

ISSN 2712-8326



НАУКА ONLINE
SCIENCE ONLINE

Сетевое издание
№ 4 (29) | 2024

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

НАУКА ONLINE, № 4 (29), 2024.

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».

Адрес учредителя: 432071, Ульяновская область, город Ульяновск, площадь Ленина, дом 4/5.

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

Адрес издателя: 432071, Ульяновская область, город Ульяновск, площадь Ленина, дом 4/5.

Главный редактор: К. К. Алтунин.

Адрес редакции: Россия, 432071, Ульяновская область, город Ульяновск, площадь Ленина, дом 4/5.

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

E-mail: nauka_online@ulspu.ru

Science online, issue 4 (29), 2024.

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

ISSN 2712-8326

Published 4 times a year.

Founder: Ulyanovsk State Pedagogical University.

The address of the founder is 432071, Ulyanovsk region, Ulyanovsk city, Lenin square, 4/5.

Publisher: Ulyanovsk State Pedagogical University.

The address of the publisher is 432071, Ulyanovsk region, Ulyanovsk city, Lenin square, 4/5.

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

Editorial office address: Russia, 432071, Ulyanovsk region, Ulyanovsk city, 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, доцент кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», город Ульяновск, Российская Федерация.

Веселовская Юлия Александровна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры методик математического и информационно-технологического образования, декан факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», город Ульяновск, Российская Федерация.

Вилков Евгений Александрович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории исследований физических явлений на поверхности и границах раздела твердых тел, Институт радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН, фрязинский филиал, город Фрязино, Московская область, Российская Федерация.

Громова Екатерина Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры методик математического и информационно-технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», город Ульяновск, Российская Федерация.

Демин Максим Викторович, кандидат физико-математических наук, проректор по научной работе ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», город Калининград, Российская Федерация.

Идиатуллин Тимур Тофикович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры СМАРТ-технологии ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», город Москва, Российская Федерация.

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

Капитанчук Василий Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры организации аэропортовой деятельности и информационных технологий ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева», город Ульяновск, Российская Федерация.

Каренин Алексей Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры информатики ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», город Ульяновск, Российская Федерация.

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

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

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

Фомин Игорь Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор факультета фундаментальных наук ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», город Москва, Российская Федерация.

Фролов Даниил Анатольевич, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии и химии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», город Ульяновск, Российская Федерация.

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

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

Шалин Александр Сергеевич, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», город Санкт-Петербург, Российская Федерация.

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

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», город Ульяновск, Российская Федерация.

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, Ulyanovsk, Russian Federation.

Yulia Aleksandrovna Veselovskaya, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russian Federation.

Evgeniy Aleksandrovich Vilkov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, leading researcher at the Laboratory for Research of Physical Phenomena on the Surface and Interfaces of Solids, Institute of Radio Engineering and Electronics named after V. A. Kotelnikov RAS, Fryazino branch, Fryazino city, Moscow region, Russian Federation.

Ekaterina Mikhailovna Gromova, PhD, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor the Department of Methods of Mathematical and Information Technology Education, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russian Federation.

Maxim Viktorovich Demin, PhD, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Vice-Rector for Scientific Work of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Immanuel Kant Baltic Federal University”, Kaliningrad, Russian Federation.

Timur Tofikovich Idiatullov, PhD, Candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the department of SMART technologies of the Moscow Polytechnic University, Moscow, Russian Federation.

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”, Republic of Bashkortostan, Russian Federation.

Vasily Vyacheslavovich Kapitanchuk, PhD, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Organization of Airport Operations and Information Technologies of the Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev, Ulyanovsk, Russian Federation.

Aleksey Aleksandrovich Karenin, PhD, Candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Informatics, Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russian Federation.

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.

Svetlana Aleksandrovna Pyrova, PhD, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russian Federation.

Vladimir Nikolaevich Fedorov, PhD, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Geography and Ecology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russian Federation.

Igor Vladimirovich Fomin, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Faculty of Basic Sciences of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Moscow State Technical University named after N. E. Bauman (National Research University)”, Moscow, Russian Federation.

Daniil Anatolyevich Frolov, PhD, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russian Federation.

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

Sergey Viktorovich Chervon, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Physics and Technical Disciplines of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russian Federation.

Alexander Sergeevich Shalin, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, senior researcher at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “National Research University ITMO”, St. Petersburg, Russian Federation.

Viktor Vyacheslavovich Shishkarev, PhD, Candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of the department of physics and technical disciplines of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russian Federation.

Valery Gennadievich Shubovich, Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Informatics, Professor of the Department of Informatics of the Federal State Budgetary

Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russian Federation.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Физические науки	1
Оптика	1
1 Исследование оптических свойств коллоидных метаматериалов <i>О. Н. Захарова</i>	
16 Исследование физических свойств пондеромоторных сил в наноструктурах <i>В. В. Левочкина</i>	
Компьютерные науки и информатика	27
Искусственный интеллект и машинное обучение	27
27 Применение искусственного интеллекта в бизнесе <i>Т. С. Грачева, А. А. Асланова, С. В. Болдин</i>	
Теоретическая информатика	38
38 Роль систем планирования ресурсов предприятия в реинжиниринге бизнес-процессов на примере промышленных предприятий <i>С. В. Болдин, А. И. Сатушев, Н. А. Шеронов</i>	
Науки об образовании	47
Теория и методика обучения и воспитания	47
47 Педагогическое проектирование учебной дисциплины по методам исследовательской и проектной деятельности <i>К. К. Алтунин</i>	
60 Разработка дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе <i>Е. А. Илюшкина</i>	
73 Применение демонстрационного эксперимента по механике в лицее с использованием оборудования технопарка <i>В. А. Клопкова, В. В. Шишкарев</i>	
82 Разработка дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей <i>А. А. Родионова</i>	
94 Анализ развития функциональной грамотности на уроках физики в лицее <i>О. В. Сергеева</i>	
Авторский указатель	105

