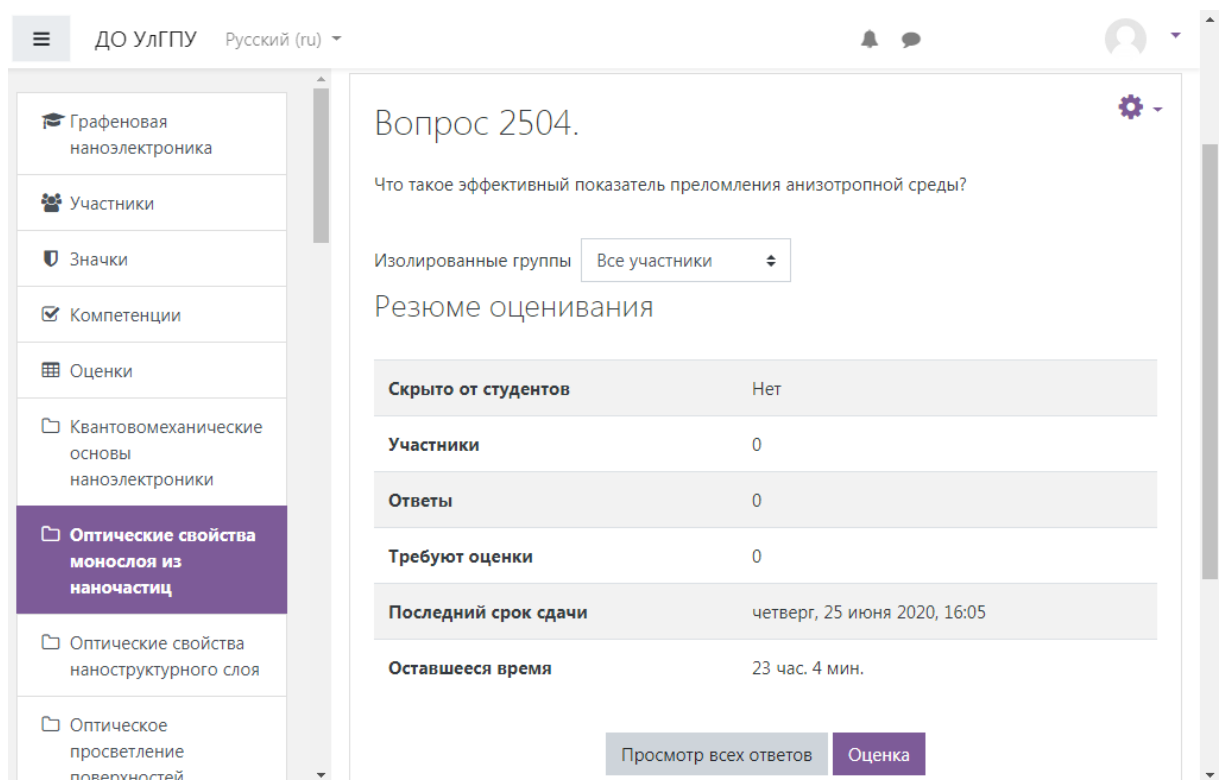


Рис. 17. Задание в виде вопроса 2504 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Заключение

Дистанционный курс «Графеновая наноэлектроника», созданный в системе управления обучением MOODLE, способен стать эффективным помощником, автоматизиру-

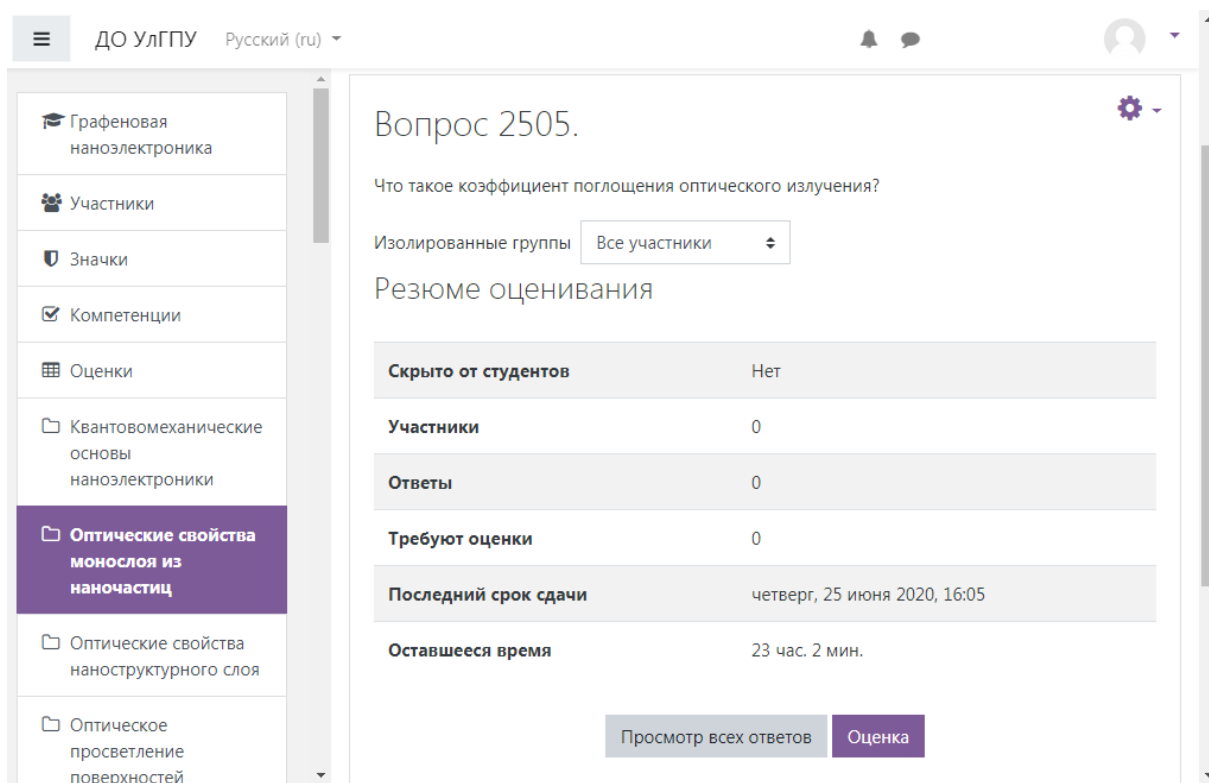


Рис. 18. Задание в виде вопроса 2505 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

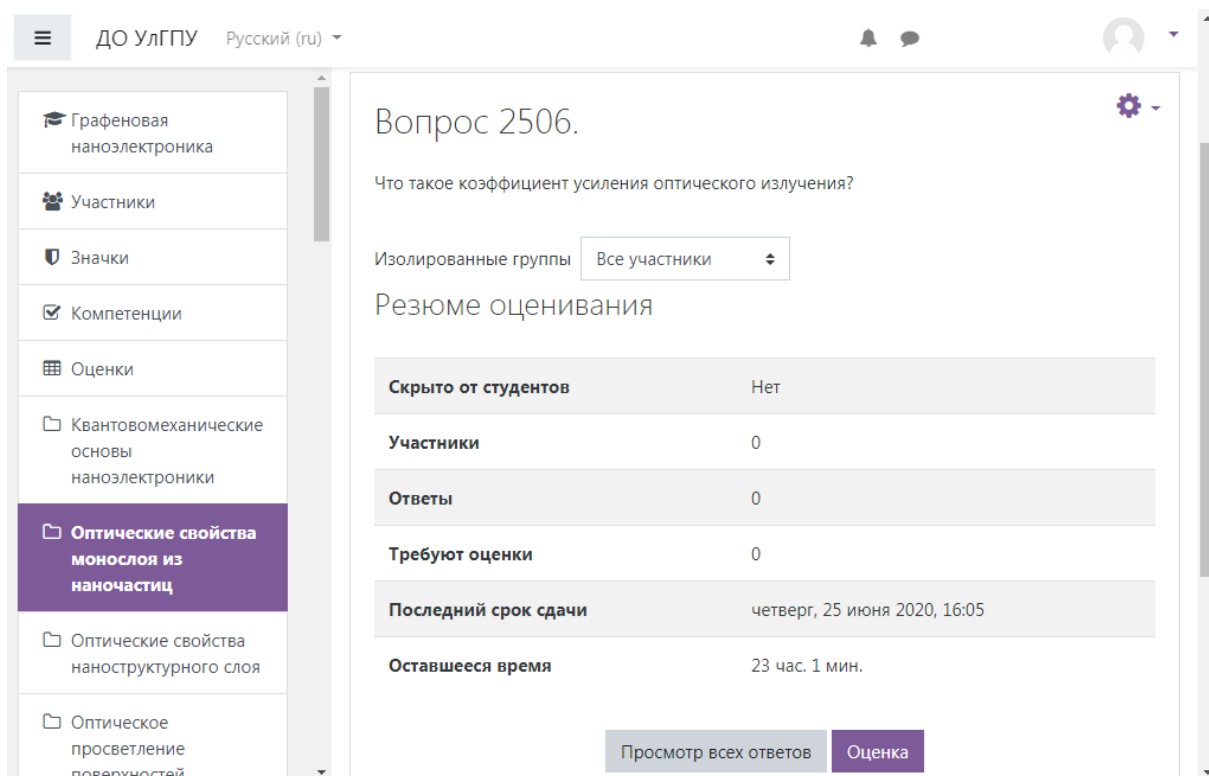


Рис. 19. Задание в виде вопроса 2506 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ющим наиболее трудоёмкие элементы труда преподавателя в процессе преподавания учебных дисциплин физико-математической направленности. Созданный дистанционный курс «Графеновая наноэлектроника» позволит планировать, организовывать и

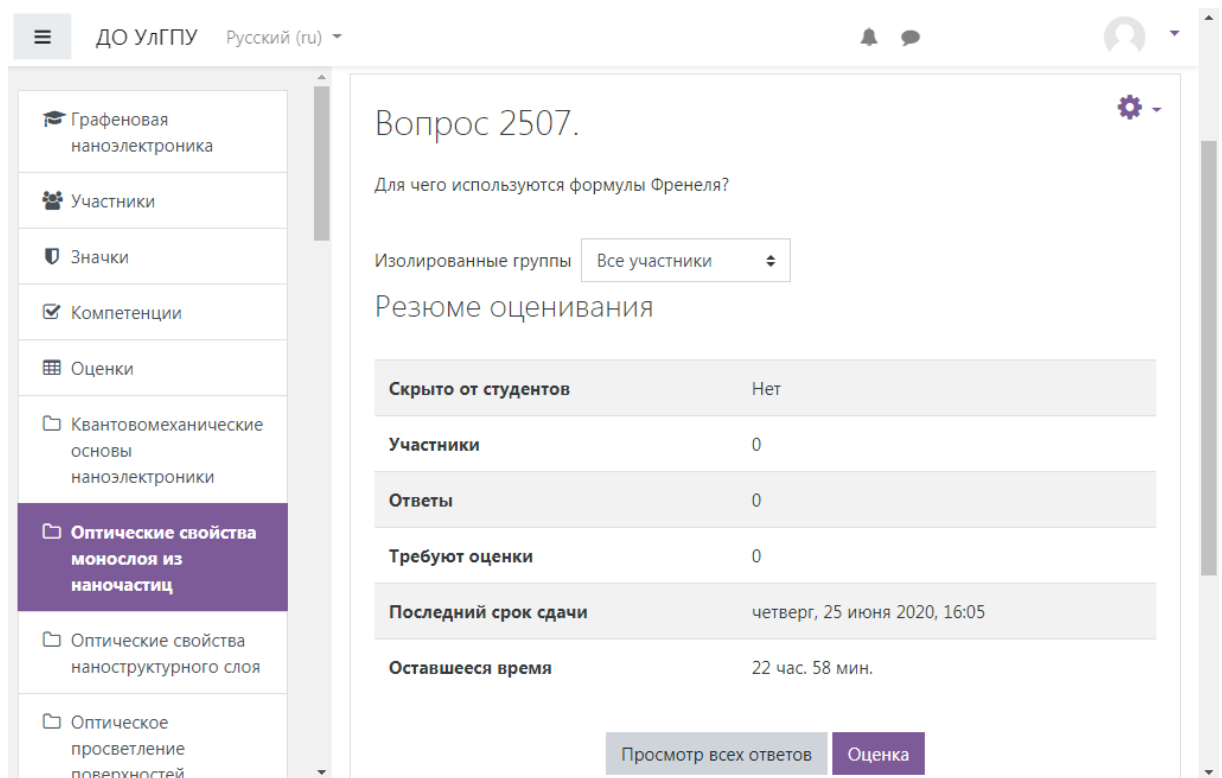


Рис. 20. Задание в виде вопроса 2507 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

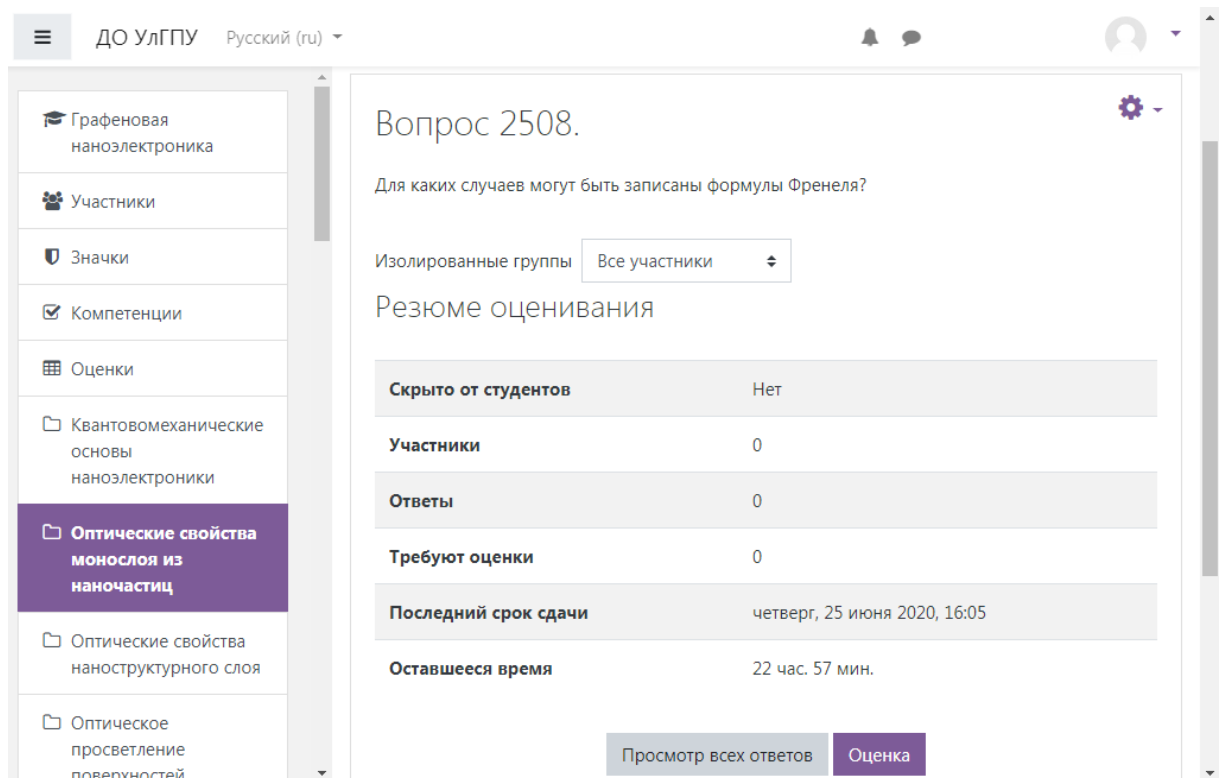


Рис. 21. Задание в виде вопроса 2508 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

проводить изучение теоретического материала курса по наноплазмонике в дистанционной или смешанной форме обучения. Разработанный курс «Графеновая наноэлектрони-

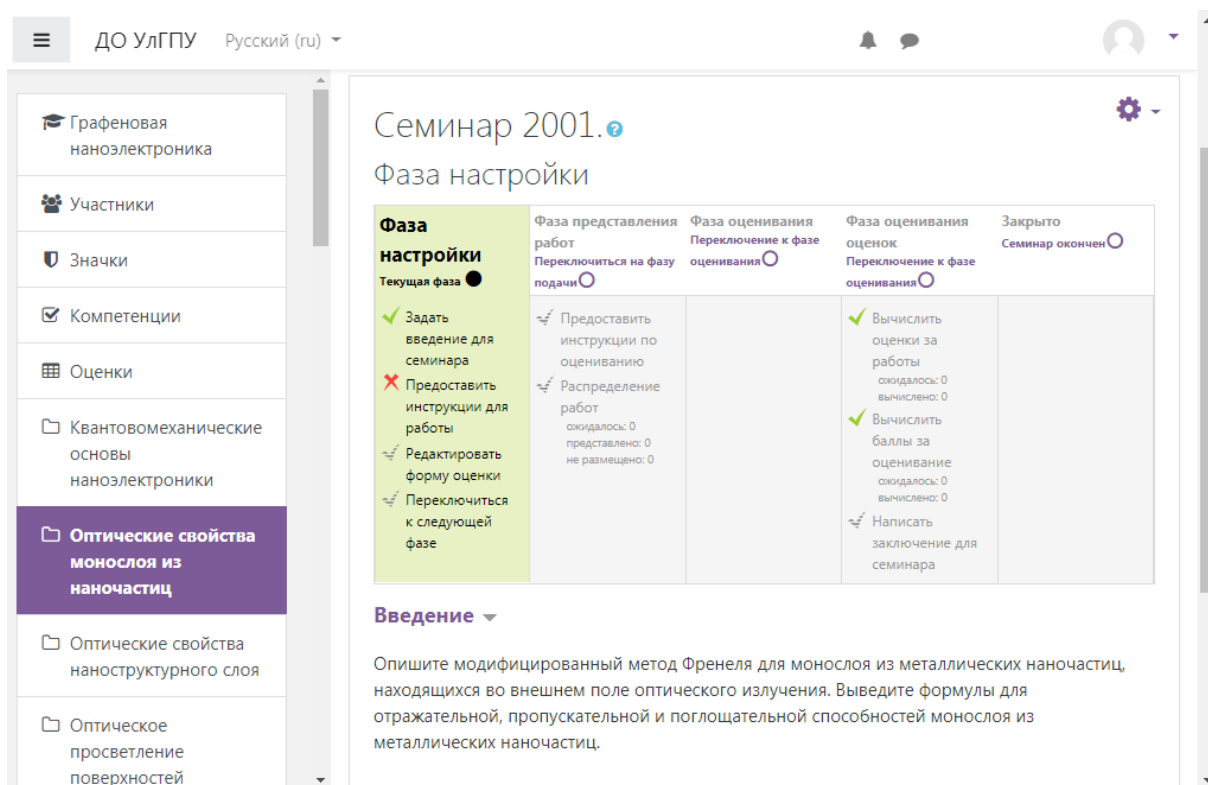


Рис. 22. Семинар 2001 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

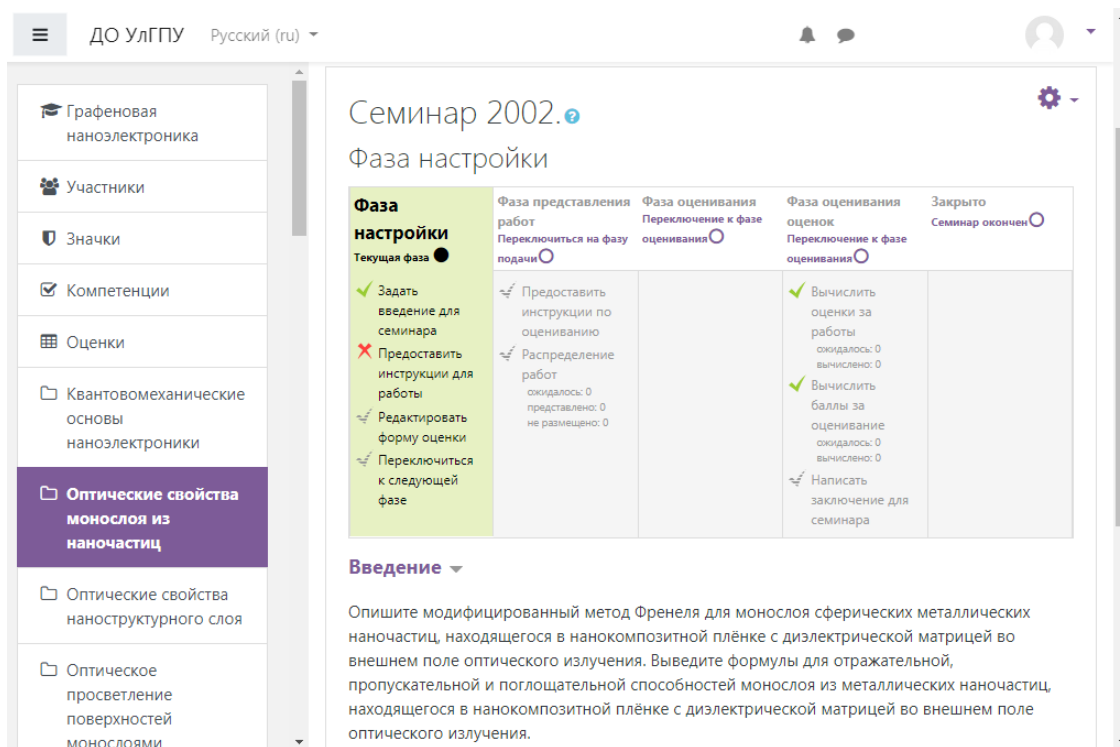


Рис. 23. Фаза настройки семинара 2002 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ка» может занять особое место среди дистанционных курсов по физико-математической тематике, предназначенных для студентов физико-математических профилей подготовки университетов. Использование разработанного дистанционного курса по графеновой

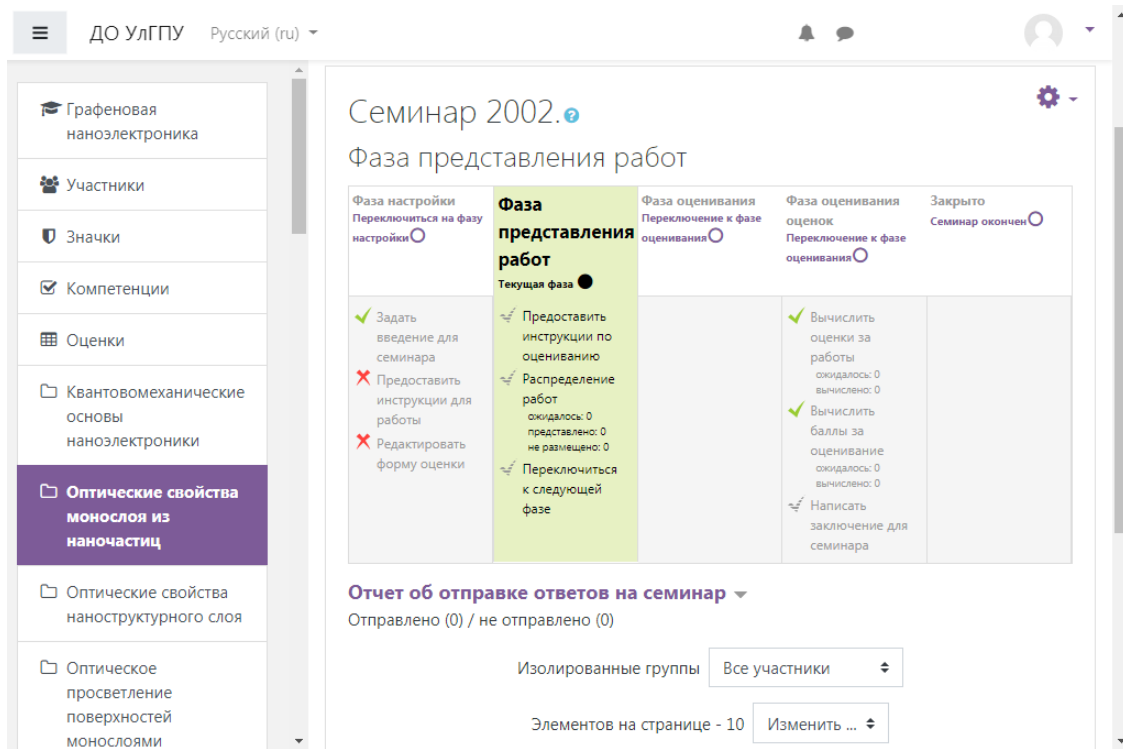


Рис. 24. Настройка фазы представления работ семинара 2002 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

наноэлектронике способствует интенсификации учебного процесса и более осмысленному изучению материала, приобретению навыков самоорганизации и превращению систематических знаний в системные, помогает развитию познавательной деятельности обучающихся и интереса к предмету. Созданный в работе дистанционный курс позволяет эффективно планировать, организовывать и проводить обучение по графеновой наноэлектронике.

Гипотеза исследования в части создания дистанционного курса по графеновой наноэлектронике, состоящая в том, что если использовать дистанционный курс «Графеновая наноэлектроника» в системе управления обучением MOODLE, то можно облегчить труд преподавателя в процессе преподавания учебной дисциплины, подтверждена полностью.

Разработан дистанционный курс по графеновой наноэлектронике, который готов к началу использования в учебном процессе педагогического университета и содержит элементы для контроля знаний по графеновой наноэлектронике.

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

Список использованных источников

1. Avouris Phaedon, Chen Zhihong, Perebeinos Vasili. Carbon-based electronics // Nature Nanotechnology. — 2007. — sep. — Vol. 2, no. 10. — P. 605–615. — URL: <https://doi.org/10.1038/nano.2007.300>.
2. Geim A. K., Novoselov K. S. The rise of graphene // Nature Materials. — 2007. — mar. — Vol. 6, no. 3. — P. 183–191. — URL: <https://doi.org/10.1038/nmat1849>.

3. Katsnelson Mikhail I. Graphene: carbon in two dimensions // *Materials Today*. — 2007. — jan. — Vol. 10, no. 1-2. — P. 20–27. — URL: [https://doi.org/10.1016/s1369-7021\(06\)71788-6](https://doi.org/10.1016/s1369-7021(06)71788-6).
4. Westervelt R. M. Applied physics: Graphene Nanoelectronics // *Science*. — 2008. — apr. — Vol. 320, no. 5874. — P. 324–325. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1156936>.
5. Fabrication of microcellular polymer/graphene nanocomposite foams / Bin Shen [et al.] // *Polymer International*. — 2012. — sep. — Vol. 61, no. 12. — P. 1693–1702. — URL: <https://doi.org/10.1002/pi.4355>.
6. Epitaxial graphene: a new material / Th. Seyller [et al.] // *Physica status solidi (b)*. — 2008. — jul. — Vol. 245, no. 7. — P. 1436–1446. — URL: <https://doi.org/10.1002/pssb.200844143>.
7. Uptake of H₂ and CO₂ by Graphene / Anupama Ghosh [et al.] // *The Journal of Physical Chemistry C*. — 2008. — sep. — Vol. 112, no. 40. — P. 15704–15707. — URL: <https://doi.org/10.1021/jp805802w>.
8. ABS nanocomposite films based on functionalized-graphene sheets / Cheol Heo [et al.] // *Journal of Applied Polymer Science*. — 2011. — Vol. 124. — P. 4663–4670. — URL: <https://doi.org/10.1002/app.35404>.
9. Graphene Based Electrochemical Sensors and Biosensors: A Review / Yuyan Shao [et al.] // *Electroanalysis*. — 2010. — mar. — Vol. 22, no. 10. — P. 1027–1036. — URL: <https://doi.org/10.1002/elan.200900571>.
10. Polyoxometalate-Graphene Nanocomposite Modified Electrode for Electrocatalytic Detection of Ascorbic Acid / Weiyang Zhang [et al.] // *Electroanalysis*. — 2013. — nov. — Vol. 26, no. 1. — P. 178–183. — URL: <https://doi.org/10.1002/elan.201300343>.
11. Novoselov K. S. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films // *Science*. — 2004. — oct. — Vol. 306, no. 5696. — P. 666–669. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1102896>.
12. Berger C. Electronic Confinement and Coherence in Patterned Epitaxial Graphene // *Science*. — 2006. — may. — Vol. 312, no. 5777. — P. 1191–1196. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1125925>.
13. Graphene-based composite materials / Sasha Stankovich [et al.] // *Nature*. — 2006. — jul. — Vol. 442, no. 7100. — P. 282–286. — URL: <https://doi.org/10.1038/nature04969>.
14. A Chemical Route to Graphene for Device Applications / Scott Gilje [et al.] // *Nano Letters*. — 2007. — nov. — Vol. 7, no. 11. — P. 3394–3398. — URL: <https://doi.org/10.1021/nl0717715>.
15. Detection of individual gas molecules adsorbed on graphene / F. Schedin [et al.] // *Nature Materials*. — 2007. — jul. — Vol. 6, no. 9. — P. 652–655. — URL: <https://doi.org/10.1038/nmat1967>.
16. Electromechanical Resonators from Graphene Sheets / J. S. Bunch [et al.] // *Science*. — 2007. — jan. — Vol. 315, no. 5811. — P. 490–493. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1136836>.


17. Mattausch Alexander, Pankratov Oleg. Density functional study of graphene overlayers on SiC // *Physica status solidi (b)*. — 2008. — jul. — Vol. 245, no. 7. — P. 1425–1435. — URL: <https://doi.org/10.1002/pssb.200844031>.
18. Flexible Graphene Films via the Filtration of Water-Soluble Noncovalent Functionalized Graphene Sheets / Yuxi Xu [et al.] // *Journal of the American Chemical Society*. — 2008. — may. — Vol. 130, no. 18. — P. 5856–5857. — URL: <https://doi.org/10.1021/ja800745y>.
19. Processable aqueous dispersions of graphene nanosheets / Dan Li [et al.] // *Nature Nanotechnology*. — 2008. — jan. — Vol. 3, no. 2. — P. 101–105. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2007.451>.
20. Eda Goki, Fanchini Giovanni, Chhowalla Manish. Large-area ultrathin films of reduced graphene oxide as a transparent and flexible electronic material // *Nature Nanotechnology*. — 2008. — apr. — Vol. 3, no. 5. — P. 270–274. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2008.83>.

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

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

E-mail: melneko@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-9759-839X

Web of Science ResearcherID  ABD-4970-2020

Development of elements of a distance course on graphene nanoelectronics in the learning management system MOODLE

K. K. Altunin , Yu. A. Kucherova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted 8 February 2021

Resubmitted 12 February 2021

Published 5 March 2021

Abstract. The result of the development of a distance course on graphene nanoelectronics, devoted to the study of the physical foundations of the quantum theory of graphene and graphene nanocomposites, is considered. The distance course on graphene nanoelectronics was created in the learning management system MOODLE on the educational portal of the Pedagogical University. The results of the development of the modular structure of the course, theoretical elements and elements of knowledge control in graphene nanoelectronics are described.

Keywords: nanoelectronics, graphene, graphene nanoelectronics, graphene nanocomposite, monolayer of particles, distance course, learning management system

PACS: 42.70.a

References


1. Avouris Phaedon, Chen Zhihong, Perebeinos Vasili. Carbon-based electronics // *Nature Nanotechnology*. — 2007. — sep. — Vol. 2, no. 10. — P. 605–615. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2007.300>.
2. Geim A. K., Novoselov K. S. The rise of graphene // *Nature Materials*. — 2007. — mar. — Vol. 6, no. 3. — P. 183–191. — URL: <https://doi.org/10.1038/nmat1849>.
3. Katsnelson Mikhail I. Graphene: carbon in two dimensions // *Materials Today*. — 2007. — jan. — Vol. 10, no. 1-2. — P. 20–27. — URL: [https://doi.org/10.1016/s1369-7021\(06\)71788-6](https://doi.org/10.1016/s1369-7021(06)71788-6).
4. Westervelt R. M. Applied physics: Graphene Nanoelectronics // *Science*. — 2008. — apr. — Vol. 320, no. 5874. — P. 324–325. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1156936>.
5. Fabrication of microcellular polymer/graphene nanocomposite foams / Bin Shen [et al.] // *Polymer International*. — 2012. — sep. — Vol. 61, no. 12. — P. 1693–1702. — URL: <https://doi.org/10.1002/pi.4355>.
6. Epitaxial graphene: a new material / Th. Seyller [et al.] // *Physica status solidi (b)*. — 2008. — jul. — Vol. 245, no. 7. — P. 1436–1446. — URL: <https://doi.org/10.1002/pssb.200844143>.
7. Uptake of H₂ and CO₂ by Graphene / Anupama Ghosh [et al.] // *The Journal of Physical Chemistry C*. — 2008. — sep. — Vol. 112, no. 40. — P. 15704–15707. — URL: <https://doi.org/10.1021/jp805802w>.

8. ABS nanocomposite films based on functionalized-graphene sheets / Cheol Heo [et al.] // *Journal of Applied Polymer Science*. — 2011. — Vol. 124. — P. 4663–4670. — URL: <https://doi.org/10.1002/app.35404>.
9. Graphene Based Electrochemical Sensors and Biosensors: A Review / Yuyan Shao [et al.] // *Electroanalysis*. — 2010. — mar. — Vol. 22, no. 10. — P. 1027–1036. — URL: <https://doi.org/10.1002/elan.200900571>.
10. Polyoxometalate-Graphene Nanocomposite Modified Electrode for Electrocatalytic Detection of Ascorbic Acid / Weiyang Zhang [et al.] // *Electroanalysis*. — 2013. — nov. — Vol. 26, no. 1. — P. 178–183. — URL: <https://doi.org/10.1002/elan.201300343>.
11. Novoselov K. S. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films // *Science*. — 2004. — oct. — Vol. 306, no. 5696. — P. 666–669. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1102896>.
12. Berger C. Electronic Confinement and Coherence in Patterned Epitaxial Graphene // *Science*. — 2006. — may. — Vol. 312, no. 5777. — P. 1191–1196. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1125925>.
13. Graphene-based composite materials / Sasha Stankovich [et al.] // *Nature*. — 2006. — jul. — Vol. 442, no. 7100. — P. 282–286. — URL: <https://doi.org/10.1038/nature04969>.
14. A Chemical Route to Graphene for Device Applications / Scott Gilje [et al.] // *Nano Letters*. — 2007. — nov. — Vol. 7, no. 11. — P. 3394–3398. — URL: <https://doi.org/10.1021/nl0717715>.
15. Detection of individual gas molecules adsorbed on graphene / F. Schedin [et al.] // *Nature Materials*. — 2007. — jul. — Vol. 6, no. 9. — P. 652–655. — URL: <https://doi.org/10.1038/nmat1967>.
16. Electromechanical Resonators from Graphene Sheets / J. S. Bunch [et al.] // *Science*. — 2007. — jan. — Vol. 315, no. 5811. — P. 490–493. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1136836>.
17. Mattausch Alexander, Pankratov Oleg. Density functional study of graphene overlayers on SiC // *Physica status solidi (b)*. — 2008. — jul. — Vol. 245, no. 7. — P. 1425–1435. — URL: <https://doi.org/10.1002/pssb.200844031>.
18. Flexible Graphene Films via the Filtration of Water-Soluble Noncovalent Functionalized Graphene Sheets / Yuxi Xu [et al.] // *Journal of the American Chemical Society*. — 2008. — may. — Vol. 130, no. 18. — P. 5856–5857. — URL: <https://doi.org/10.1021/ja800745y>.
19. Processable aqueous dispersions of graphene nanosheets / Dan Li [et al.] // *Nature Nanotechnology*. — 2008. — jan. — Vol. 3, no. 2. — P. 101–105. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2007.451>.
20. Eda Goki, Fanchini Giovanni, Chhowalla Manish. Large-area ultrathin films of reduced graphene oxide as a transparent and flexible electronic material // *Nature Nanotechnology*. — 2008. — apr. — Vol. 3, no. 5. — P. 270–274. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2008.83>.

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 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

Yulia Aleksandrovna Kucherova — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.


E-mail: melneko@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-9759-839X

Web of Science ResearcherID  ABD-4970-2020

УДК 373.5
ББК 74.262.0
ГРНТИ 14.25.09
ВАК 13.00.02

Разработка дистанционного курса по квантовой механике и оптике наносистем в системе управления обучением MOODLE

К. К. Алтунин , Е. А. Купреянова ¹

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

Поступила в редакцию 18 января 2021 года
После переработки 25 января 2021 года
Опубликована 5 марта 2021 года

Аннотация. Рассматривается результат разработки дистанционного курса по квантовой механике и оптике наносистем, посвящённого изучению физических основ квантовой механики наносистем и квантовой оптики наносистем. Дистанционный курс по квантовой механике и оптике наносистем создан в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале педагогического университета. Описаны результаты разработки модульной структуры курса, теоретических элементов и элементов контроля знаний по квантовой механике и оптике наносистем.

Ключевые слова: квантовая механика, квантовая оптика, оптика наносистем, дистанционный курс, система управления обучением

Введение

В современной оптике проявляется повышенный научный интерес к ультратонким нанокompозитным плёнкам в связи с возможностью высокоэффективного просветления поверхностей оптических приборов и устройств оптоэлектроники. Просветляющие оптические покрытия используют наносистемы со сложной структурой наноразмерных слоёв и плёнок. Внутри просветляющих нанокompозитных покрытий металлические наночастицы могут организовываться в такие наноструктурные элементы, как нанокластеры и наноагрегаты. Границы раздела поверхностей сред даже покрывают монослоями наночастиц для повышения просветляющей способности поверхности твёрдого тела.

Целью исследования является описание процесса разработки дистанционного курса «Квантовая механика и оптика наносистем с Python».

Задача исследования состоит в разработке модульной структуры, тестов и заданий дистанционного курса «Квантовая механика и оптика наносистем с Python» в системе управления обучением MOODLE.

Объектом исследования является курс «Квантовая механика и оптика наносистем с Python».

¹E-mail: kupreyanova.zhenechka@mail.ru

Предметом исследования является процесс создания информационных и контролируемых элементов дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе управления обучением MOODLE.

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, основанный на комбинации теоретических методов и численных методов в процессе изучения квантовой механики и оптики наносистем, то можно повысить познавательный интерес студентов к квантовой механике и оптике наносистем.

Для фундаментальных исследований наиболее важной является возможность изучения самых различных наносистем в условиях, когда и расстояние между наночастицами и их взаимная ориентация строго фиксированы. Именно эта ситуация и реализуется в ультратонких нанокompозитных плёнках. Можно изучать спектральные проявления взаимодействий валентных электронов как внутри наночастицы, так и в соседних наночастицах. Более того, уже ведутся исследования направленных модификаций ультратонких нанокompозитных плёнок с помощью мультислойных наносистем.

Методами исследования являются методы разработки дистанционных курсов по нанооптике ультратонких плёнок из нанокompозитных материалов.

Базой исследования дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе управления обучением MOODLE является образовательный портал ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова».

Обзор

Проведём краткий обзор создания дистанционных курсов, онлайн-курсов, курсов массового доступа, электронных образовательных ресурсов в области высшего образования по физике.

Различные технологии создания электронных образовательных ресурсов, дистанционных курсов, онлайн-курсов по физике, предназначенные для студентов университетов, описаны в работах @auxrussian@auxrussian[1, 2]. В [2] описаны результаты разработки и внедрения электронного образовательного ресурса по курсу нанооптики. Рассматриваемый в этой работе курс по нанооптике имеет информационную поддержку в виде сайта по нанооптике. В [1] описаны результаты разработки электронного образовательного ресурса в университете при помощи инструментов Google Site и MOODLE, а также проведено сравнение возможностей платформ Google Site и MOODLE для создания электронных образовательных ресурсов по физике.

Применение формата системы управления обучением MOODLE обеспечивает прозрачность результатов обучения в области физики, включая тестирование в формате активного, операционального, рефлексивного обучения. С учётом существующих тенденций перспективным в области фундаментального физико-математического и технологического образования является организация учебного процесса с использованием такой обучающей среды, как система управления обучением MOODLE. Эта информационная среда позволяет доставлять и репрезентировать учебный контент, содержащий и разнообразные контрольно-измерительные материалы по физике, в места реального расположения обучаемых. Их включение в образовательный процесс позволяет модернизировать одну из основных тенденций — смену формата «система образования» на «сферу образования».

В [3] проведено исследование особенностей создания информационных образовательных сред и электронных образовательных ресурсов по физике на примере темы “Фотоэффект”, созданных с использованием инструментов Google Sites.

Результаты исследования теоретических моделей оптических процессов в наносистемах были опубликованы в работах [4–6].

При использовании дистанционных курсов, онлайн-курсов, электронных курсов и электронных образовательных ресурсов следует выделить возможности, связанные с электронной природой ресурса, которая позволяет проводить электронное обучение и мобильное обучение с помощью привычных для обучающихся информационных технологий.

Проведенный обзор исследования электронных образовательных ресурсов и дистанционных курсов показывает актуальность создания курсов по физико-технологической тематике с использованием различных методов дистанционной поддержки изучения курсов.

Разработка структуры дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе управления обучением MOODLE

Опишем процесс создания дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Здесь представим результаты разработки курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в виде дистанционного курса, созданного в системе управления обучением MOODLE. Курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” предназначен для студентов университетов, обучающихся по физико-математическим направлениям подготовки или педагогическим направлениям подготовки с профилем по физике.

Если использовать теоретические модели оптических процессов в ультратонких плёнках, плёночных наносистемах из нанокompозитных материалов и результаты численных расчётов в дистанционном курсе по оптике наносистем, то можно создать дистанционный курс, опирающийся на современные представления об оптических свойствах ультратонких нанокompозитных плёнок. Дистанционный курс по оптике наносистем будет содержать новые сведения из оптики ультратонких нанокompозитных плёнок, плёночных и слоистых наноструктур, а также описание оригинальных результатов по описанию квантовомеханических и квантово-оптических свойств ультратонких нанокompозитных плёнок, находящихся во внешнем поле оптического излучения.

Основной подход к изучению квантовой механики наносистем с использованием информационных технологий заключается в увеличении визуально воспринимаемой студентом информации посредством использования электронного образовательного ресурса в процессе изучения квантовой механики наносистем в университете.

Под проектированием дистанционного курса по квантовой механике и оптике наносистем понимают процесс разработки дистанционного курса, в котором активно используются автоматизированные методы контроля в ходе продвижения при изучении курса по квантовой механике и оптике наносистем. Структура дистанционного курса по квантовой механике и оптике наносистем включает в себя специальным образом сформированные модули, содержащие тематические связанные материалы и элементы контроля в виде тестов, физических задач и заданий по квантовой механике и оптике наносистем. На первом этапе создания электронного образовательного ресурса производится определение целей и задач, которые необходимо реализовать в процессе проектирования дистанционного курса. На втором этапе создания дистанционного курса производится разработка структуры электронного ресурса в строгом соответствии с выбранной тематикой и объёмом курса по квантовой механике и оптике наносистем. На третьем этапе создания дистанционного курса производится разработка содержания блоков электронного образовательного ресурса по модулям и темам. На четвёртом этапе создания дистанционного курса производится визуализация полученной структу-

ры в наглядном виде для планомерного контроля наполнения различных модулей и тем курса по квантовой механике и оптике наносистем. На пятом этапе создания дистанционного курса производится поиск платформы для разработки дистанционного курса и его создание. Дизайн дистанционного курса выполнен средствами системы управления обучением MOODLE. На шестом этапе создания дистанционного курса производится разработка методических рекомендаций для пользователя дистанционного курса. На седьмом этапе создания дистанционного курса производится наполнение тематических модулей элементами, отладка теоретических элементов и элементов контроля. На восьмом этапе создания дистанционного курса производится разработка банка тестовых вопросов и заданий по курсу по квантовой механике и оптике наносистем, компоновка тестов по темам и модулям. На девятом этапе создания дистанционного курса производится апробация электронного образовательного ресурса в учебном процессе. На десятом этапе создания дистанционного курса по квантовой механике и оптике наносистем производится корректирование содержания и выявление недостатков дистанционного курса по квантовой механике и оптике наносистем.

Дистанционный курс по квантовой механике и оптике наносистем представляет собой совокупность гипертекстовых страниц, в которых заключены теоретические материалы по темам курса, справочные таблицы, рисунки, информационные и справочные материалы по квантовой механике и квантовой оптике наносистем, тесты и элементы навигации средствами системы управления обучением MOODLE. Для более глубокого изучения тем можно воспользоваться источниками, приведёнными в списке рекомендуемой литературы, и гиперссылками на внутренние и внешние источники информации в глобальной сети Интернет. По основным терминам и определениям дистанционный курс по квантовой механике и оптике наносистем содержит гиперссылки на статьи глоссария. Весь теоретический материал по квантовой механике и оптике наносистем можно разделить на темы, а каждая из тем, в свою очередь, делится на модули. В свою очередь модули могут подразделяться на подтемы.

В дистанционном курсе по квантовой механике и оптике наносистем приведены примеры решения задач, задачи с ответами для самостоятельного решения и задачи без ответов для проведения проверочных и контрольных работ. Каждая изучаемая тема в дистанционном курсе по квантовой механике и оптике наносистем включает элементы, содержащие следующие учебные элементы: необходимый теоретический материал, дидактические материалы к занятиям, ряд заданий для самостоятельной работы, гиперссылки на рекомендуемые учебные издания и учебники по физике, гиперссылки на внешние электронные источники информации. Каждая изучаемая тема в электронном образовательном ресурсе по квантовой механике и оптике наносистем включает элементы, содержащие следующие контролирующие элементы: тестовые задания для организации промежуточного и итогового контроля по квантовой механике и оптике наносистем.

Дистанционный курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” посвящён изучению квантовых свойств наносистем и наноструктур с помощью возможностей системы для математических вычислений с помощью языка программирования Python. Проведено описание основных функциональных возможностей дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Обсуждаются возможности модульной структуры дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”.

Разработанный дистанционный курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” посвящён изучению фундаментальных идей квантовой механики и оптики наносистем и наноструктур с помощью возможностей системы для математических вы-

числений с помощью языка программирования Python. В работе рассматриваются методические особенности процесса разработки дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе управления обучением MOODLE, который может быть использован в вузовском курсе теоретической физики.

Основные задачи изучения курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” состоят в развитии у студента логики мышления, интуиции и творческих способностей; овладении системой знаний и умений по квантовой механике и оптике наносистем, наноструктур, сред из наноматериалов. Закрывая и открывая модули можно поддерживать темп продвижения по курсу “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” средствами системы MOODLE. Правильная подборка физических задач и заданий в каждом тематическом модуле курса поможет закрепить изученный материал и подготовить студента с помощью курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”.

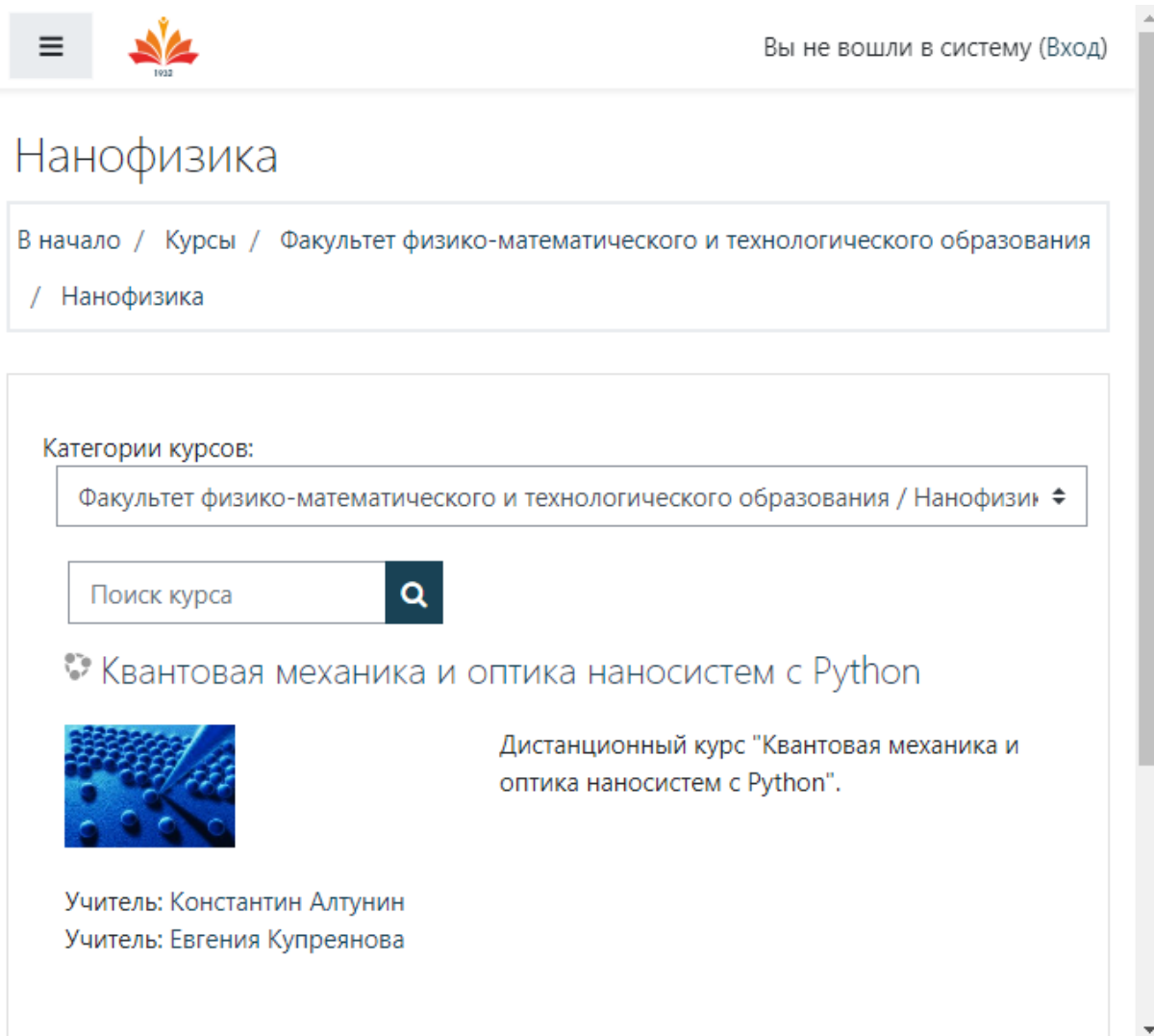
Можно подчеркнуть, что специфика курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” осуществляется с помощью компьютера с выходом в Интернет. Возможно применение синхронной и асинхронной методик дистанционного обучения в рамках курса дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”. Существуют особые формы занятий, применяемых в дистанционном обучении. К ним можно отнести чат-занятия и веб-занятия, то есть занятия с использованием современных коммуникационных технологий. Эти типы дистанционных занятий подразумевают текстовое, голосовое или видео-общение при изучении дистанционного курса. Примером занятия такого типа может послужить проведение видеоконференции для обсуждения заданий дистанционного курса дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”. Эта форма наиболее приближена к очному обучению, где учитель физики в режиме реального времени передаёт информацию ученикам, задаёт и отвечает на вопросы по заданиям дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”. Для осуществления данного вида уроков существует множество программ таких, как Zoom, Skype для осуществления видеосвязи, интерактивные доски для совместных записей в ходе обсуждения решения задач по физике. Современные платформы позволяют записывать уроки, чтобы можно было в удобное время пересмотреть, повторить материал, что является несомненным плюсом, по сравнению с традиционным методом аудиторного обучения. Когда невозможно провести онлайн-занятия, используется методика асинхронного дистанционного обучения. При применении данной методики больше ответственности за прохождение обучения возлагается на самостоятельность учащегося. На первый план выдвигается самообучение, индивидуальный темп обучения, а также регулирования темпа ученика. Ещё одним положительным моментом дистанционной формы обучения физике является то, что ученики могут выполнять задания в удобное для них время с необходимыми перерывами. Преподаватель может своевременно отслеживать продвижение студентов в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 1 приведено изображение входной страницы дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 2 приведено изображение первой части модульной структуры дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 3 приведено изображение второй части модульной структуры дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 4 приведено изображение части элементов темы “Принципы квантовой механики наносистем” в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика нано-



The screenshot shows the Moodle course page for "Квантовая механика и оптика наносистем с Python". At the top, there is a navigation menu icon, a logo, and a login link "Вы не вошли в систему (Вход)". The main heading is "Нанофизика". Below it is a breadcrumb trail: "В начало / Курсы / Факультет физико-математического и технологического образования / Нанофизика". A category dropdown menu is set to "Факультет физико-математического и технологического образования / Нанофизика". There is a search bar labeled "Поиск курса" with a magnifying glass icon. The course title "Квантовая механика и оптика наносистем с Python" is displayed with a blue icon. Below the title is a description: "Дистанционный курс 'Квантовая механика и оптика наносистем с Python'." The teachers listed are "Учитель: Константин Алтунин" and "Учитель: Евгения Купреянова".

Рис. 1. Входная страница дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

систем с Python”, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 5 приведено изображение части лекции по фундаментальным основам нанотехнологии в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE. В результате выполнения самостоятельной части работы создан дистанционный курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” на платформе MOODLE. Разработанный дистанционный курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” позволяет реализовать непрерывное информационное сопровождение изучения квантовой механики и оптики наносистем.

Разработка элементов контроля знаний в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе управления обучением MOODLE

На первом этапе создания банка заданий и вопросов производится определение целей и задач, для которых будет использоваться банка заданий и вопросов. Банк вопросов, предназначенный для стандартного тестового контроля, и банк вопросов, предназначенный для тестового контроля заданий разного уровня и тематического содержания,

The screenshot shows the Moodle course interface. At the top, there is a navigation bar with a menu icon, a logo, and user profile icons. The course title is 'Квантовая механика и оптика наносистем с Python'. Below the title, there is a breadcrumb trail: 'Личный кабинет / Мои курсы / Квантовая механика и оптика наносистем с Python'. A 'Режим редактирования' (Edit mode) button is visible. The main content area displays a list of course modules:

- Принципы квантовой механики наносистем
Форум: 1 Страницы: 2 Лекции: 9 Тесты: 3 Файлы: 16 Задания: 5 Гиперссылки: 8 Пояснение: 1
- Приближённые методы квантовой механики наносистем
- Квантовая динамика наночастиц в наносистемах
- Теория симметрии наносистем

Рис. 2. Первая часть модульной структуры дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

будут существенно различаться. На втором этапе создания банка заданий и вопросов производится разработка тематической структуры банка заданий и вопросов в соответствии с выбранными целями и задачами. На третьем этапе создания банка заданий и вопросов производится разработка содержания тестовых заданий и вопросов в составе банка вопросов и заданий. На четвертом этапе создания банка заданий и вопросов производится наполнение банка вопросов и заданий различными типами вопросов и заданий. На пятом этапе создания банка заданий и вопросов производится создание тестов в составе моделей и тем курса по квантовой механике и оптике наносистем. На шестом этапе создания банка заданий и вопросов производится отладка тестов в составе дистанционного курса по квантовой механике и оптике наносистем. На седьмом этапе создания банка заданий и вопросов производится разработка методических рекомендаций по использованию тестов в составе моделей и тем курса по квантовой механике и оптике наносистем. На восьмом этапе создания банка заданий и вопросов производится апробация банка тестовых вопросов и заданий в учебном процессе. На девятом этапе создания банка заданий и вопросов производится корректирование содержания и выявление недостатков банка тестовых вопросов и заданий в составе дистанционного курса по квантовой механике и оптике наносистем с элементами программирования на языке Python.

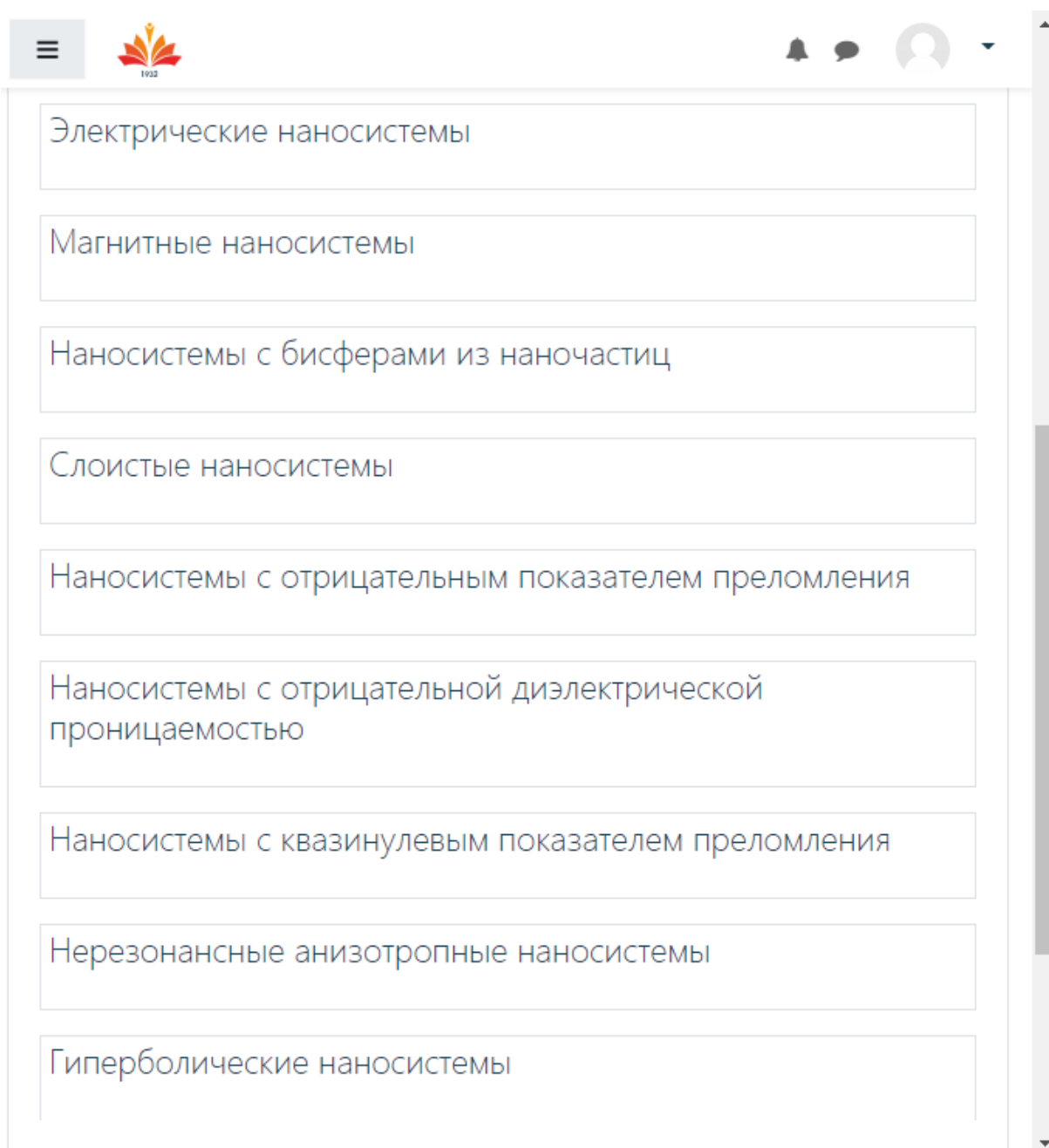


Рис. 3. Вторая часть модульной структуры дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 6 приведено изображение страницы с заданием в виде работы по теме “Области применения нанотехнологий” в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

Использование дистанционных курсов решает проблему систематизации теоретического материала, задач и заданий, а также обеспечивает планомерную выдачу заданий, последовательный контроль и даёт рациональный подход в преподавании курса по квантовой механике и оптике наносистем. Применение дистанционных курсов по квантовой механике и оптике наносистем обеспечивает обучение студентов университета в удобном темпе и выбранном уровне материала. Дистанционные курсы позволяют успешно решать задачи построения индивидуальных образовательных траекторий для

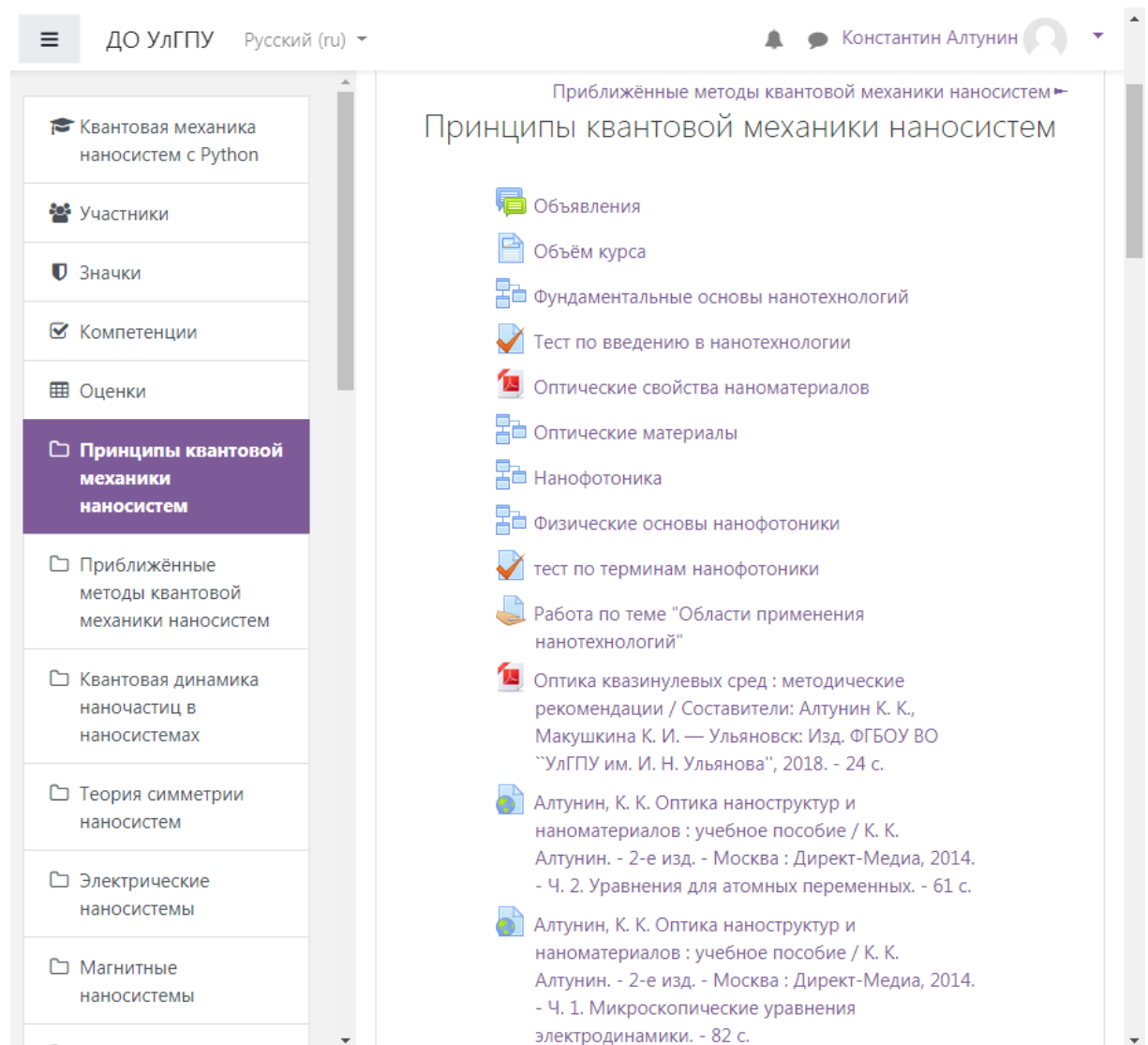


Рис. 4. Часть элементов темы “Принципы квантовой механики наносистем” в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

студентов университета, изучающий данный курс.

На рис. 7 приведено изображение части учебно-методического пособия в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 8 приведено изображение части учебно-методического пособия с контрольными вопросами и задачами в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 9 приведено изображение части учебного пособия по оптике наноструктур из электронной библиотечной системы в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 10 приведено изображение части учебного пособия по оптике наноструктур из электронной библиотечной системы в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

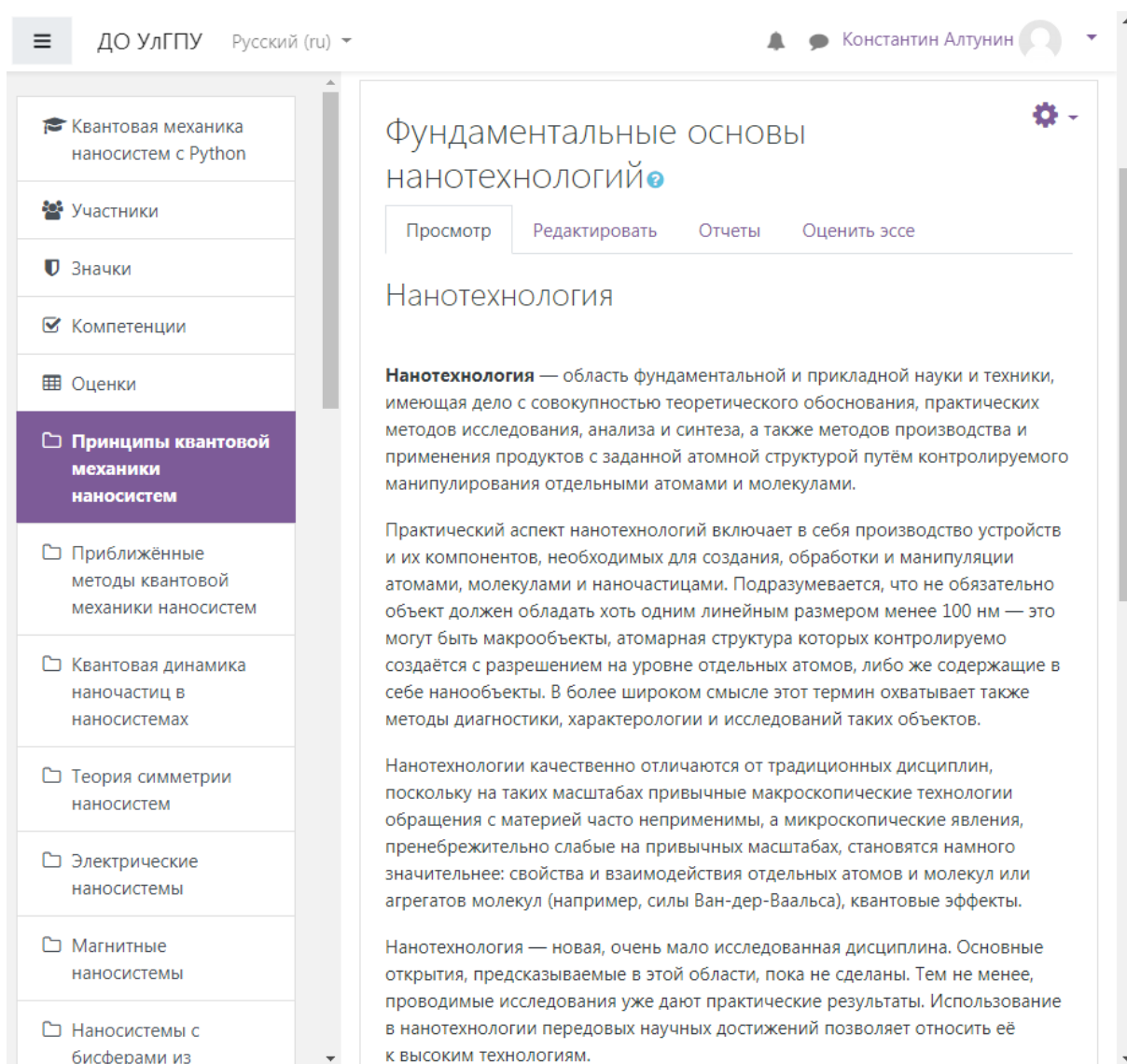


Рис. 5. Часть лекции по фундаментальным основам нанотехнологии в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 11 приведено изображение страницы задания с контрольным вопросом 1 в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданного в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 12 приведено изображение страницы элемента дистанционного курса в виде задания с задачей 1.1 по квантово-механическим свойствам систем в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

Итак, разработан дистанционный курс по квантовой механике и оптике наносистем с использованием языка программирования Python в системе управления обучением MOODLE с элементами для контроля знаний по квантовой механике и оптике наносистем с использованием языка программирования Python. В настоящей работе проведено всестороннее исследование дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе управления обучением MOODLE. В работе описан результат разработки дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, который готов к началу использования в учебном процессе в университете, позволяет автоматизировать проверку знаний по квантовой механике и оптике нано-

ДО УлГПУ Русский (ru)

Константин Алтунин

Работа по теме "Области применения нанотехнологий"

Перечислить основные области применения нанотехнологий и дать краткую характеристику развития нанотехнологии в каждой области.

Изолированные группы: Все участники

Резюме оценивания

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	вторник, 17 апреля 2018, 01:00
Оставшееся время	Задание сдано

Просмотр всех ответов Оценка

Рис. 6. Задание в виде работы по теме “Области применения нанотехнологий” в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

систем, наноструктур, наноматериалов. Дистанционный курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданный в системе управления обучением MOODLE, способствует систематизации хранения учебного материала по квантовой механике и оптика наносистем, наноструктур, нанообъектов. При изучении курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” система дистанционного обучения MOODLE привносит то, что кроме основного курса по изучаемой дисциплине, используется материал для подготовки в домашних условиях, который позволяет расширить учебное содержание, а также провести дифференциацию учебного материала в соответствии с индивидуальными потребностями и запросами студентов, изучающих курс. Система управления обучением MOODLE позволяет открывать и закрывать тематические модели в соответствии со временем изучения, что позволяет поддерживать необходимый темп продвижения по курсу “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”. В качестве подтверждения гипотезы исследования спроектирован дистанционный курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, основанный на комбинации теоретических методов и численных методов в процессе изучения квантовой механики и оптики наносистем, позволяющий повысить познавательный интерес студентов к квантовой механике и оптике наносистем по традиционной, смешанной и дистанционной формам обучения с применением компьютеров. Дистанционный курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, созданный в системе управления обучением MOODLE, способен стать эффективным помощником, автоматизирующим наиболее трудоёмкие элементы труда преподавателя в процессе преподавания квантовой механики и оптики

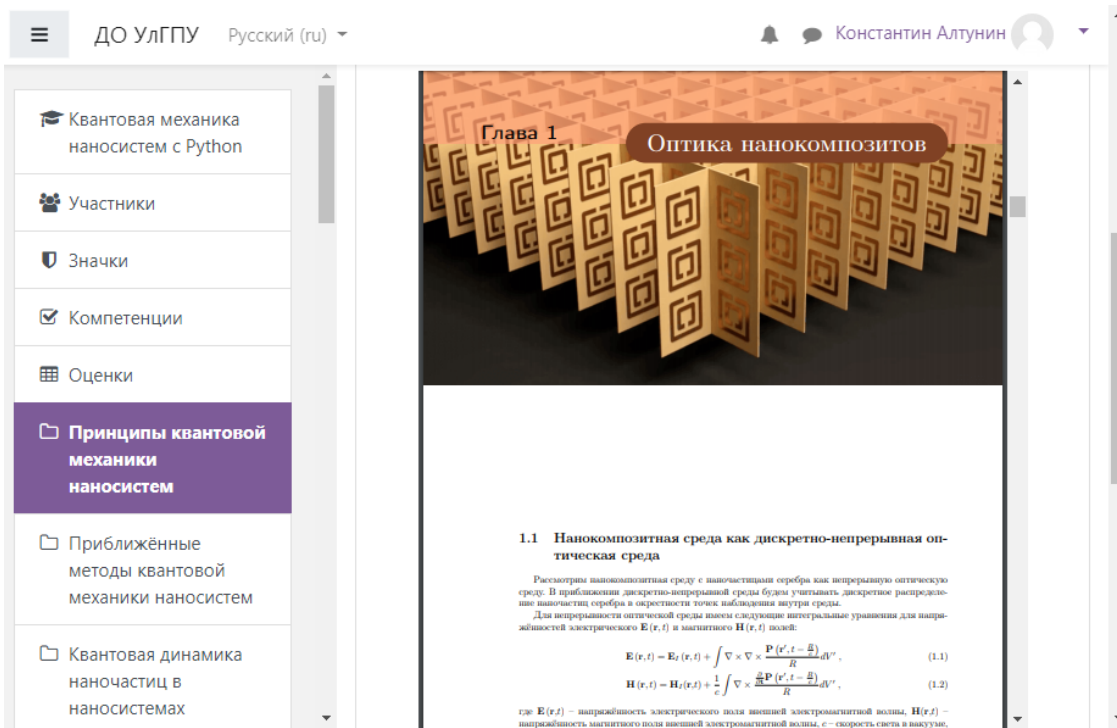


Рис. 7. Часть учебно-методического пособия в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

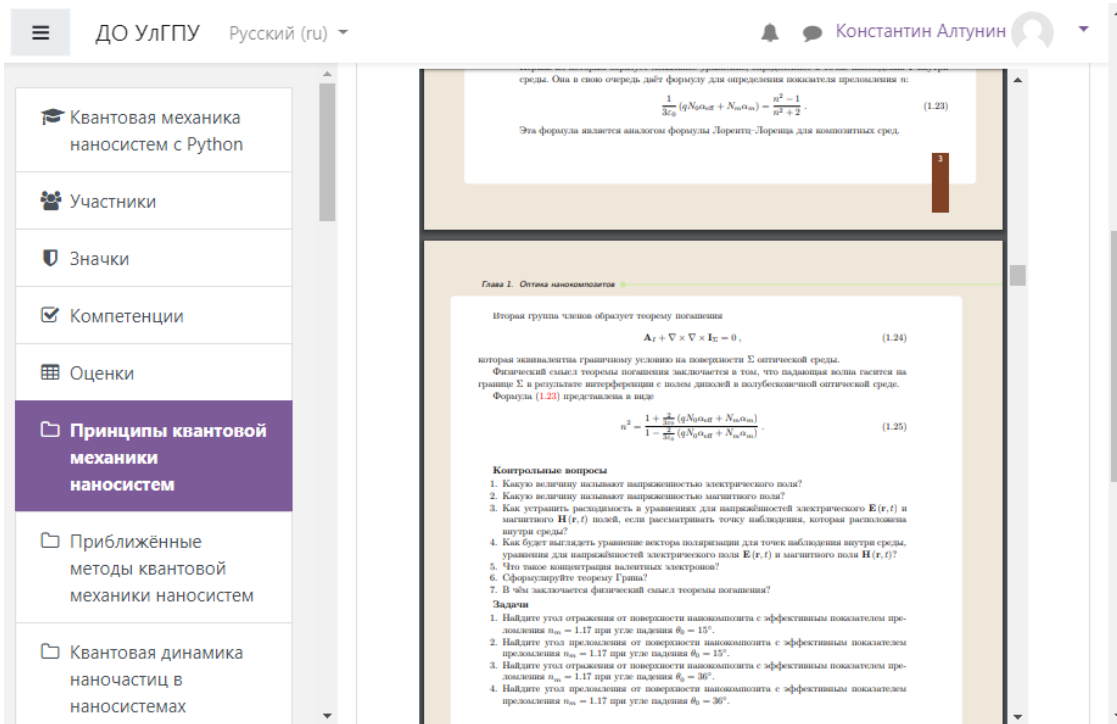


Рис. 8. Часть учебно-методического пособия с контрольными вопросами и задачами в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

наносистем. Созданный дистанционный курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” позволит планировать, организовывать и проводить изучение теоретического материала курса по квантовой механике и оптике наносистем в дистанционной или

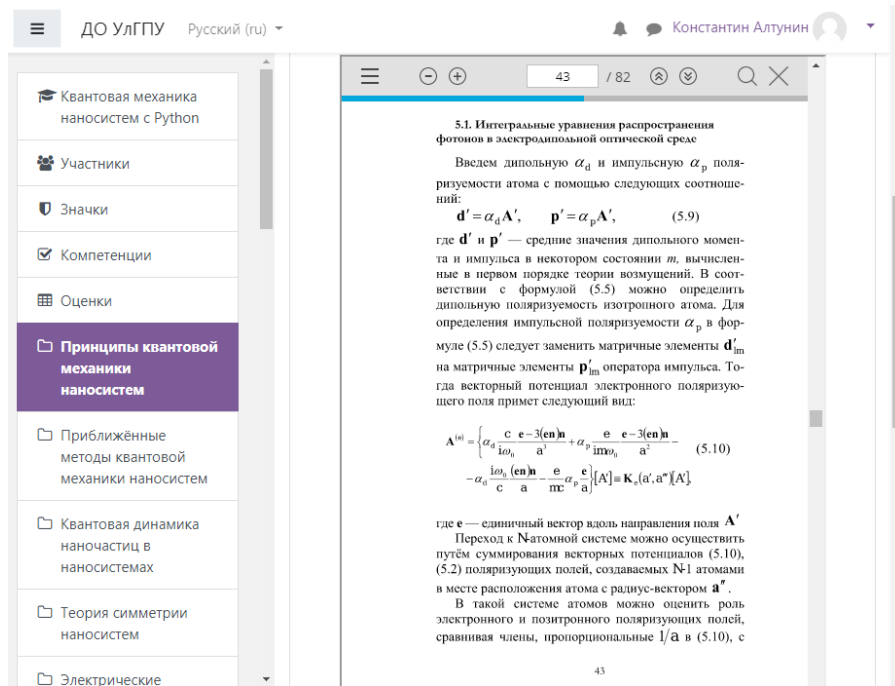


Рис. 9. Часть учебного пособия по оптике наноструктур из электронной библиотечной системы в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

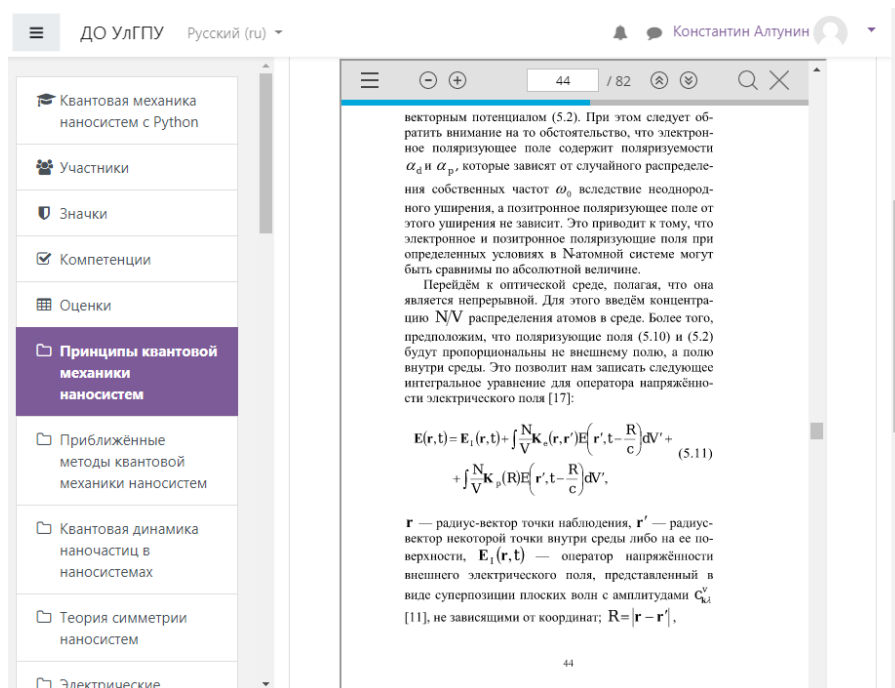


Рис. 10. Другая часть учебного пособия по оптике наноструктур из электронной библиотечной системы в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

смешанной форме обучения. Использование дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” способствует интенсификации учебного процесса и более осмысленному изучению материала, приобретению навыков самоорганизации и превращению систематических знаний в системные, помогает развитию познавательной деятельности обучающихся и интереса к предмету. Созданный дистанционный курс

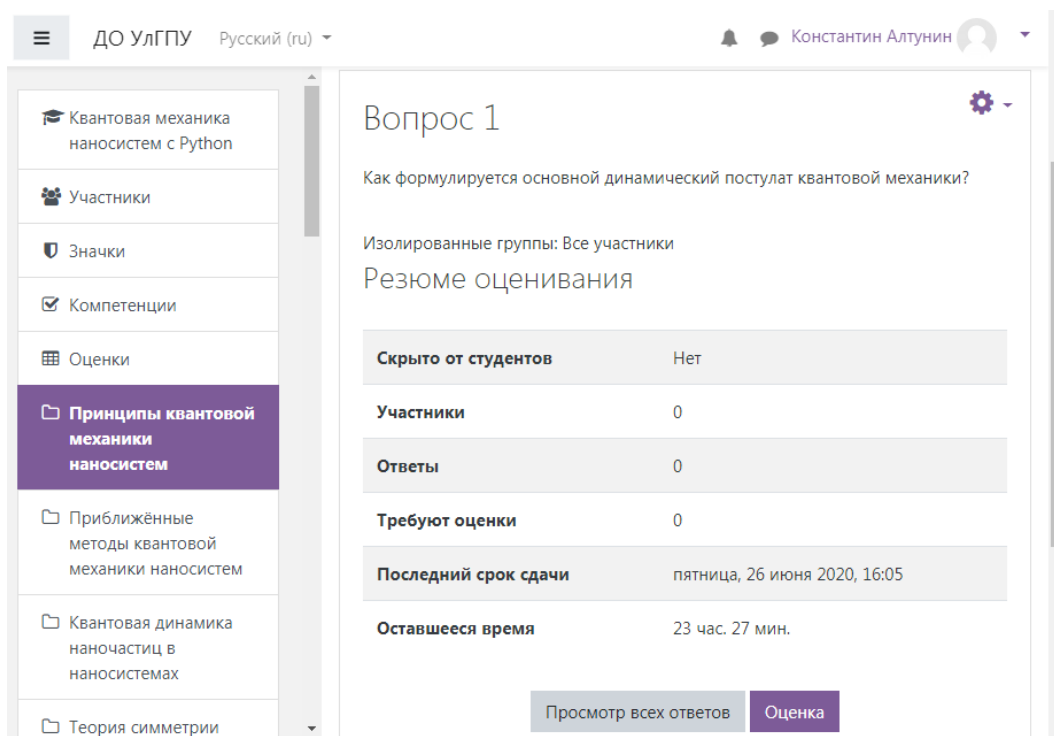


Рис. 11. Вопрос 1 в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

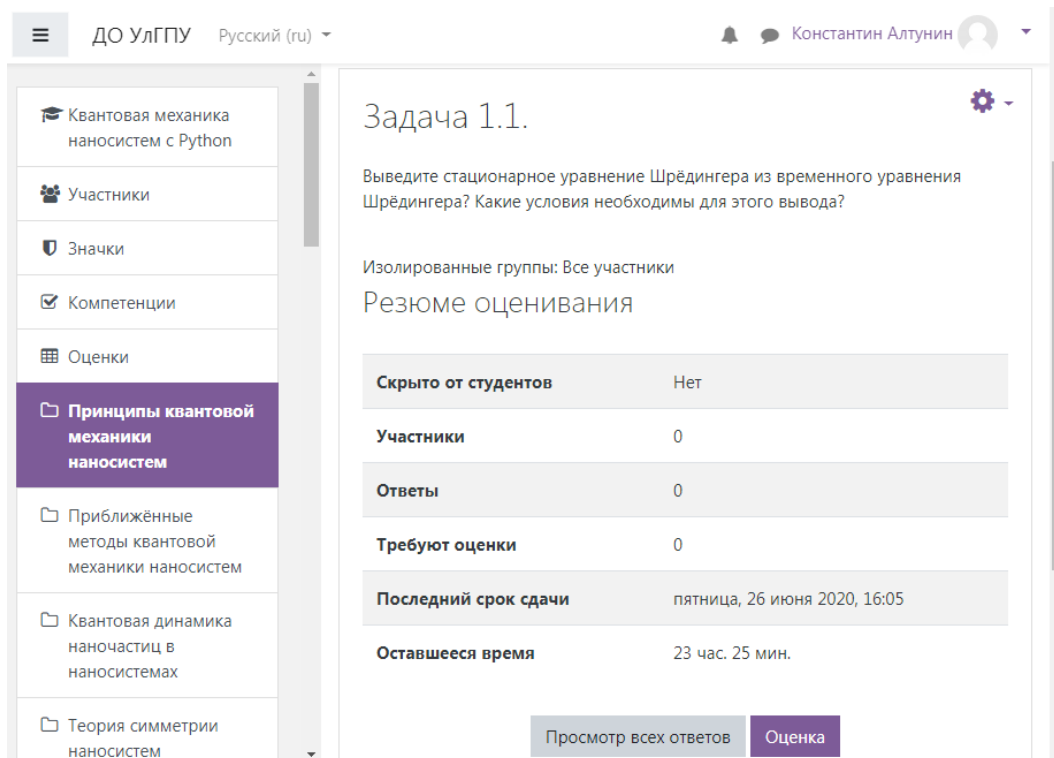


Рис. 12. Задача 1.1 в составе дистанционного курса “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

позволяет планировать, организовывать и проводить обучение по квантовой механике и оптике наносистем. Созданный дистанционный курс по квантовой механике и оптике наносистем с элементами программирования на языке Python может обеспечить информационную поддержку процесса построения индивидуальных образовательных

траекторий для студентов университета.

Заключение

Проведённый анализ научной литературы по оптике ультратонких нанокomпозитных покрытий показал актуальность исследования ультратонких нанокomпозитных плёнок и необходимость разработки дистанционного курса для размещения оригинального теоретического материала по квантовой механике и оптике наносистем в составе дистанционного курса в системе управления обучением MOODLE.

Разработан оригинальный дистанционный курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, который готов к началу использования в учебном процессе педагогического университета.

Разработанный дистанционный курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” в системе управления обучением MOODLE содержит новые теоретические сведения по оптическим свойствам ультратонких нанокomпозитных плёнок и плёночных наносистем. Разработанный дистанционный курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” может быть использован в образовательном процессе по теоретической физике в университетах.

Гипотеза исследования, заключающаяся в том, что если использовать курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python”, основанный на комбинации теоретических методов и численных методов в процессе изучения квантовой механики и оптики наносистем, то можно повысить познавательный интерес студентов к квантовой механике и оптике наносистем, подтверждена полностью.

Дистанционный курс по квантовой механике и оптике наносистем с использованием языка программирования Python в системе управления обучением MOODLE содержит новые сведения из оптики ультратонких нанокomпозитных плёнок, плёночных и слоистых наноструктур, а также описание оригинальных результатов по описанию квантомеханических и квантово-оптических свойств ультратонких нанокomпозитных плёнок, находящихся во внешнем поле оптического излучения. Разработанный дистанционный курс “Квантовая механика и оптика наносистем с Python” может занять особое место среди дистанционных курсов по физико-математической тематике, предназначенных для студентов физико-математических профилей подготовки университетов. По итогам разработки дистанционного курса по квантовой механике и оптике наносистем с использованием языка программирования Python в системе управления обучением MOODLE можно сделать вывод о наличии элементов для эффективного контроля знаний по квантовой механике и оптике наносистем с использованием языка программирования Python в составе дистанционного курса в системе управления обучением MOODLE.

Список использованных источников

1. Алтунин К. К. Разработка электронного образовательного ресурса в университете при помощи инструментов Google Site и MOODLE // Поволжский педагогический поиск. — 2017. — № 3 (21). — С. 116–124.
2. Алтунин К. К. Разработка и внедрение электронного курса по нанооптике // В книге: Актуальные проблемы физической и функциональной электроники материалы 19-й Всероссийской молодежной научной школы-семинара. — 2016. — С. 128–129.
3. Алтунин К. К., Коннова Т. С. Исследование информационных образовательных сред и электронных учебников на примере темы “Фотозэффект” // В сборнике: Актуальные

вопросы преподавания технических дисциплин Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. — 2016. — С. 11–16.

4. Алтунин К. К., Купрянова Е. А. Исследование оптических свойств ультратонких металл-диэлектрических нанокompозитных плёнок, находящихся во внешнем поле оптического излучения // В книге: Актуальные проблемы физической и функциональной электроники. Материалы 22-й Всероссийской молодежной научной школы-семинара. — Ульяновск : УлГТУ, 2019. — С. 257–258.
5. Алтунин К. К., Купрянова Е. А. Исследование оптических свойств наноматериала для наноплазмонных излучателей // В сборнике: Актуальные проблемы физической и функциональной электроники. Материалы 21-й Всероссийской молодежной научной школы-семинара, 4-6 декабря 2018 г., г. Ульяновск. — Ульяновск : УлГТУ, 2018. — С. 292–293.
6. Алтунин К. К., Купрянова 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>.

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

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

E-mail: kupreyanova.zhenechka@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-9848-1273

Web of Science ResearcherID  AAZ-8152-2020

Development of a distance course on quantum mechanics and optics of nanosystems in the learning management system MOODLE

K. K. Altunin , E. A. Kupreyanova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted January 18, 2021

Resubmitted January 25, 2021

Published March 5, 2021

Abstract. The result of the development of a distance course on quantum mechanics and optics of nanosystems, devoted to the study of the physical foundations of quantum mechanics of nanosystems and quantum optics of nanosystems, is considered. The distance course on quantum mechanics and optics of nanosystems was created in the learning management system MOODLE on the educational portal of the Pedagogical University. The results of the development of the modular structure of the course, theoretical elements and elements of knowledge control in quantum mechanics and optics of nanosystems are described.

Keywords: quantum mechanics, quantum optics, optics of nanosystems, distance course, learning management system

PACS: 01.40.d


References

1. Altunin K. K. Development of an electronic educational resource at the university using the Google Site and MOODLE tools // Volga region pedagogical search. — 2017. — no. 3 (21). — P. 116–124.
2. Altunin K. K. Development and implementation of an electronic course on nano-optics // In the proceedings: Actual problems of physical and functional electronics materials of the 19th All-Russian youth scientific school-seminar. — 2016. — P. 128–129.
3. Altunin K. K., Konnova T. S. Research of information educational environments and electronic textbooks for example on the topic “Photoeffect” // In the proceedings: Topical issues of teaching technical disciplines Materials of the All-Russian correspondence scientific and practical conference. — 2016. — P. 11–16.
4. Altunin K. K., Kupreyanova E. A. Investigation of the optical properties of ultrathin metal-dielectric nanocomposite films in an external field of optical radiation // In the proceedings: Actual problems of physical and functional electronics. Materials of the 22nd All-Russian Youth Scientific School-Seminar. — Ulyanovsk : UlSTU, 2019. — P. 257–258.
5. Altunin K. K., Kupreyanova E. A. Investigation of the optical properties of nanomaterials for nanoplasmonic emitters // In the proceedings: Actual problems of physical and functional electronics. Materials of the 21st All-Russian youth scientific school-seminar, December 4–6, 2018, Ulyanovsk. — Ulyanovsk : UlSTU, 2018. — P. 292–293.
6. Altunin K. K., Kupreyanova E. A., Shtrom E. S. Development of a distance course on optics in the MOODLE learning management system // Science online. — 2020. — no. 3 (12). — P. 107–133. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2020/12/naukaonline12-2.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 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

Evgeniya Aleksandrovna Kupreyanova — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: kupreyanova.zhenechka@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-9848-1273

Web of Science ResearcherID  AAZ-8152-2020

УДК 53.02
ББК 22.3
ГРНТИ 29.01.45
ВАК 01.04.01

Разработка элементов онлайн-курса по физике для восьмых классов общеобразовательной школы

А. А. Карташова  ¹

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

Поступила в редакцию 12 февраля 2021 года

После переработки 26 февраля 2021 года

Опубликована 5 марта 2021 года

Аннотация. Рассмотрен процесс создания онлайн-курса по физике для восьмых классов общеобразовательной школы при помощи инструментария Google Classroom. Приведено описание некоторых элементов онлайн-курса по физике в рамках темы по электрическим явлениям и постоянному электрическому току для восьмых классов общеобразовательной школы. Элементы онлайн-курса по физике в рамках тем по электрическим явлениям и постоянному электрическому току включают материалы с теоретическими сведениями по разделам физики восьмого класса общеобразовательной школы и материалы для контроля знаний в виде задач, контрольных вопросов и контрольных работ. Для элементов контроля знаний в виде задач, контрольных вопросов и контрольных работ можно устанавливать сроки сдачи работ в соответствии с тематическим планированием курса физики для восьмого класса общеобразовательной школы. С помощью онлайн-курса по физике в восьмых классах общеобразовательной школы можно реализовать процесс обеспечения непрерывной информационной поддержки изучения физики в восьмых классах общеобразовательной школы.

Ключевые слова: физика, электрические явления, электрический ток, дистанционный курс, онлайн-курс, смешанная технология обучения, общеобразовательная школа

Введение

В настоящее время широкое применение получили различные информационные и компьютерные системы дистанционного обучения, которые применяются в современном образовательном процессе при использовании технологии смешанного обучения физике. Наличие даже некоторых элементов смешанного обучения позволяет легче контролировать процесс изучения физики и автоматизировать некоторые этапы проверки выполнения заданий по физике.

В настоящей работе рассматриваются теоретические и методические проблемы разработки онлайн-курса по физике в восьмых классах общеобразовательной школы.

Актуальность разработки онлайн-курса по физике в девятом классе общеобразовательной школы заключается в необходимости обеспечения непрерывной информационной поддержки изучения физики в восьмых классах общеобразовательной школы.

¹E-mail: alesya_alekseevna@inbox.ru

Цель исследования заключается в теоретическом обосновании, разработке, совершенствовании и реализации онлайн-курса по физике для восьмых классов общеобразовательной школы.

Задачи исследования:

1. написать обзор литературы по онлайн-курсам и электронным образовательным ресурсам по физике,
2. разработать структуру и элементы онлайн-курса по физике для восьмых классов в общеобразовательной школе для использования при обучении по смешанной технологии обучения физике.

Объектом исследования является процесс разработки онлайн-курса по физике для восьмых классов в общеобразовательной школе.

Предметом исследования являются теоретические и контролирующие материалы онлайн-курса по физике для восьмых классов в общеобразовательной школе.

Гипотеза исследования представляет собой предположение о том, что если разработать онлайн-курс по физике для восьмых классов в общеобразовательной школе, основанный на дидактически обработанной связи элементов курса, позволяющей организовать процесс творческого применения учащимися знаний по физике, то можно реализовать сбалансированную систему подготовки с использованием технологии смешанного обучения физике в восьмых классах в общеобразовательной школы.

Практическая значимость разработки онлайн-курса по физике в восьмых классах общеобразовательной школы заключается в возможности непрерывно функционирующей системы информационной поддержки изучения и контроля знаний по курсу физики в восьмых классах общеобразовательной школы.

В качестве **методов научного исследования** используются анализ научной и психолого-педагогической литературы по теме исследования, синтез теоретических и контролирующих материалов по физике для девятых классов общеобразовательной школы, описание результатов разработки структуры и элементов онлайн-курса по физике для восьмых классов в общеобразовательной школе.

Методологическую основу исследования составили исследовательский, проектирующий, аналоговый, аддитивный, системный, ситуационный, информационный подходы, на основе которых были проведены анализ предмета данного исследования и синтез подготовки по физике с использованием онлайн-курса в общеобразовательной школе.

Научная новизна исследования:

1. Обоснована необходимость создания онлайн-курса по физике для восьмых классов в общеобразовательной школе, позволяющий оптимально сочетать учебно-деятельностные, компетентностные и знаниевые компоненты изучения физики.
2. На методологическом и организационно-процессуальном уровнях предложено новое решение проблемы повышения эффективности системы подготовки по физике в общеобразовательной школе и эффективного обучения физике.
3. Разработан онлайн-курс по физике для восьмых классов в общеобразовательной школе, базирующийся на системно-деятельностном подходе изучения физики. Основные элементы онлайн-курса по физике для восьмых классов в общеобразовательной школе направлены на создание и реализацию условий, способствующих формированию у обучаемых творческого подхода к изучению физики, качественного освоения теоретической информации по физике, её критического анализа, поиска нестандартных подходов к решению сложных физических задач.

Проводилась качественная апробация избранных элементов онлайн-курса по физике для восьмых классов в МБОУ СШ № 48 имени Героя России Д. С. Кожемякина, находящейся по адресу город Ульяновск, улица Амурская, 10.

Обзор научных работ по электронным образовательным ресурсам по физике

В [1] рассмотрены возможности организации самостоятельной работы студентов с использованием модульной объектно-ориентированной динамической учебной среды MOODLE как в рамках отдельных дисциплин, так и в междисциплинарном аспекте. В [1] предложен информационно-проектный метод обучения, реализуемый в модульной объектно-ориентированной динамической учебной среде MOODLE, позволяющий обеспечить междисциплинарное взаимодействие и профессиональную направленность при организации самостоятельной работы студентов. В работе [2] обоснована актуальность проблемы овладения студентами методами самостоятельной познавательной деятельности по физике средствами современных информационных технологий, в частности, на базе модульной объектно-ориентированной динамической учебной среды MOODLE.

В статье [3] описан результат разработки электронного образовательного ресурса в университете при помощи инструментария Google Site и модульной объектно-ориентированной динамической учебной среды MOODLE, а также проведено сравнение возможностей платформы Google Site и системы управления обучением MOODLE для создания онлайн-курсов по физике.

В статье [4] проведено исследование информационных образовательных сред и электронных образовательных ресурсов по физике на примере темы по изучению явления фотоэффекта, созданных с использованием инструментов Google Sites.

В статье [5] описана разработка и внедрение электронного курса по нанооптике, предназначенного для студентов педагогического университета физико-математического профиля подготовки. Рассматриваемый в этой работе электронный курс по нанооптике имеет структуру сайта, созданного с использованием инструментов Google Sites.

В работе [6] обобщён практический опыт создания и использования в обучении физике электронных дидактических разработок с возможностью реализации дифференцированного подхода по модулю, связанного с изучением волновой оптики. Структура модуля из ядра и оболочки позволяет варьировать степень насыщения содержания информацией и уровень сложности учебного материала.

Проведённый анализ особенностей использования онлайн-курсов и электронных образовательных ресурсов по физике показал актуальность создания онлайн-курса для девятых классов общеобразовательной школы.

Результаты разработки онлайн-курса по физике

Разработан онлайн-курс по физике, предназначенный для учащихся восьмых классов общеобразовательной школы. В рамках программы по физике для восьмого класса общеобразовательной школы изучаются тепловые, электромагнитные и световые явления. В восьмом классе по физике изучаются первоначальные сведения о строении вещества в объёме 6 часов, механические свойства жидкостей, газов и твёрдых тел в объёме 12 часов, тепловые явления в объёме 12 часов, изменение агрегатных состояний вещества в объёме 6 часов, тепловые свойства газов, жидкостей и твёрдых тел в объёме 4 часа, электрические явления в объёме 6 часов, электрический ток в объёме 14 часов, электромагнитные явления в объёме 7 часов.

На рис. 1 представлено изображение главной страницы онлайн-курса по физике для восьмого класса общеобразовательной школы, созданного при помощи инструментария Google Classroom. Главная страница онлайн-курса по физике для восьмого класса общеобразовательной школы содержит название курса, названия основных тематических разделов курса по физике для восьмого класса общеобразовательной школы, код для доступа к курсу, перечень предстоящих событий, ленту курса и меню курса.

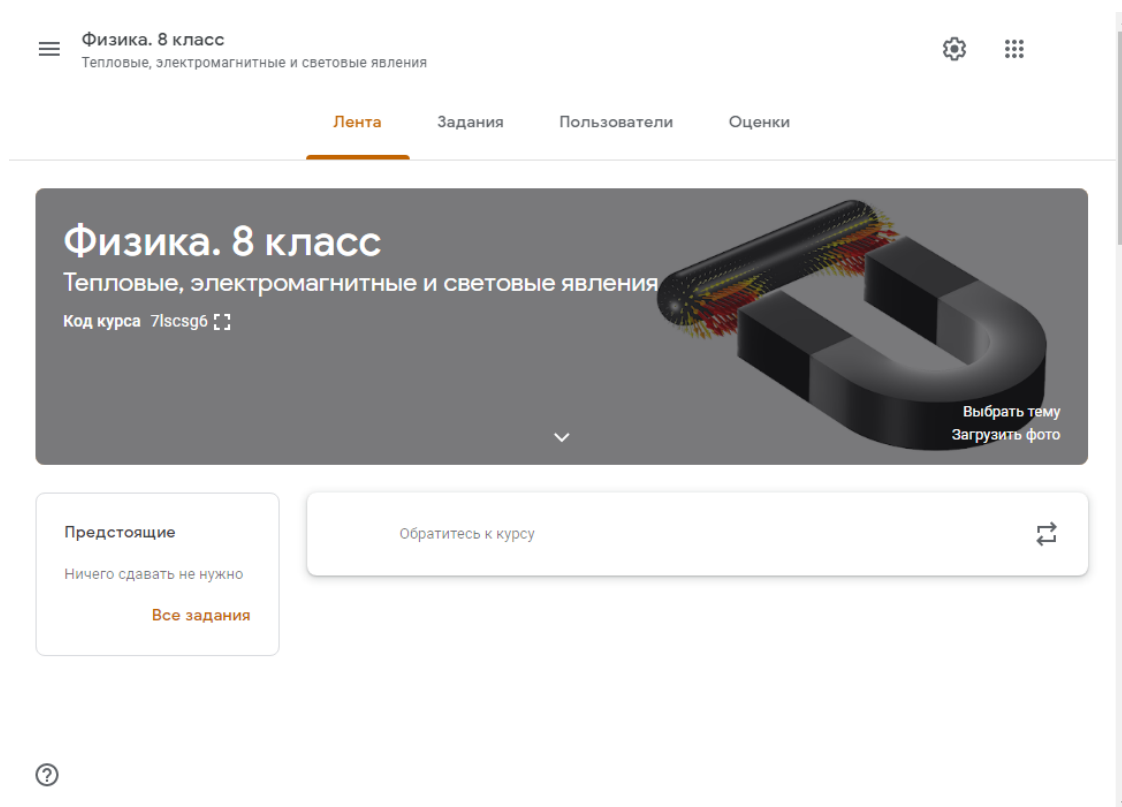


Рис. 1. Главная страница онлайн-курса по физике для восьмого класса общеобразовательной школы, созданного при помощи инструментария Google Classroom.

Школьники могут самостоятельно записываться на курс по физике для восьмого класса общеобразовательной школы, используя код для доступа к курсу. Используя меню курса можно перейти к заданиям курса по физике для восьмого класса, посмотреть список пользователей курса, посмотреть оценки пользователей курса за выполненные задания по физике.

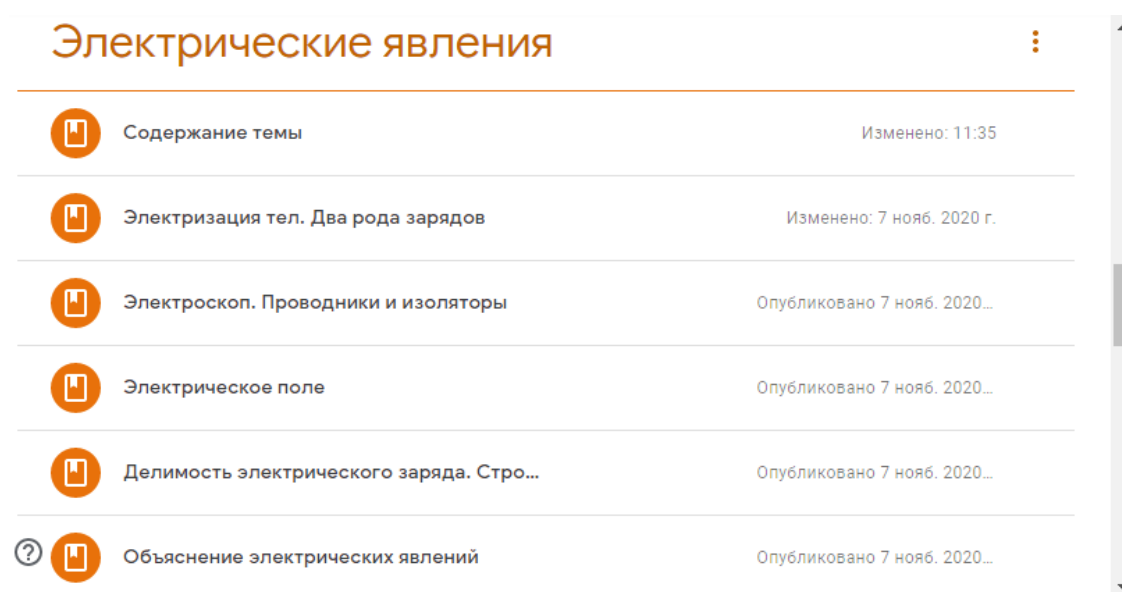


Рис. 2. Изображение части перечня материалов и заданий темы по электрическим явлениям в курсе физики для восьмого класса общеобразовательной школы, созданный при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 2 представлено изображение части перечня материалов и заданий темы по электрическим явлениям в курсе физики для восьмого класса общеобразовательной школы, которые созданы при помощи инструментария Google Classroom.

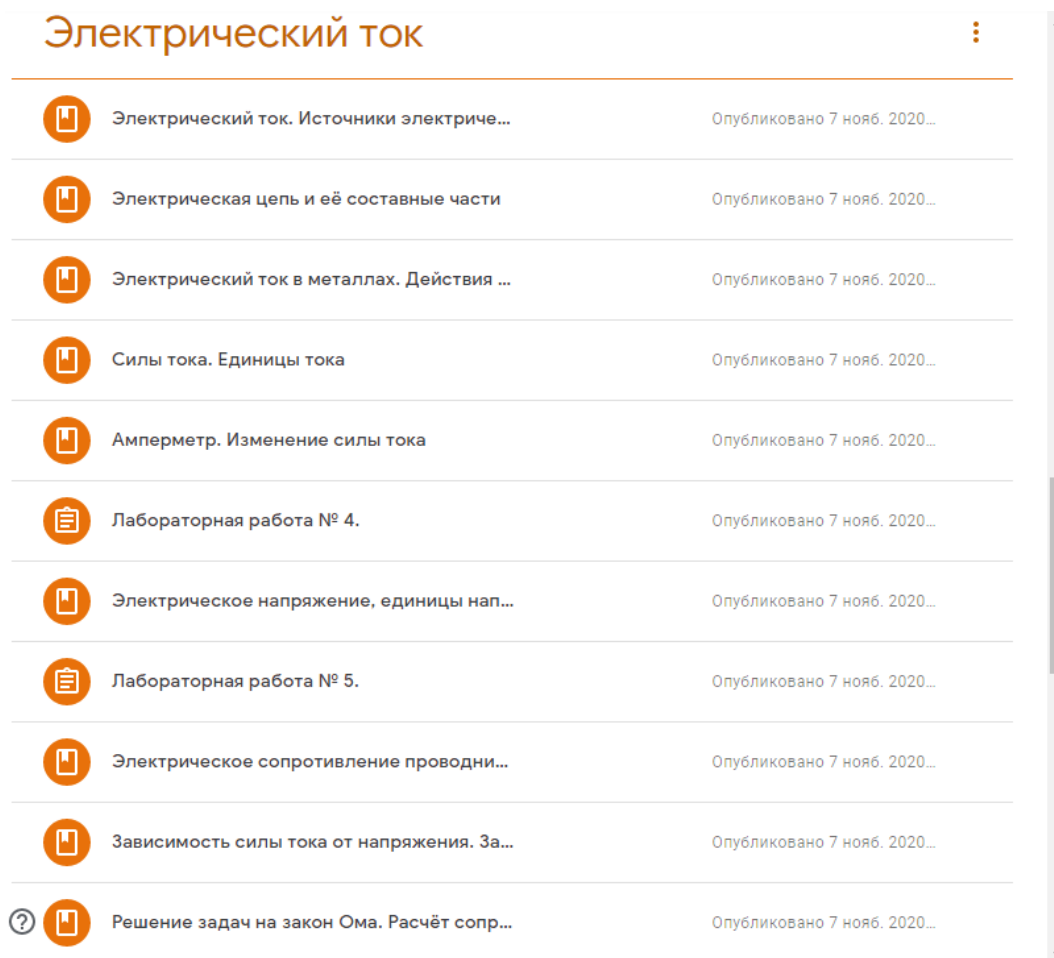


Рис. 3. Часть перечня материалов и заданий темы по электрическому току в курсе физики для восьмого класса общеобразовательной школы, созданном при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 3 представлено изображение части перечня материалов и заданий темы по электрическому току в курсе физики для восьмого класса общеобразовательной школы, созданном при помощи инструментария Google Classroom. Задания связаны с изучением электрического напряжения, электрического сопротивления проводников, закона Ома, соединения проводников. Дистанционный контроль знаний по физике в рамках тем, связанных с изучением электрических явлений и постоянному электрическому току, осуществляется при помощи заданий с задачами и лабораторными работами. Выполнение заданий допускает комментирование ответов и коллективное обсуждение ответов на некоторые задания.

Результатом разработки информационной поддержки системы изучения физики в восьмом классе общеобразовательной школы стало создание Google-класса по физике для восьмого класса общеобразовательной школы. Онлайн-курс по физике для восьмого класса, созданный на основе Google-класса, содержит теоретические материалы, ссылки на внешние образовательные ресурсы, элементы контроля знаний по физике. Разработанная информационная система поддержки системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы может эффективно применяться в рамках использования смешанных и дистанционных технологий обучения физике.

Заключение

Онлайн-курсы являются одной из самых ценных составляющих образовательной информационной среды. Именно в онлайн-курсах концентрируется содержательная составляющая учебного процесса и хранятся результаты обучения. Значение онлайн-курсов в учебном процессе существенно больше, чем у обычных бумажных пособий, поскольку новые образовательные технологии предполагают сокращение персональных контактов преподавателя и учащегося с увеличением доли самостоятельной подготовки. Поэтому материалы онлайн-курсов принимают на себя поддержку части тех компонент обучения, которые в стандартном учебном процессе обеспечиваются очным общением учителя и ученика.

В процессе работы создан онлайн-курс по физике для восьмого класса общеобразовательной школы, который является частью авторской системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы, реализованной в 2019-2021 годах в МБОУ СШ № 48 имени Героя России Д. С. Кожемякина в городе Ульяновске. Использование инструментов дистанционного обучения в технологии смешанного обучения физике позволяет активизировать визуальный канал восприятия теоретической информации по физике, разнообразить сам учебный материал, автоматизировать контроль учебной деятельности по физике.

В работе разработан онлайн-курс по физике, предназначенный для учащихся восьмых классов общеобразовательной школы. Разработанный онлайн-курс по физике может эффективно применяться в системе подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы в рамках использования смешанной технологии обучения физике. Результат разработки и частичного применения онлайн-курса по физике в 2019-2021 годах показал оптимальность комбинации использования традиционных и компьютерных методов обучения и диагностики учащихся по физике в восьмых классах общеобразовательной школы.

Гипотеза исследования, представляющая собой предположение о том, что если разработать онлайн-курс по физике для восьмых классов в общеобразовательной школе, основанный на дидактически обработанной связи элементов курса, позволяющей организовать процесс творческого применения учащимися знаний по физике, то можно реализовать сбалансированную систему подготовки с использованием технологии смешанного обучения физике в девятом классе в общеобразовательной школы, подтверждена полностью.

Использование онлайн-курса по физике способствует интенсификации учебного процесса и более осмысленному изучению теоретического материала по физике в рамках программы базового курса физики в восьмых классах общеобразовательной школы, приобретению навыков самоорганизации и превращению систематических знаний в системные, помогает развитию поисковой и познавательной деятельности учащихся и интереса к физике.

Достоверность выводов определяется апробацией основных положений исследования в практике преподавания физики в восьмых классах общеобразовательной школы.

Онлайн-курс по физике можно рассматривать, как эффективный инструмент для формирования и роста познавательного интереса у учащихся к физике. Поэтому онлайн-курс по физике может стать частью системы подготовки по физике в восьмых классах общеобразовательной школы.

Список использованных источников

1. Благодинова В. В., Винник В. К., Толстенева А. А. Модульная объектно-ориентированная учебная среда как средство организации самостоятельной работы

- студентов // Вестник Нижегородского университета имени Н. И. Лобачевского. — 2013. — № 5-2. — С. 28–32.
2. Благодинова В. В. Организация самостоятельной работы студентов по физике на базе модульной объектно-ориентированной динамической учебной среды (MOODLE) // Вестник Мининского университета. — 2013. — № 1 (1). — С. 11–11.
 3. Алтунин К. К. Разработка электронного образовательного ресурса в университете при помощи инструментов Google Site и MOODLE // Поволжский педагогический поиск. — 2017. — № 3 (21). — С. 116–124.
 4. Алтунин К. К., Коннова Т. С. Исследование информационных образовательных сред и электронных учебников на примере темы “Фотоэффект” // В сборнике: Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. — 2016. — С. 11–16.
 5. Алтунин К. К. Разработка и внедрение электронного курса по нанооптике // В книге: Актуальные проблемы физической и функциональной электроники материалы 19-й Всероссийской молодежной научной школы-семинара. — 2016. — С. 128–129.
 6. Бубликов С. В., Голубовская М. П. Электронные дидактические разработки к модулю “Волновая оптика” // Учебный эксперимент в образовании. — 2011. — № 2. — С. 16–22.

Сведения об авторах:

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

E-mail: alesya_alekseevna@inbox.ru

ORCID iD  0000-0002-0093-9013

Web of Science ResearcherID  AAZ-8166-2020

Development of elements of an online physics course for the eighth grade of a comprehensive school

A. A. Kartashova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted February 12, 2021
Resubmitted February 26, 2021
Published March 5, 2021

Abstract. The process of creating an online physics course for the eighth grades of a general education school using the Google Classroom toolkit is considered. A description of some elements of an online physics course within the framework of the topic on electrical phenomena and direct electric current for the eighth grades of a comprehensive school is given. Elements of an online physics course within the framework of topics on electrical phenomena and direct electric current include materials with theoretical information on the sections of physics of the eighth grade of a comprehensive school and materials for monitoring knowledge in the form of tasks, test questions and tests. For knowledge control elements in the form of tasks, test questions and tests, you can set deadlines for the delivery of work in accordance with the thematic planning of a physics course for the eighth grade of a comprehensive school. With the help of an online physics course in the eighth grade of a general education school, it is possible to implement the process of providing continuous information support for the study of physics in the eighth grade of a general education school.

Keywords: physics, electrical phenomena, electric current, distance course, online course, blended learning technology, comprehensive school

PACS: 01.40.E-

References


1. Blagodinova V. V., Vinnik V. K., Tolsteneva A. A. Modular object-oriented learning environment as a means of organizing students' independent work // Bulletin of Nizhny Novgorod University named after N. I. Lobachevsky. — 2013. — no. 5-2. — P. 28–32.
2. Blagodinova V. V. Organization of students' independent work in physics based on a modular object-oriented dynamic learning environment (MOODLE) // Bulletin of Minin University. — 2013. — no. 1 (1). — P. 11–11.
3. Altunin K. K. Development of an electronic educational resource at the university using the Google Site and MOODLE tools // Volga region pedagogical search. — 2017. — no. 3 (21). — P. 116–124.
4. Altunin K. K., Konnova T. S. Research of information educational environments and electronic textbooks on the example of the topic “ Photo effect ” // In the collection: Topical issues of teaching technical disciplines Materials of the All-Russian correspondence scientific and practical conference. — 2016. — P. 11–16.
5. Altunin K. K. Development and implementation of an electronic course on nano-optics // In the book: Actual problems of physical and functional electronics materials of the 19th All-Russian youth scientific school-seminar. — 2016. — P. 128–129.

6. Bublikov S. V., Golubovskaya M. P. Electronic didactic development for the module “Wave optics” // Study experiment in education. — 2011. — no. 2. — P. 16–22.

Information about authors:

Alesya Alekseevna Kartashova — 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: alesya_alekseevna@inbox.ru

ORCID iD  0000-0002-0093-9013

Web of Science ResearcherID  AAZ-8166-2020

UDC 517.16
 LBC 22.143
 SRSTI 27.17.29
 HAC 01.01.01

A primer on the spectral theory of Banach modules and a few of its applications

A. G. Baskakov⁺ , I. A. Krishtal[‡] ¹

⁺*Department of Applied Mathematics and Mechanics, Voronezh State University, 394018, Voronezh, Russia*

[‡]*Department of Mathematical Sciences, Northern Illinois University, DeKalb, IL 60115, USA*

Submitted January 18, 2021

Resubmitted February 12, 2021

Published March 5, 2021

Abstract. In this expository note we introduce basic notions of the spectral theory of Banach modules and illustrate how it is used to study different aspects of the theory of localized infinite dimensional linear equations.

Keywords: operator matrices, spectrum, Banach modules, method of similar operators, spectral decay

PACS: 02.10.Ud

Introduction and motivation

The goal of this expository note is to acquaint the readers with basic notions of the spectral theory of Banach modules and some of its important applications. The work is motivated by the study of linear equations of the form

$$Ax = y, \quad (1)$$

where x and y belong to Banach spaces \mathcal{X} and \mathcal{Y} , respectively, and A is a linear operator from \mathcal{X} to \mathcal{Y} . The operator A is typically assumed to be closed but it may or may not be bounded. By $L(\mathcal{X}, \mathcal{Y})$ we denote the Banach space of all bounded linear operators from \mathcal{X} to \mathcal{Y} . As usually, we are interested in the questions of solvability of such equations and the properties of the solutions. The goal is to analyze (i.e. “break into pieces”) the input x of the equation (1) its output y , and the operator A , and to understand how “pieces” of the operator A act on certain “pieces” of the input x to produce “relevant pieces” of the output y .

When \mathcal{X} and \mathcal{Y} are Hilbert spaces, it is natural to pick orthonormal bases $\{x_m\}_{m=1}^N$ and $\{y_m\}_{m=1}^M$ in \mathcal{X} and \mathcal{Y} , respectively, and represent the operator A in terms of its matrix $(a_{mn})_{m,n}$, where $a_{mn} = \langle Ax_n, y_m \rangle$, $m = 1, \dots, M$, $n = 1, \dots, N$. As one may recall, we have

$$Ax = \sum_{m=1}^M \langle Ax, y_m \rangle y_m = \sum_{m=1}^M \left\langle A \left(\sum_{n=1}^N \langle x, x_n \rangle x_n \right), y_m \right\rangle y_m = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \langle x, x_n \rangle a_{mn} y_m.$$

¹E-mail: ikrishtal@niu.edu

Thus, the matrix element a_{mn} describes the effect of the “input piece” $\langle x, x_n \rangle x_n$ onto the “output piece” $\langle y, y_m \rangle y_m$.

In a general Banach space, there is no orthonormal basis and one is forced to look for appropriate substitutes. In different instances, one can use Riesz or Schauder bases or various kinds of frames and resolutions of the identity. In all cases, one needs to identify an appropriate substitute for the notion of the support of a vector $x \in \mathcal{X}$ and the notion of restricting each vector to a piece of its support. The spectral theory of Banach modules provides an effective tool of doing just that in a sufficiently general setting. Therefore, we will endow the spaces \mathcal{X} and \mathcal{Y} with additional structures of Banach modules. In this lecture, we will restrict ourselves only to modules over the group algebras $L^1(\mathbb{G})$, where \mathbb{G} is a locally compact Abelian group. We refer to @auxrussian@auxenglish[1] for various properties of such algebras.

Once an analog of a matrix representation is established, one may study how the equation (1) behaves when A , x , and/or y belong to various subclasses. Some of the key questions ask whether a given subclass that A belongs to also contains the inverse operator A^{-1} and the parts of A arising from various factorizations and decompositions. The importance of such questions may be illustrated via the following example.

Example 2.0.1. Let $\mathcal{X} = \mathcal{Y} = \ell^\infty(\mathbb{Z})$ be the Banach space of all bounded sequences indexed by \mathbb{Z} . Let also e_n , $n \in \mathbb{Z}$, be the collection of sequences defined by $e_n(m) = \delta_{nm}$ – the Kronecker delta. For any $A \in B(\mathcal{X}) = L(\mathcal{X}, \mathcal{X})$ one can define the matrix elements a_{mn} in the usual way: $a_{mn} = (Ae_n)(m)$. Unfortunately, given a bi-infinite matrix, one may not uniquely determine the operator in $B(\mathcal{X})$ that generated that matrix. Indeed, one easily comes up with an example of a non-zero operator that has the zero matrix. Restricting the class of operators allowed in (1) is a way to circumvent this problem.

Banach modules and Beurling spectrum

In this section, we exhibit basic definitions and a few key results of the spectral theory of Banach modules. More details and references to the proofs may be found, for example, in [2].

Definition 2.0.2. Let \mathfrak{B} be a (complex) Banach algebra and \mathcal{X} be a (complex) Banach space. Then \mathcal{X} is a Banach module over \mathfrak{B} if there is a map $(a, x) \mapsto ax : \mathfrak{B} \times \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{X}$ which has the following properties:

1. $(a + b)x = ax + bx$, $a, b \in \mathfrak{B}$, $x \in \mathcal{X}$;
2. $(\alpha a)x = \alpha(ax) = a(\alpha x)$, $\alpha \in \mathbb{C}$, $a \in \mathfrak{B}$, $x \in \mathcal{X}$;
3. $(ab)x = a(bx)$, $a, b \in \mathfrak{B}$, $x \in \mathcal{X}$;
4. $\|ax\| \leq \|a\|\|x\|$, $a \in \mathfrak{B}$, $x \in \mathcal{X}$,

As mentioned above, here $\mathfrak{B} = L^1(\mathbb{G})$, i.e. we will only be concerned with L^1 -modules. Moreover, we shall impose a few restrictions on the modules we consider.

Assumption 2.0.3. The Banach L^1 -module \mathcal{X} is non-degenerate, i.e. given $x \in \mathcal{X} \setminus \{0\}$ there exists $f \in L^1$ such that $fx \neq 0$.

Assumption 2.0.4. The module structure of \mathcal{X} is associated with an isometric representation $\mathcal{T} : \mathbb{G} \rightarrow B(\mathcal{X})$. By this we mean

$$\mathcal{T}(t)(fx) = (T(t)f)x = f(\mathcal{T}(t)x), t \in \mathbb{G}, f \in L^1, x \in \mathcal{X}, \tag{2}$$

where T is the translation representation defined by

$$T(t)f(s) = f(t + s), f \in L^1, t, s \in \mathbb{G}. \tag{3}$$

Recall that a map $\mathcal{T} : \mathbb{G} \rightarrow B(\mathcal{X})$ is called a representation if $T(0) = I$ and $T(t + s) = T(t)T(s)$, $t, s \in \mathbb{G}$, and by isometric we mean that $\|T(t)x\| = \|x\|$ for all $t \in \mathbb{G}$ and $x \in \mathcal{X}$.

The Beurling spectrum serves as a perfect proxy for the notion of the support.

Definition 2.0.5. Let $\mathcal{X} = (\mathcal{X}, \mathcal{T})$ be a non-degenerate Banach $L^1(\mathbb{G})$ -module, and N be a subset of \mathcal{X} . The Beurling spectrum $\Lambda(N) = \Lambda(N, \mathcal{T})$ is defined by

$$\Lambda(N, \mathcal{T}) = \{\lambda \in \widehat{\mathbb{G}} : fx = 0 \text{ for all } x \in N \text{ implies } \widehat{f}(\lambda) = 0, f \in L^1\}.$$

Definition 2.0.6. The set $\mathcal{X}_c = \{x \in \mathcal{X} : \text{the map } t \mapsto \mathcal{T}(t)x, t \in \mathbb{G}, \text{ is continuous}\}$ is the submodule of \mathcal{T} -continuous vectors in \mathcal{X} . The set $\mathcal{X}_\Phi = L^1\mathcal{X} = \{fx : f \in L^1, x \in \mathcal{X}\}$ is the submodule of factorizable vectors in \mathcal{X} . We also let $\mathcal{X}_{comp} = \{x \in \mathcal{X} : \Lambda(x) \text{ is compact}\}$.

Proposition 2.0.7. Assume that $x \in \mathcal{X}_c$. Then,

$$fx = \int f(t)\mathcal{T}(-t)xdt, f \in L^1. \tag{4}$$

Theorem 2.0.8 (Cohen-Hewitt factorization theorem). One has $\mathcal{X}_c = \mathcal{X}_\Phi = \overline{\mathcal{X}_\Phi} = \overline{\mathcal{X}_{comp}}$.

Generators of a Banach $L^1(\mathbb{R})$ -modules are defined in the following way.

Definition 2.0.9. A closed linear operator $\mathcal{A} : D(\mathcal{A}) \subseteq \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{X}$ is called a generator of an $L^1(\mathbb{R})$ -module \mathcal{X} if its resolvent $R : \rho(\mathcal{A}) \rightarrow B(\mathcal{X})$ satisfies $R(z)x = f_zx$, $z \in \mathbb{C} \setminus \mathbb{R}$, where the Fourier transform of $f_z \in L^1(\mathbb{R})$ is given by $\widehat{f}_z(\lambda) = (\lambda - z)^{-1}$, $\lambda \in \mathbb{R}$.

We remark that under our assumptions all modules have a unique well-defined generator and if $\mathcal{T} : \mathbb{R} \rightarrow B(\mathcal{X})$ is a strongly continuous group representation, then $i\mathcal{A}$ is its generator.

Theorem 2.0.10 (Spectral mapping theorem). One has $\sigma(\mathcal{A}) = \Lambda(\mathcal{X})$ and $\sigma(\mathcal{T}_f) = \overline{\widehat{f}(\Lambda(\mathcal{X}))}$, where $\mathcal{T}_fx = fx$.

Spectral decay

The Beurling spectrum allows one to introduce various classes of spectral decay for vectors in a Banach module $\mathcal{X} = (\mathcal{X}, \mathcal{T})$. In the following definition, we provide two examples. For simplicity, in this section, we let $\mathbb{G} = \mathbb{R}$. We use a family of functions ϕ_a defined via their Fourier transform by $\widehat{\phi}_a(\xi) = (1 - |\xi - a|)\mathbb{1}_{[-1,1]}(\xi - a)$, $a \in \mathbb{R}$. For more general results we cite [3] and references therein.

Definition 2.0.11. A vector $x \in \mathcal{X}$ has an exponential spectral decay if there exist $M > 0$ and $\gamma \in (0, 1)$ such that $\|\phi_nx\| \leq M\gamma^n$, $n \in \mathbb{Z}$. A vector $x \in \mathcal{X}$ belongs to the Wiener class $\mathcal{W}(\mathcal{X}, \mathcal{T})$ if $\|x\|_{\mathcal{W}} = \int_{\mathbb{R}} \|\phi_ax\|da < \infty$.

Theorem 2.0.12. A vector $x \in \mathcal{X}$ has an exponential spectral decay if and only if the function $x_{\mathcal{T}} : \mathbb{R} \rightarrow \mathcal{X}$, $x_{\mathcal{T}}(t) = \mathcal{T}(t)x$, $t \in \mathbb{R}$, has a holomorphic extension to a strip $\{z \in \mathbb{C} : |\text{Im } z| < \delta\}$ for some $\delta > 0$. Moreover, $x \in \mathcal{X}_{comp}$ if and only if $x_{\mathcal{T}}$ is a restriction of an entire function of exponential type.

The study of spectral decay becomes especially useful when \mathcal{X} is a Banach algebra and the representation \mathcal{T} satisfies the following additional condition:

$$\mathcal{T}(t)(xy) = (\mathcal{T}(t)x)(\mathcal{T}(t)y), t \in \mathbb{R}, x, y \in \mathcal{X}.$$

In the remainder of this section \mathcal{X} is assumed to be such an algebra. As an example, we offer the module $(B(\mathcal{X}_c), \widetilde{\mathcal{T}})$, where

$$\widetilde{\mathcal{T}}(t)A = \mathcal{T}(t)A\mathcal{T}(-t), t \in \mathbb{R}, A \in B(\mathcal{X}_c) \tag{5}$$

(see [2] for other eligible subclasses of $B(\mathcal{X})$).

Theorem 2.0.13. *Assume that $x \in \mathcal{X}$ has exponential spectral decay and $x^{-1} \in \mathcal{X}$. Then x^{-1} also has exponential spectral decay (albeit with different M and γ).*

Theorem 2.0.14. *The space $\mathcal{W}(\mathcal{X}, \mathcal{T})$ is an inverse closed subalgebra of \mathcal{X} .*

The above result is a noncommutative extension of the celebrated Wiener $1/f$ lemma. In the last two decades such extensions received a lot of attention (see e.g. [3–5]) as they allow one to prove localization results for dual frames and prove important sampling theorems [6–9]. Analogs of Theorem 2.0.14 exist for many various classes of spectral decay. The result may also be proved in the setting of operators between different Banach modules, not just for algebras.

Another important topic is an analog of an LU-type factorization for elements in the algebra \mathcal{X} . The role of lower and upper triangular matrices is played by the causal and anticausal subalgebras of \mathcal{X} defined by $\mathcal{X}_+ = \{x \in \mathcal{X} : \Lambda(x) = [0, \infty)\}$ and $\mathcal{X}_- = \{x \in \mathcal{X} : \Lambda(x) = (-\infty, 0]\}$, respectively. We refer to [2] for results on causality such as the following theorem.

Theorem 2.0.15. *Assume $x \in \mathcal{X}_c$. Then $x \in \mathcal{X}_+$ if and only if the function $x_{\mathcal{T}}$ admits a bounded holomorphic extension to the upper halfplane of \mathbb{C} .*

Definition 2.0.16. We say that $x \in \mathcal{X}$ admits causal factorization in \mathcal{X} if there exist $x_+, x_- \in \mathcal{X}$ such that $x = x_+x_-$, $x_+, x_+^{-1} \in \mathcal{X}_+$, and $x_-, x_-^{-1} \in \mathcal{X}_-$.

Using Theorem 2.0.15 and factorization results of [10], one may obtain the following result (see [11]).

Theorem 2.0.17. *Assume that $x \in \mathcal{W}(\mathcal{X}, \mathcal{T})$ admits causal factorization in \mathcal{X} and the function $x_{\mathcal{T}}$ is periodic. Then x admits causal factorization in $\mathcal{W}(\mathcal{X}, \mathcal{T})$.*

The analogs of the above result hold for a large class of subalgebras of \mathcal{X} , not just for the Wiener class. Moreover, one can relax the periodicity condition, for example, to almost periodicity. In addition, analogs of Cholesky and QR factorizations also may be considered.

Method of similar operators

The method of similar operators has its origins in various similarity and perturbation techniques. Among them, there are the classical perturbation methods of celestial mechanics, Ljapunov’s kinematic similarity method [2, 12?], Friedrichs’ method of similar operators that is used in quantum mechanics [13], and Turner’s method of similar operators [14].

The main idea of the method of similar operators is to construct a similarity transform for the operator $A - B : D(A) \subset \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{X}$, where A has a relatively simple spectral structure and B is in some sense small compared to A . The goal of the method is to obtain an operator V such that $A - B$ is similar to $A - V$ and the spectral properties of $A - V$ are close to those of A . In particular, certain spectral subspaces of A are mapped by the similarity transform onto certain subspaces that are invariant for $A - V$.

There are plenty of variations of the method of similar operator that are tailored for a specific object of study such as, for example, Dirac operators, Hill operators, operators with an involution, etc. Here we present only one variation, for which we had already introduced most of the necessary terminology and notation. In particular, we assume that A is the generator of the Banach module $(\mathcal{X}, \mathcal{T})$. The operator B is assumed to be bounded. To avoid cumbersome notation, we also assume that the representation \mathcal{T} is strongly continuous.

The main result of an application of the method of similar operators in this case is the following

Theorem 2.0.18. *Under the above conditions, the operator $A - B$ is similar to an operator $A - V$ with $V \in (B(\mathcal{X}), \mathcal{T})_{comp}$.*

To prove the above result, we use families of functions $\varphi_a, \psi_a \in L^1(\mathbb{R})$, $a > 0$ defined by

$$\varphi_a(t) = \frac{2 \sin \frac{3at}{2} \sin \frac{at}{2}}{\pi at^2}, \quad t \in \mathbb{R},$$

and

$$\widehat{\psi}_a(\xi) = \frac{1}{\xi} (1 - \widehat{\varphi}_a(\xi)) = \begin{cases} 0, & |\xi| \leq a, \\ -\frac{1}{a} - \frac{1}{\xi}, & -2a < \xi \leq -a, \\ \frac{1}{a} - \frac{1}{\xi}, & a < \xi \leq 2a, \\ \frac{1}{\xi}, & |\xi| > 2a. \end{cases}$$

Since $\|\psi_a\|_1 \rightarrow 0$ as $a \rightarrow \infty$, there exists $a > 0$ such that $\|\widetilde{\mathcal{T}}_{\psi_a} B\|$ is sufficiently small for the nonlinear map $\Phi : B(\mathcal{X}) \rightarrow B(\mathcal{X})$ defined by

$$\Phi(X) = B\widetilde{\mathcal{T}}_{\psi_a} X - (\widetilde{\mathcal{T}}_{\psi_a} X)(\widetilde{\mathcal{T}}_{\varphi_a} X) + B$$

to have a unique fixed point X^* in a ball around B . It may then be verified by direct computation that

$$(A - B)(I + \widetilde{\mathcal{T}}_{\psi_a} X^*) = (I + \widetilde{\mathcal{T}}_{\psi_a} X^*)(A - V),$$

where $V = \widetilde{\mathcal{T}}_{\varphi_a} X^* \in (B(\mathcal{X}), \mathcal{T})_{comp}$ because

$$\Lambda(V) \subseteq \text{supp } \widehat{\varphi}_a = [-2a, 2a].$$

In case when the operator B (i.e. the function $B_{\widetilde{\varphi}}$) is periodic and sufficiently small, one gets $\Lambda(V) = \{0\}$. As an application of this, one may get conditions that permit a reduction of a non-autonomous (abstract) Cauchy problem to an autonomous one.

References

1. Reiter Hans, Stegeman Jan D. Classical harmonic analysis and locally compact groups. — Second edition. — New York : The Clarendon Press Oxford University Press, 2000. — Vol. 22 of London Mathematical Society Monographs. New Series. — P. xiv+327. — ISBN: 0-19-851189-2.
2. Baskakov Anatoly G., Krishtal Ilya A. Harmonic analysis of causal operators and their spectral properties // Izv. Ross. Akad. Nauk Ser. Mat. — 2005. — Vol. 69, no. 3. — P. 3–54. — English translation: Izv. Math. 69 (2005), no. 3, pp. 439–486. URL: <http://dx.doi.org/10.1070/IM2005v069n03ABEH000535>.
3. Baskakov Anatoly G., Krishtal Ilya A. Memory estimation of inverse operators // J. Funct. Anal. — 2014. — Vol. 267, no. 8. — P. 2551–2605. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfa.2014.07.025>.
4. Gröchenig Karlheinz. Wiener’s lemma: theme and variations, an introduction to spectral invariance and its applications // Four Short Courses on Harmonic Analysis: Wavelets, Frames, Time-Frequency Methods, and Applications to Signal and Image Analysis / Ed. by P. Massopust, B. Forster. — Birkhäuser Boston Inc., 2010.
5. Shin Chang Eon, Sun Qiyu. Wiener’s lemma: localization and various approaches // Appl. Math. J. Chinese Univ. Ser. B. — 2013. — Vol. 28, no. 4. — P. 465–484. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s11766-013-3215-6>.


6. Aldroubi Akram, Baskakov Anatoly, Krishtal Ilya. Slanted matrices, Banach frames, and sampling // *J. Funct. Anal.* — 2008. — Vol. 255, no. 7. — P. 1667–1691. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfa.2008.06.024>.
7. Multi-window Gabor frames in amalgam spaces / Radu Balan [et al.] // *Math. Res. Lett.* — 2014. — Vol. 21, no. 1. — P. 55–69. — URL: <http://dx.doi.org/10.4310/MRL.2014.v21.n1.a4>.
8. Gröchenig Karlheinz, Leinert Michael. Wiener's lemma for twisted convolution and Gabor frames // *J. Amer. Math. Soc.* — 2004. — Vol. 17, no. 1. — P. 1–18 (electronic). — URL: <http://dx.doi.org/10.1090/S0894-0347-03-00444-2>.
9. Gröchenig Karlheinz, Romero José Luis, Stöckler Joachim. Sampling theorems for shift-invariant spaces, Gabor frames, and totally positive functions // *Invent. Math.* — 2018. — Vol. 211, no. 3. — P. 1119–1148. — URL: <https://doi.org/10.1007/s00222-017-0760-2>.
10. Gohberg I., Laiter Ju. The factorization of operator-functions relative to a contour. II. The canonical factorization of operator-functions that are close to the identity operator // *Math. Nachr.* — 1972. — Vol. 54. — P. 41–74. — (Russian).
11. Krishtal Ilya, Strohmer Thomas, Wertz Tim. Localization of matrix factorizations // *Found. Comput. Math.* — 2015. — Vol. 15, no. 4. — P. 931–951. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10208-014-9196-x>.
12. Ljapunov A. M. *Sobranie sochinenii. Tom II.* — Izdat. Akad. Nauk SSSR, Moscow, 1956. — P. 473.
13. Friedrichs K. O. *Lectures on advanced ordinary differential equations.* Notes by P. Berg, W. Hirsch, P. Treuenfels. — New York : Gordon and Breach Science Publishers, 1965. — P. ix+205.
14. Turner Robert E. L. Perturbation of compact spectral operators // *Comm. Pure Appl. Math.* — 1965. — Vol. 18. — P. 519–541.

Information about authors:

Anatoly Grigoryevich Baskakov — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor of the Department of Applied Mathematics, Informatics and Mechanics at Voronezh State University, Russia, 394018, Voronezh, Universitetskaya sq., 1.

E-mail: anatbaskakov@yandex.ru

ORCID iD  0000-0003-4616-840X


Web of Science ResearcherID  AAT-3644-2021

SCOPUS ID  56250689600

Ilya Arkadyevich Krishtal — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, professor of the Department of Mathematical Sciences at Northern Illinois University; WH320, Department of Mathematical Sciences, Northern Illinois University, DeKalb, IL 60115, USA.

E-mail: ikrishtal@niu.edu

ORCID iD  0000-0001-7171-2177

Web of Science ResearcherID  AAF-3991-2020

SCOPUS ID  16202860600

УДК 517.16
ББК 22.143
ГРНТИ 27.17.29
ВАК 01.01.01

Основные понятия спектральной теории банаховых модулей и некоторые её приложения

А. Г. Баскаков⁺ , И. А. Криштал[‡] 

⁺ Воронежский государственный университет, 394693, Воронеж, Россия

[‡] Университет Северного Иллинойса, 60115, Иллинойс, США

Поступила в редакцию 18 января 2021 года

После переработки 12 февраля 2021 года

Опубликована 5 марта 2021 года

Аннотация. Приводятся базовые понятия спектральной теории банаховых модулей и примеры их использования при изучении локализованных линейных уравнений в бесконечномерных пространствах.

Ключевые слова: операторные матрицы, спектр, банаховы модули, метод подобных операторов, спектральное убывание

PACS: 02.10.Ud

Список использованных источников

1. Turner Robert E. L. Perturbation of compact spectral operators // Comm. Pure Appl. Math. — 1965. — Vol. 18. — P. 519–541.
2. Shin Chang Eon, Sun Qiyu. Wiener’s lemma: localization and various approaches // Appl. Math. J. Chinese Univ. Ser. B. — 2013. — Vol. 28, no. 4. — P. 465–484. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s11766-013-3215-6>.
3. Reiter Hans, Stegeman Jan D. Classical harmonic analysis and locally compact groups. — Second edition. — New York : The Clarendon Press Oxford University Press, 2000. — Vol. 22 of London Mathematical Society Monographs. New Series. — P. xiv+327. — ISBN: 0-19-851189-2.
4. Ljapunov A. M. Sobranie sochinenij. Tom II. — Izdat. Akad. Nauk SSSR, Moscow, 1956. — P. 473.
5. Krishtal Ilya, Strohmer Thomas, Wertz Tim. Localization of matrix factorizations // Found. Comput. Math. — 2015. — Vol. 15, no. 4. — P. 931–951. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10208-014-9196-x>.
6. Gröchenig Karlheinz, Romero José Luis, Stöckler Joachim. Sampling theorems for shift-invariant spaces, Gabor frames, and totally positive functions // Invent. Math. — 2018. — Vol. 211, no. 3. — P. 1119–1148. — URL: <https://doi.org/10.1007/s00222-017-0760-2>.

7. Gröchenig Karlheinz, Leinert Michael. Wiener's lemma for twisted convolution and Gabor frames // J. Amer. Math. Soc. — 2004. — Vol. 17, no. 1. — P. 1–18 (electronic). — URL: <http://dx.doi.org/10.1090/S0894-0347-03-00444-2>.
8. Gröchenig Karlheinz. Wiener's lemma: theme and variations, an introduction to spectral invariance and its applications // Four Short Courses on Harmonic Analysis: Wavelets, Frames, Time-Frequency Methods, and Applications to Signal and Image Analysis / Ed. by P. Massopust, B. Forster. — Birkhäuser Boston Inc., 2010.
9. Gohberg I., Laitner Ju. The factorization of operator-functions relative to a contour. II. The canonical factorization of operator-functions that are close to the identity operator // Math. Nachr. — 1972. — Vol. 54. — P. 41–74. — (Russian).
10. Friedrichs K. O. Lectures on advanced ordinary differential equations. Notes by P. Berg, W. Hirsch, P. Treuenfels. — New York : Gordon and Breach Science Publishers, 1965. — P. ix+205.
11. Baskakov Anatoly G., Krishtal Ilya A. Memory estimation of inverse operators // J. Funct. Anal. — 2014. — Vol. 267, no. 8. — P. 2551–2605. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfa.2014.07.025>.
12. Baskakov Anatoly G., Krishtal Ilya A. Harmonic analysis of causal operators and their spectral properties // Izv. Ross. Akad. Nauk Ser. Mat. — 2005. — Vol. 69, no. 3. — P. 3–54. — English translation: Izv. Math. 69 (2005), no. 3, pp. 439–486. URL: <http://dx.doi.org/10.1070/IM2005v069n03ABEH000535>.
13. Multi-window Gabor frames in amalgam spaces / Radu Balan [et al.] // Math. Res. Lett. — 2014. — Vol. 21, no. 1. — P. 55–69. — URL: <http://dx.doi.org/10.4310/MRL.2014.v21.n1.a4>.
14. Aldroubi Akram, Baskakov Anatoly, Krishtal Ilya. Slanted matrices, Banach frames, and sampling // J. Funct. Anal. — 2008. — Vol. 255, no. 7. — P. 1667–1691. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfa.2008.06.024>.

Сведения об авторах:

Анатолий Григорьевич Баскаков — доктор физико-математических наук, профессор кафедры системного анализа и управления Воронежского государственного университета, 394018, Воронеж, Россия.

E-mail: anatbaskakov@yandex.ru


ORCID iD  0000-0003-4616-840X

Web of Science ResearcherID  AAT-3644-2021

SCOPUS ID  56250689600

Илья Аркадьевич Криштал — кандидат физико-математических наук, профессор факультета математических наук Университета Северного Иллинойса, Департамент математических наук, Университет Северного Иллинойса, 60115, Иллинойс, США.

E-mail: ikrishtal@niu.edu



ORCID iD  0000-0001-7171-2177

Web of Science ResearcherID  AAF-3991-2020

SCOPUS ID  16202860600

УДК 514.8
ББК 22.161
ГРНТИ 27.23.15
ВАК 01.01.01

Метод наименьших квадратов как инструмент изучения зависимости между величинами в физическом эксперименте

О. В. Макеева , Д. В. Воронова  ¹

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

Поступила в редакцию 2 октября 2020 года
После переработки 19 февраля 2021 года
Опубликована 5 марта 2021 года

Аннотация. Описана аналитическая реализация метода наименьших квадратов в линейном и нелинейном случаях. Применение метода иллюстрируется примерами обработки средствами Microsoft Excel результатов двух физических экспериментов. Практический интерес представляет применение метода наименьших квадратов к обработке совокупности экспериментальных значений двух величин, между которыми существует линейная или нелинейная зависимость, что очень характерно для связанных друг с другом физических величин, совокупность пар значений которых зафиксирована приборами.

Ключевые слова: метод наименьших квадратов, обработка совокупности экспериментальных значений, линейный случай, нелинейный случай, линейная зависимость, нелинейная зависимость, физические величины

Введение

До начала XIX века учёные не имели определенных правил для решения систем уравнений, в которых число неизвестных менее числа уравнений. А. Лежандру и К. Гауссу принадлежит первое применение к решению таких систем элементов теории вероятностей. Как и в случае арифметической середины, вновь изобретённый способ не даёт истинных значений искомых величин, но даёт их вероятнейшие значения. Этот способ распространён и усовершенствован дальнейшими изысканиями П. Лапласа, И. Энке, Ф. Бесселя, П. Ганзена и других учёных. Он получил название метода наименьших квадратов. После подстановки в начальные уравнения вместо неизвестных величин, полученных этим способом, в правых частях уравнений получаются, если и не нули, то небольшие величины, сумма квадратов которых оказывается меньшей, чем сумма квадратов подобных же остатков, после подстановки каких бы то ни было других значений переменных. Помимо этого, решение уравнений по способу наименьших квадратов даёт возможность выводить вероятные ошибки неизвестных, то есть даёт величины, по которым судят о степени точности выводов [1].

¹E-mail: iceblitz@mail.ru

Практический интерес представляет применение данного метода к обработке совокупности экспериментальных значений двух величин, между которыми существует линейная или нелинейная зависимость, что, например, очень характерно для связанных друг с другом физических величин, совокупность пар значений которых зафиксирована приборами.

Теоретические основы метода наименьших квадратов

Предположим, что теоретически предсказана прямая пропорциональность между двумя величинами x и y . Обычно это записывается следующим образом:

$$y = f(x) . \tag{1}$$

Необходимо узнать точный закон, устанавливающий связь между x и y , и, поскольку друг другу пропорциональны первые степени этих величин (1), то между x и y существует линейная зависимость:

$$y = ax + b . \tag{2}$$

По результатам эксперимента могут быть получены n пар значений величин x и y : $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, и все точки с данными координатами можно отметить на координатной плоскости Oxy (рис. 1).

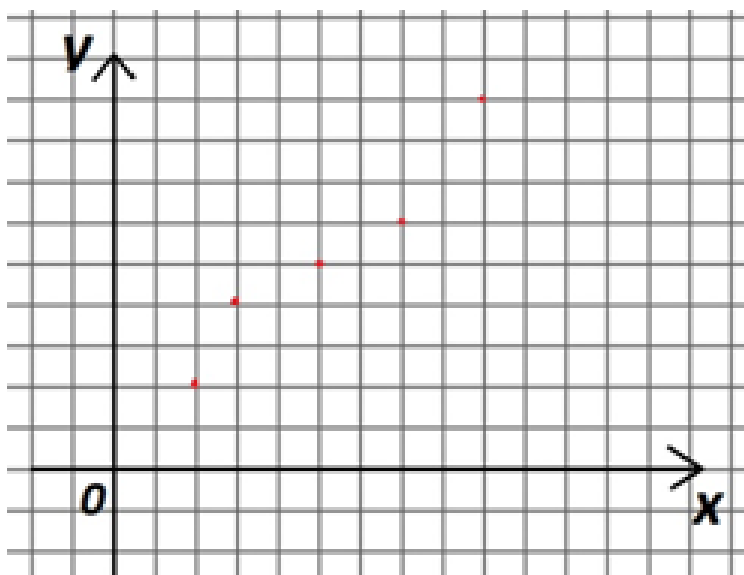


Рис. 1. Разброс экспериментальных точек.

Из-за погрешностей, возникших в ходе эксперимента, точки разбросаны по плоскости и не лежат на одной прямой. Необходимо найти такое положение прямой линии $y = ax + b$, которое максимально точно отражает истинность эмпирического закона в рамках сделанных измерений [2]. Это произойдёт лишь тогда, когда все точки одновременно будут лежать настолько близко к прямой, насколько это возможно для каждой из них. Такую линию называют линией регрессии, её уравнение отражает зависимость переменной y от независимой переменной x при условии, что выражение зависимости между величинами будет иметь статистическую значимость, то есть найдено только с помощью экспериментальных значений $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ [3].

Пусть такая линия регрессии построена. В идеальном случае экспериментальная точка M с координатами (x_k, y_k) должна лежать на прямой $y = ax + b$ и иметь координаты (x_k, y) (рис. 2). На графике наблюдается сдвиг ординаты на величину

$$\Delta y_k = y - y_k . \tag{3}$$

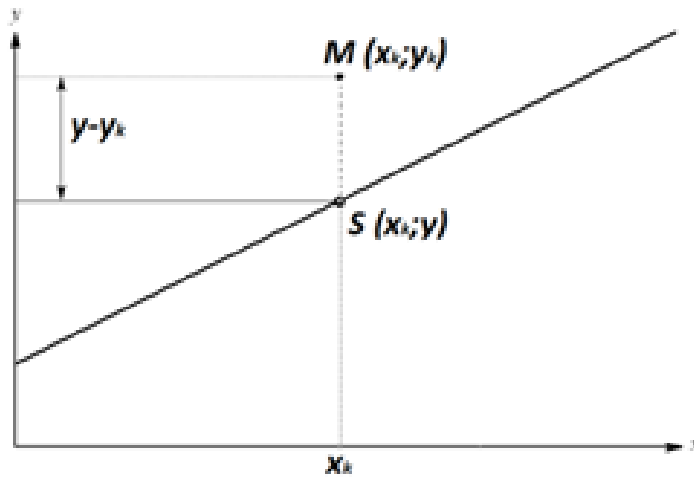


Рис. 2. Линия регрессии и отклонение экспериментальной точке по ординате.

С учётом уравнения (2) равенство (3) запишется следующим образом:

$$\Delta y_k = ax_k + b - y_k . \tag{4}$$

Стоит понимать, что k – это индекс, обозначающий номер записи значения величин в ходе эксперимента.

Одним из условий построения прямой (2), как указывалось выше, является максимально возможное приближение каждой точки к прямой. Исходя из этого, возникает идея решения: сумма отклонений (4), найденных для всех экспериментальных точек, должна быть минимальной. Однако доказано [1], что целесообразно составить сумму квадратов отклонений:

$$z = (ax_1 + b - y_1)^2 + (ax_2 + b - y_2)^2 + \dots + (ax_n + b - y_n)^2 . \tag{5}$$

Поскольку кортежи (x_1, x_2, \dots, x_n) и (y_1, y_2, \dots, y_n) состоят из чисел, которые известны, то в выражении (5) есть только три неизвестные величины: z, a, b . Также можно утверждать, что выражение (5) является функцией двух переменных: $z = z(a, b)$. С другой стороны, z – это значение суммы, которое нужно минимизировать. Так как функция (5) является гладкой, непрерывной на всей координатной плоскости, задачу минимизации можно решить средствами дифференциального исчисления.

1. Найти частные производные первого порядка функции (5).

$$\begin{aligned} \frac{\partial z}{\partial a} &= 2x_1(ax_1 + by_1) + 2x_2(ax_2 + b - y_2) + \dots + 2x_n(ax_n + b - y_n) = \\ &= - \left(\sum_{k=1}^n x_k y_k - a \sum_{k=1}^n x_k^2 - b \sum_{k=1}^n x_k \right) , \tag{6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial z}{\partial b} &= 2(ax_1 + by_1) + 2(ax_2 + b - y_2) + \dots + 2(ax_n + b - y_n) = \\ &= - \left(\sum_{k=1}^n y_k - a \sum_{k=1}^n x_k - bn \right) . \tag{7} \end{aligned}$$

2. Приравнять найденные значения частных производных к нулю.

$$\begin{cases} a \sum_{k=1}^n x_k^2 + b \sum_{k=1}^n x_k = \sum_{k=1}^n x_k y_k, \\ a \sum_{k=1}^n x_k + bn = \sum_{k=1}^n y_k. \end{cases} \quad (8)$$

3. Найти координаты a, b стационарной точки функции (5) решив систему, например, методом Крамера.

$$\Delta = \begin{vmatrix} \sum_{k=1}^n x_k^2 & \sum_{k=1}^n x_k \\ \sum_{k=1}^n x_k & n \end{vmatrix} = n \sum_{k=1}^n x_k^2 - \sum_{k=1}^n x_k \sum_{k=1}^n x_k, \quad (9)$$

$$\Delta_a = \begin{vmatrix} \sum_{k=1}^n x_k y_k & \sum_{k=1}^n x_k \\ \sum_{k=1}^n y_k & n \end{vmatrix} = n \sum_{k=1}^n x_k y_k - \sum_{k=1}^n x_k \sum_{k=1}^n y_k, \quad (10)$$

$$\Delta_b = \begin{vmatrix} \sum_{k=1}^n x_k^2 & \sum_{k=1}^n x_k y_k \\ \sum_{k=1}^n x_k & \sum_{k=1}^n y_k \end{vmatrix} = n \sum_{k=1}^n x_k^2 \sum_{k=1}^n y_k - \sum_{k=1}^n x_k y_k \sum_{k=1}^n x_k, \quad (11)$$

$$a = \frac{\Delta_a}{\Delta}, \quad b = \frac{\Delta_b}{\Delta}. \quad (12)$$

4. Используя достаточное условие экстремума, по знаку второго дифференциала функции (5) убедиться в том, что найденная стационарная точка является точкой минимума.

$$\begin{aligned} d^2 z(a, b) &= \frac{\partial^2 z}{\partial a^2} da^2 + 2 \frac{\partial^2 z}{\partial a \partial b} dadb + \frac{\partial^2 z}{\partial b^2} db^2 = \\ &= 2 \sum_{k=1}^n x_k^2 da^2 + 4 \sum_{k=1}^n x_k dadb + 2n db^2 = 2 \sum_{k=1}^n (x_k da + db)^2 > 0, \end{aligned} \quad (13)$$

Значит, уравнение $y = ax + b$ с коэффициентами (12) является уравнением линии регрессии. Конечно, судить о справедливости закона, устанавливающего связь между многократно измеренными величинами x и y можно только в том случае, если в эксперименте отсутствовали систематические и грубые погрешности [4].

В естественных науках, в том числе и физике, не всегда закон, связывающий две величины, оказывается линейным. Чаще всего зависимость одной величины от других имеет более сложный характер. В этом случае график линии регрессии также примет более сложный вид. Задача остаётся прежней: после проведения опыта и записи числовых результатов на плоскости Oxy появляется разброс экспериментальных точек, который не позволяет точно и однозначно провести линию, отражающую динамику изменения величины $y = y(x)$. Будем считать, что характер зависимости $y = y(x)$ известен, тогда задача о нахождении линии регрессии сводится к нахождению формул коэффициентов (оцениваемых параметров). Для нелинейной зависимости поиск оцениваемых параметров линии регрессии осуществляется с помощью такой замены переменных, благодаря которой нелинейную форму зависимости удаётся привести к линейной форме с известными формулами расчёта параметров [5].

Рассмотрим классификацию наиболее простых видов нелинейной регрессии. Всюду ниже y и x – переменные (физические величины).

1. Регрессии, нелинейные относительно включенных в анализ объясняющих переменных, но линейные по оцениваемым параметрам.

1.1. Полином k -ой чётной степени: $y = b_0 + b_1x + \dots + b_kx^k$, где b_0, b_1, \dots, b_n – оцениваемые параметры (постоянные). В случае нечётной степени полинома функция, определяющая сумму квадратов отклонений экспериментальных значений от теоретического распределения, не имеет точки минимума. Рассматриваемая ранее линейная регрессия, есть один из случаев полинома k -ой степени при $k = 1$. Замена переменных: $x = z_1, x^2 = z_2, \dots, x^k = z_k$ приводит к линейному уравнению: $y = b_0 + b_1z_1 + \dots + b_kz_k$. Простейшим примером из физики в случае квадратичной регрессии (полином степени $k = 2$) является формула для нахождения координаты тела, движущегося прямолинейно равноускоренно:

$$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}. \quad (14)$$

1.2. Равносторонняя гиперболоа: $y = \frac{a}{x} + b$, где a, b – оцениваемые параметры. Замена переменной: $\hat{x} = \frac{1}{x}$ приводит к линейному уравнению $y = a\hat{x} + b$. Зависимость силы тока цепи от полного сопротивления цепи является обратной и графически представляет собой гиперболоа, для которой параметр b равен нулю (рис. 3).

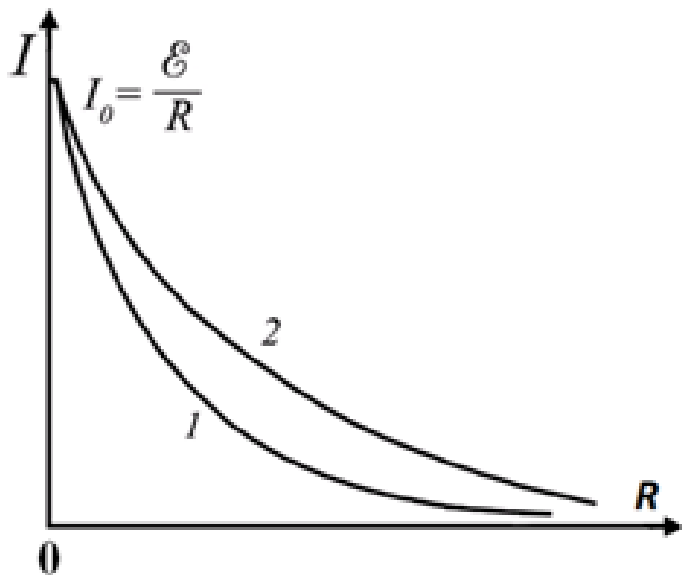


Рис. 3. График зависимости силы тока от полного сопротивления цепи.

2. Регрессии, нелинейные по оцениваемым параметрам.

2.1. Степенная: $y = ax^b$. Перед тем, как произвести замену переменных, необходимо прологарифмировать исходное выражение: $\ln y = \ln a + b \ln x$. В новых обозначениях: $\hat{y} = \ln y, \hat{a} = b, \hat{b} = \ln a$, получается уравнение линейной регрессии: $\hat{y} = \hat{a}\hat{x} + \hat{b}$.

2.2. Обратная: $y = \frac{1}{ax+b}$. Замена переменной: $\hat{y} = \frac{1}{y}$ приводит к линейному уравнению $\hat{y} = ax + b$.

2.3. Показательная: $y = ab^x$. После логарифмирования $\ln y = \ln a + x \ln b$ в новых обозначениях: $\hat{y} = \ln y, \hat{a} = b, \hat{b} = \ln a$ получается уравнение линейной регрессии: $\hat{y} = \hat{a}x + \hat{b}$.

2.4. Экспоненциальная: $y = \exp(ax + b)$. Замена переменной: $\hat{y} = \ln y$ приводит к линейному уравнению $\hat{y} = ax + b$. Примером такой зависимости может служить формула интенсивности света I , проходящего через слой вещества толщиной x : $I = I_0 \exp(-\mu x)$ (рис. 4) [6].

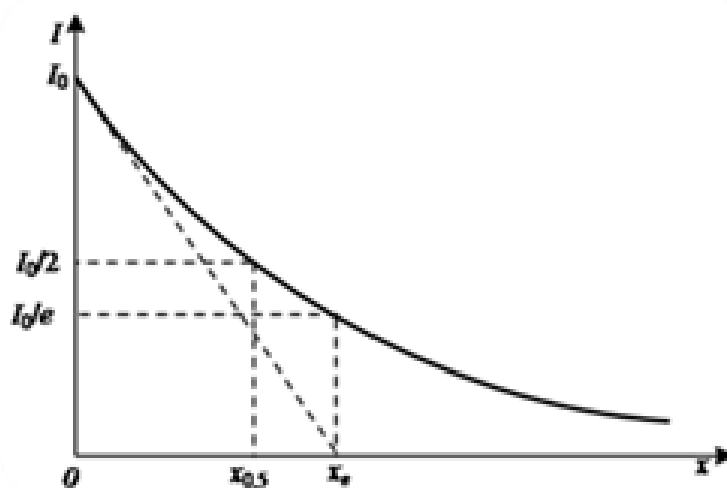


Рис. 4. График зависимости интенсивности света от пути, пройденного в поглощающей среде.

Применим метод наименьших квадратов для определения температурного коэффициента нагревания алюминия. При определении температурного коэффициента нагрева алюминия происходит проверка линейного характера изменения температуры металлов при постоянном нагреве, при этом значения температуры в ходе эксперимента много ниже температуры плавления данного металла [4]. В качестве такого образца, который, к тому же, обладает хорошей теплопроводностью, обычно используется алюминий. Источником теплоты может служить газовая горелка или нагретая до определённой температуры электрическая плитка. Важно, чтобы образец был однородным, без полостей и уплотнений, а нагревание происходило равномерно, то есть каждую единицу времени образцу сообщается фиксированная порция количества теплоты и температура с течением времени изменяется равномерно. Такая формулировка есть не что иное, как физический смысл некой величины, которую мы назовём температурным коэффициентом k : $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Данный коэффициент показывает, на сколько градусов изменяется температура тела за 1 минуту, поэтому экспериментальная формула, позволяющая узнать температуру этого тела в любой момент времени, будет выглядеть следующим образом:

$$T = T_0 + kt, \quad (15)$$

где T_0 – температура в начальный момент времени (перед нагреванием), t – время нагревания, k – температурный коэффициент. Эксперимент проводится следующим образом: в калориметрическую ёмкость с водой погружается небольшой алюминиевый цилиндр и через некоторое время измеряют температуру воды, равную температуре алюминия T_0 с помощью специального термометра. Далее ёмкость ставят на разогретую плитку, засекают время и каждую минуту фиксируют температуру воды. В результате такого эксперимента было получено 15 значений температуры алюминия от времени. При $t = 0$ мин $T = 24^{\circ}\text{C}$. При $t = 1$ мин $T = 27.9^{\circ}\text{C}$. При $t = 2$ мин $T = 29.7^{\circ}\text{C}$. При $t = 3$ мин $T = 31.5^{\circ}\text{C}$. При $t = 4$ мин $T = 32.7^{\circ}\text{C}$. При $t = 5$ мин $T = 34.1^{\circ}\text{C}$. При $t = 6$ мин $T = 35.9^{\circ}\text{C}$. При $t = 7$ мин $T = 37.3^{\circ}\text{C}$. При $t = 8$ мин $T = 40^{\circ}\text{C}$. При $t = 9$ мин $T = 42.1^{\circ}\text{C}$. При $t = 10$ мин $T = 44.3^{\circ}\text{C}$. При $t = 11$ мин $T = 46.5^{\circ}\text{C}$. При $t = 12$ мин $T = 49.1^{\circ}\text{C}$. При $t = 13$ мин $T = 52.4^{\circ}\text{C}$. При $t = 14$ мин $T = 55^{\circ}\text{C}$.

Задача о нахождении значения температурного коэффициента может быть решена графически, путём построения графика зависимости (рис. 5) по точкам. По данному графику температурный коэффициент k как тангенс угла наклона экспериментальной прямой не может быть найден однозначно, а, значит, стоит воспользоваться методом

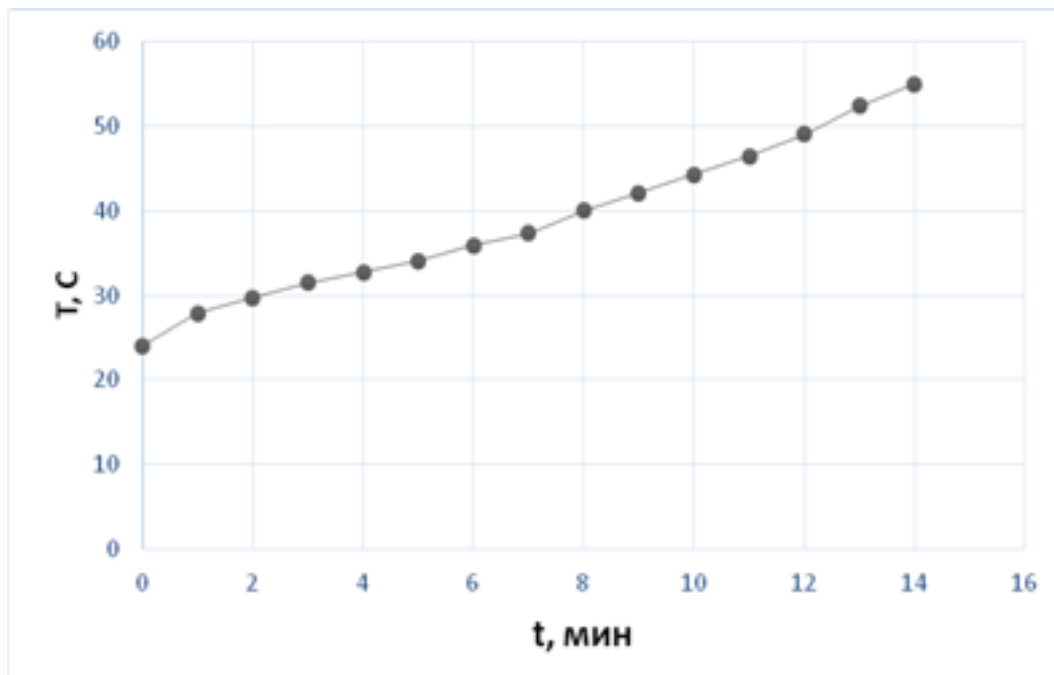


Рис. 5. Экспериментальный график зависимости температуры алюминия от времени нагревания.

наименьших квадратов. Формулы для нахождения коэффициентов линейной регрессии известны (6)-(13), необходимо только изменить названия самих коэффициентов и переменных в формулах следующим образом:

$$\begin{cases} T = T_0 + kt, \\ y = b + ax, \end{cases} \quad (16)$$

где

$$T_0 = \frac{\sum_{k=1}^n t_k^2 \sum_{k=1}^n T_k - \sum_{k=1}^n t_k \sum_{k=1}^n t_k T_k}{n \sum_{k=1}^n t_k^2 - \sum_{k=1}^n t_k \sum_{k=1}^n t_k},$$

$$k = \frac{n \sum_{k=1}^n T_k t_k - \sum_{k=1}^n T_k \sum_{k=1}^n t_k}{n \sum_{k=1}^n t_k^2 - \sum_{k=1}^n t_k \sum_{k=1}^n t_k},$$

Значение температурного коэффициента может быть найдено и без построения графика, а только с помощью расчётной формулы с применением пакета Microsoft Excel (рис. 6). Сам график служит для оценки величины разброса экспериментальных точек (рис. 7) [4].

Применим метод наименьших квадратов для определения значения ускорения свободного падения. Достаточно часто линию регрессии необходимо построить в той области графика, где экспериментальных точек нет. В этом случае говорят об экстраполяции – построении линии за пределами области её экспериментальных значений. Необходимость в экстраполяции возникает при обработке результатов физического эксперимента в тех случаях, когда оборудование позволяет провести измерение в малом диапазоне значений физической величины, а картину динамики физического явления необходимо представить полностью. Метод наименьших квадратов решает и эту задачу, позволяя

L2 : $f_x = =SHS2+SHS1*J2$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	№	t	T	t^2	T*t		k	2,056785714		t	Tэкс	Трегп	
2	1	0	24	0	0		To	24,43583333		0	24	24,43583	
3	2	1	27,9	1	27,9					1	27,9	26,49262	
4	3	2	29,7	4	59,4					2	29,7	28,5494	
5	4	3	31,5	9	94,5					3	31,5	30,60619	
6	5	4	32,7	16	130,8					4	32,7	32,66298	
7	6	5	34,1	25	170,5					5	34,1	34,71976	
8	7	6	35,9	36	215,4					6	35,9	36,77655	
9	8	7	37,3	49	261,1					7	37,3	38,83333	
10	9	8	40	64	320					8	40	40,89012	
11	10	9	42,1	81	378,9					9	42,1	42,9469	
12	11	10	44,3	100	443					10	44,3	45,00369	
13	12	11	46,5	121	511,5					11	46,5	47,06048	
14	13	12	49,1	144	589,2					12	49,1	49,11726	
15	14	13	52,4	169	681,2					13	52,4	51,17405	
16	15	14	55	196	770					14	55	53,23083	
17	Сумма	105	582,5	1015	4653								

Рис. 6. Таблица Excel для расчёта коэффициентов и построения экспериментальной кривой и линии регрессии.

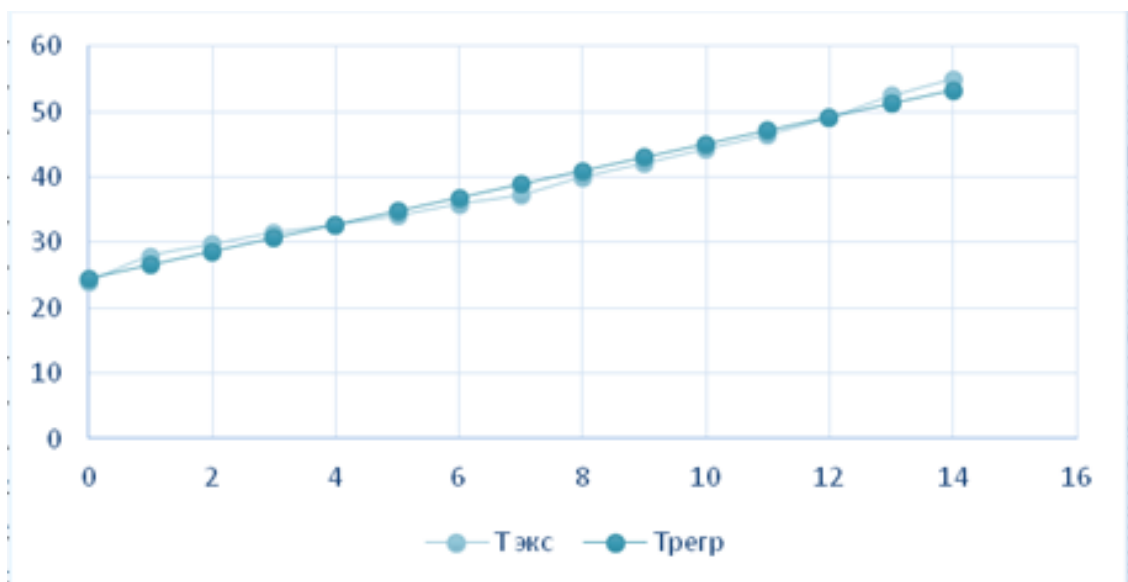


Рис. 7. График зависимости температуры алюминия (в градусах) от времени нагрева (в минутах) и график линейной регрессии.

избежать тех грубых ошибок или неточностей, которые могут возникнуть при проведении линии от руки. В случае определения ускорения свободного падения проблема экстраполяции наблюдается очень чётко [7].

Секундомер, панель с нормально замкнутыми контактами и электромагнит включают в сеть, при этом электромагнит фиксируют на определённой высоте. К электромагниту подносят стальной шарик, на место падения кладут поролоновую губку. После размыкания цепи шарик начинает падать и секундомер отсчитывает время его падения, автоматически выключаясь, когда шарик касается пластинки в самом низу. Зная высоту падения и время падения, можно найти ускорение свободного падения по формуле: $h = \frac{gt^2}{2}$.

Основным недостатком такого метода является малый диапазон высот и малая точность на маленьких высотах (ввиду точности секундомера и соизмеримости времени полёта и времени размыкания цепи). Поэтому данный эксперимент приходится повторять по несколько раз для одних и тех же значений высоты, чтобы получить экспериментальные значения высоты и времени падения стального шарика. [8]. При значении высоты $h = 4$ м время падения $t = 0.93$ с. При значении высоты $h = 4$ м время падения $t = 0.895$ с. При значении высоты $h = 4$ м время падения $t = 0.898$ с. При значении высоты $h = 3$ м время падения $t = 0.79$ с. При значении высоты $h = 3$ м время падения $t = 0.797$ с. При значении высоты $h = 3$ м время падения $t = 0.776$ с. При значении высоты $h = 2.5$ м время падения $t = 0.72$ с. При значении высоты $h = 2.5$ м время падения $t = 0.76$ с. При значении высоты $h = 2.5$ м время падения $t = 0.77$ с. При значении высоты $h = 2$ м время падения $t = 0.639$ с. При значении высоты $h = 2$ м время падения $t = 0.645$ с. При значении высоты $h = 2$ м время падения $t = 0.637$ с. При значении высоты $h = 1$ м время падения $t = 0.449$ с. При значении высоты $h = 1$ м время падения $t = 0.446$ с. При значении высоты $h = 1$ м время падения $t = 0.451$ с.

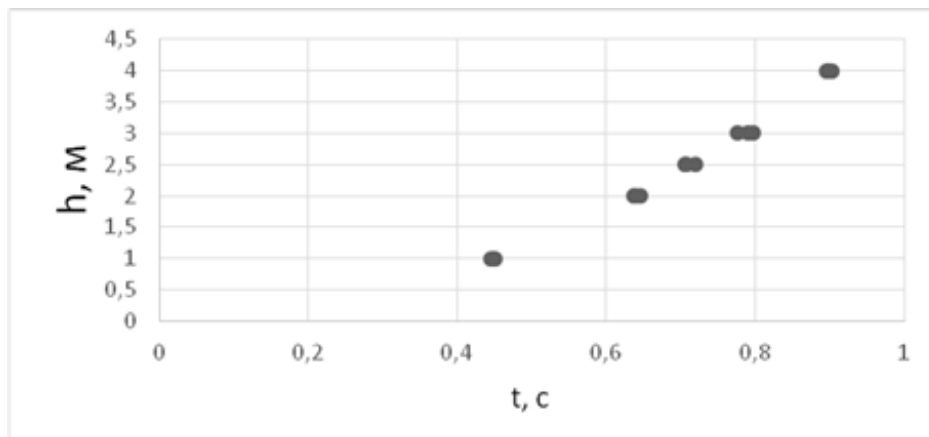


Рис. 8. Экспериментальный график зависимости высоты падения от времени падения.

Ускорение свободного падения находится как среднее арифметическое от всех значений ускорений, найденных для каждого измерения. Однако графически данные представлены так, что построить часть параболы и тем более её полностью не представляется возможным (рис. 8). Применим метод наименьших квадратов для построения линии регрессии функции $h = \frac{gt^2}{2} = bt^2$, где $b = \frac{g}{2}$. После логарифмирования $\ln h = \ln b + \ln t^2$ и замены переменных $\hat{h} = \ln h$, $\hat{b} = \ln b$, $\hat{t} = \ln t^2$ получается линейное уравнение $\hat{h} = \hat{b} + \hat{t}$. Составим сумму квадратов отклонений экспериментальных значений от теоретического распределения и найдём точку минимума.

$$z(\hat{b}) = (\hat{t}_1 + \hat{b} - \hat{h}_1)^2 + (\hat{t}_2 + \hat{b} - \hat{h}_2)^2 + \dots + (\hat{t}_n + \hat{b} - \hat{h}_n)^2, \quad (17)$$

$$z'(\hat{b}) = 2(\hat{t}_1 + \hat{b} - \hat{h}_1) + 2(\hat{t}_2 + \hat{b} - \hat{h}_2) + \dots + 2(\hat{t}_n + \hat{b} - \hat{h}_n) =$$

$$= -2 \left(\sum_{k=1}^n \hat{h}_k - \sum_{k=1}^n \hat{t}_k - n\hat{b} \right), \quad (18)$$

$$\sum_{k=1}^n \hat{h}_k - \sum_{k=1}^n \hat{t}_k - n\hat{b} = 0, \quad (19)$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	№г	h	t	t^2	ln(h)	ln(t)	ln(t^2)						t	h	H
2	1	4	0,903	0,815	1,386	-0,1	-0,2						0,903	4	4,008
3	2	4	0,895	0,801	1,386	-0,11	-0,22						0,895	4	3,938
4	3	4	0,898	0,806	1,386	-0,11	-0,22						0,898	4	3,964
5	4	3	0,79	0,624	1,099	-0,24	-0,47						0,79	3	3,068
6	5	3	0,797	0,635	1,099	-0,23	-0,45						0,797	3	3,123
7	6	3	0,776	0,602	1,099	-0,25	-0,51						0,776	3	2,96
8	7	2,5	0,72	0,518	0,916	-0,33	-0,66						0,72	2,5	2,548
9	8	2,5	0,706	0,498	0,916	-0,35	-0,7						0,706	2,5	2,45
10	9	2,5	0,707	0,5	0,916	-0,35	-0,69						0,707	2,5	2,457
11	10	2	0,639	0,408	0,693	-0,45	-0,9						0,639	2	2,007
12	11	2	0,645	0,416	0,693	-0,44	-0,88						0,645	2	2,045
13	12	2	0,637	0,406	0,693	-0,45	-0,9						0,637	2	1,995
14	13	1	0,449	0,202	0	-0,8	-1,6						0,55		1,487
15	14	1	0,446	0,199	0	-0,81	-1,61						0,449	1	0,991
16	15	1	0,451	0,203	0	-0,8	-1,59						0,446	1	0,978
17				Сумма	12,28	-5,8	-11,6						0,451	1	1
18													0,3		0,442
19													0,2		0,197
20													0,1		0,049
21		b'	1,592461176										0	0	0
22		b	4,915832783												
23		g	9,83166557												

Рис. 9. Таблица Excel для расчёта коэффициентов и построения экспериментальной кривой и линии регрессии.

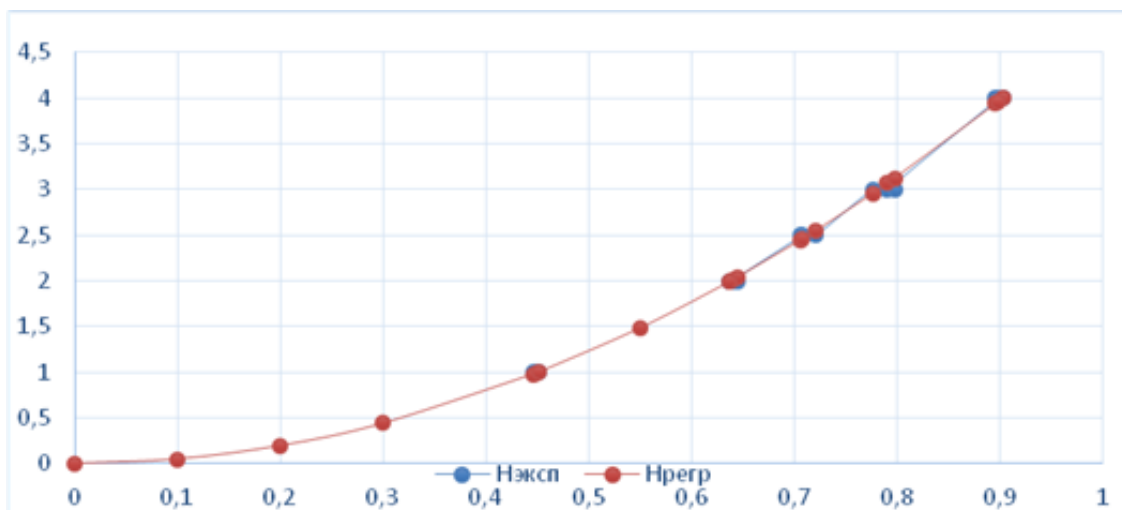


Рис. 10. График линии регрессии и экспериментальной кривой.

С помощью пакета Microsoft Excel можно выполнить необходимые расчёты (рис. 9) и построения (рис. 10).

Таким образом, построенная линия регрессии даёт полное представление о времени падения тела в области малых высот, что не позволяет сделать описанный эксперимент. Но стоит отметить, что экстраполяция методом наименьших квадратов может быть осуществлена только в том случае, если известен тип зависимости между двумя измеряемыми величинами.

Заключение

Учебное исследование по праву считается одной из важнейших форм организации обучения в вузе. Какой должна быть исследовательская деятельность будущих педагогов? Очевидно, что она не должна исчерпываться лишь освоением нового содержания в предметной области. Неотъемлемым является профессионально ориентированный характер работы с дидактическим материалом: изучение структуры знания с точки зрения его преподавания и освоения, выявление межпредметных связей, знакомство с историей формирования содержания. Именно с таких позиций в данной работе рассматривается метод наименьших квадратов. Задача, приводящая к идее и реализации метода для расчёта коэффициентов регрессии линейного типа, обобщена распространением метода на основные случаи нелинейной регрессии (полином k -ой чётной степени, равнобочная гиперболa, степенная, обратная, показательная и экспоненциальная зависимость). В качестве практического применения метода проведена обработка с помощью программы Microsoft Excel результатов физических экспериментов с линейной зависимостью (определение температурного коэффициента нагревания алюминия) и нелинейной (квадратичной) зависимостью между величинами (определение значения ускорения свободного падения). Результаты обработки данных проиллюстрированы графически: зависимость между исследуемыми физическими характеристиками представлена как экспериментальными точками, так и соответствующими линиями регрессии. Тем самым наглядно продемонстрированы возможности метода наименьших квадратов по сравнению с исключительно численной статистической обработкой данных при интерпретации результатов физического эксперимента. С такой задачей по обработке совокупности экспериментальных значений двух величин, между которыми существует линейная или нелинейная зависимость, сталкиваются студенты технических специальностей средних специальных и высших учебных заведений, а также школьники профильных классов. Достаточно трудоёмкий вычислительный процесс обработки результатов лабораторных работ, целесообразно оптимизировать, используя возможности приложения Microsoft Excel. Изучение метода наименьших квадратов именно в таком ключе – как математического инструмента для решения прикладных задач, автоматизируемого средствами электронных таблиц, наглядно демонстрирует метапредметный характер научного знания и его единство.

Список использованных источников


1. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. — Москва : Гос. изд. физ.-мат. лит., 1958. — 336 с.
2. Пантаев М. Ю. Матанализ с человеческим лицом: в 2 томах. Т. 2. — Москва : ЛЕНАНД, 2015. — 368 с.
3. Лоусон Ч., Хенсон Р. Численное решение задач метода наименьших квадратов. — Москва : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. — 232 с.
4. Слободянюк А. И. Метод наименьших квадратов в школьном физическом эксперименте // Физика: проблемы преподавания. — 1995. — № 1. — С. 88–89.

5. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: в 2 томах. Т. 2. — Москва : Финансы и статистика, 1986. — 351 с.
6. Сивухин Д. В. Общий курс физики: в 5 т. Т 4. Оптика. — Москва : Физматлит, 2002. — 752 с.
7. Анциферов Л. И., Пищиков И. М. Практикум по методике и технике школьного физического эксперимента : учебное пособие для студентов педагогических институтов по физико-математическим специальностям. — Москва : Просвещение, 1984. — 255 с.
8. Яворский В. А. Планирование научного эксперимента и обработка экспериментальных данных. — Москва : Московский физико-технический институт (государственный университет), 2006. — 24 с.

Сведения об авторах:

Ольга Викторовна Макеева — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», город Ульяновск, Россия.

E-mail: mov_ulspu@mail.ru

ORCID iD  0000-0003-4345-2296

Web of Science ResearcherID  ABA-2550-2020

SCOPUS ID  24171477100

Дарья Владиславовна Воронова — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», город Ульяновск, Россия.

E-mail: iceblitz@mail.ru, iceblitz020898@gmail.com

ORCID iD  0000-0003-2055-9904

Web of Science ResearcherID  ABI-4025-2020

Least squares method as a tool for studying the relationship between quantities in a physical experiment

O. V. Makeeva , D. V. Voronova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted October 2, 2020
Resubmitted February 19, 2021
Published March 5, 2021

Abstract. An analytical implementation of the least squares method in the linear and nonlinear cases is described. The application of the method is illustrated by examples of processing the results of two physical experiments using Microsoft Excel. Of practical interest is the application of the least squares method to the processing of a set of experimental values of two quantities between which there is a linear or nonlinear dependence, which is very typical for physical quantities related to each other, the set of pairs of values of which is fixed by instruments.

Keywords: least squares method, processing of a set of experimental values, linear case, nonlinear case, linear dependence, nonlinear dependence, physical quantities

PACS: 02.60.Ed


References

1. Antsiferov L. I., Pishchikov I. M. Workshop on the methodology and technique of a school physical experiment: a textbook for students of pedagogical institutes in physics and mathematics. — Moscow : Education, 1984. — 255 p.
2. Draper N., Smith G. Applied Regression Analysis: in 2 volumes. Vol. 2. — Moscow : Finance Statistics, 1986. — 351 p.
3. Linnik Yu. V. Least squares method and the foundations of the mathematical and statistical theory of observation processing. — Moscow : Main publishing house of physical and mathematical literature, 1958. — 336 p.
4. Lawson Ch., Henson R. Numerical solution of problems of the method of least squares. — Moscow : Science. Main publishing house of physical and mathematical literature, 1986. — 232 p.
5. Pantaev M. Yu. Calculus with a human face: in 2 volumes. T. 2. — Moscow : LENAND, 2015. — 368 p.
6. Sivukhin D. V. General course of physics: in 5 volumes. Vol. 4. Optics. — Moscow : Fizmatlit, 2002. — 752 p.
7. Slobodyanyuk A. I. Least squares method in a school physics experiment // Physics: teaching problems. — 1995. — no. 1. — P. 88–89.
8. Yavorsky B. A. Planning a scientific experiment and processing experimental data. — Moscow : Moscow Institute of Physics and Technology (State University), 2006. — 24 p.

Information about authors:

Olga Viktorovna Makeeva — PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: mov_ulspu@mail.ru

ORCID iD  0000-0003-4345-2296

Web of Science ResearcherID  ABA-2550-2020

SCOPUS ID  24171477100

Daria Vladislavovna Voronova — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: iceblitz@mail.ru, iceblitz020898@gmail.com

ORCID iD  0000-0003-2055-9904

Web of Science ResearcherID  ABI-4025-2020

Авторский указатель

Алтунин, К. К., 43, 67
Арсенова, О. А., 34
Ачилова, С. А., 34
Баскаков, А. Г., 94
Волкова, Е. Е., 26
Воронова, Д. В., 102

Карташова, А. А., 1, 85
Кошелев, Н. А., 34
Криштал, И. А., 94
Купреянова, Е. А., 67
Кучерова, Ю. А., 43
Макеева, О. В., 102