CONTENTS

Physical sciences	1
Optics	1
1 Investigation of the optical properties of colloidal metamaterials <i>O. N. Zakharova</i>	
16 Investigation of physical properties of ponderomotive forces in nanostructures <i>V. V. Levochkina</i>	
Computer science and information science	27
Artificial intelligence and machine learning	27
27 Application of artificial intelligence in business <i>T. S. Gracheva, A. A. Aslanova, S. V. Boldin</i>	
Theoretical computer science	38
38 The role of enterprise resource planning systems in business process reengineering using industrial enterprises as an example <i>S. V. Boldin, A. I. Satushev, N. A. Sheronov</i>	
Educational sciences	47
Theory and methodology of training and education	47
47 Pedagogical design of an academic discipline using research and project activities <i>K. K. Altunin</i>	
60 Development of a distance learning course on radio engineering devices at school <i>E. A. Ilyushkina</i>	
73 Application of a demonstration experiment on mechanics in the lyceum using the equipment of the technology park <i>V. A. Klopkova, V. V. Shishkarev</i>	
82 Development of a distance learning course on microelectronics in educational gaming devices for children <i>A. A. Rodionova</i>	
94 Analysis of the development of functional literacy in physics lessons at the lyceum <i>O. V. Sergeeva</i>	
Author's index	106

Секция 1

Физические науки

1.1 Оптика

Научная статья

УДК 535.3

ББК 22.343

ГРНТИ 29.31.27

ВАК 1.3.6.

PACS 42.25.Bs

OCIS 260.2065

MSC 78A10

Исследование оптических свойств коллоидных метаматериалов

О. Н. Захарова  ¹

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

Поступила в редакцию 14 ноября 2024 года

После переработки 16 ноября 2024 года

Опубликована 28 декабря 2024 года

Аннотация. Представлены результаты теоретического и численного исследования оптических свойств коллоидных метаматериалов. Обсуждается возможность применения коллоидных метаматериалов для управления усиленным пропусканием света. Методы исследования включают компьютерное моделирование физических характеристик метаматериалов с отрицательным показателем преломления. В результате компьютерных расчётов получены дисперсионные зависимости эффективной диэлектрической проницаемости и эффективного показателя преломления коллоидных метаматериалов. Результаты исследования могут быть использованы для разработки оптоэлектронных устройств, использующих оптические свойства коллоидных метаматериалов.

Ключевые слова: метаматериал, коллоидный метаматериал, оптические свойства, оптическое излучение, приближение эффективной среды, фотоника, метаповерхность

¹E-mail: zkhrvolly@gmail.com

Введение

Исследование оптических свойств коллоидных метаматериалов направлено на анализ физических характеристик оптических явлений в коллоидных метаматериалах, которые связаны с пропусканием и поглощением оптического излучения. Актуальность исследования обусловлена возрастающим интересом к использованию оптических систем на основе метаматериалов.

Цель исследования заключается в определении дисперсионной зависимости эффективной диэлектрической проницаемости коллоидных метаматериалов с металлическими наночастицами и наночастицами из метаматериалов. Задачи исследования включают определение и анализ дисперсионной зависимости эффективной диэлектрической проницаемости коллоидных метаматериалов с металлическими наночастицами и наночастицами из метаматериалов с помощью современных вычислительных средств. Объектом исследования является набор коллоидных метаматериалов. Предметом исследования является совокупность оптических свойств коллоидных метаматериалов. Методы исследования включают использование численных методов в оптике. Материалы исследования включают различные коллоидные растворы, содержащие металлические наночастицы и наночастицы из метаматериалов. Научная новизна исследования заключается в изучении оптических свойств коллоидных метаматериалов на основе новых математических моделей, а также в выявлении закономерностей между параметрами коллоидных метаматериалов, находящихся во внешнем поле оптического излучения.

Гипотеза исследования заключается в предположении о том, что оптические свойства коллоидных метаматериалов могут быть эффективно управляемыми путём изменения параметров включений и матрицы нанокompозитного материала, что открывает возможности для создания новых оптоэлектронных устройств и систем.

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии понимания процессов светорассеяния и опалесценции в коллоидных системах, а также в разработке математических моделей и уравнений, описывающих эти явления. Практическая значимость исследования связана с возможностью использования полученных результатов для разработки новых оптических материалов для сенсорных устройств.

Обзор физических свойств коллоидных метаматериалов

Коллоидные метаматериалы являются сконструированными материалами, состоящими из коллоидных частиц, которые проявляют уникальные оптические свойства, не встречающиеся в природных материалах. Коллоидные плазмонные метаповерхности представляют собой инновационные метаматериалы с точным контролем кристаллографии и поверхностной химии, предлагающие улучшенные нелинейные оптические процессы и молекулярную спектроскопию по сравнению с традиционными методами. Коллоидные плазмонные метаповерхности улучшают физические характеристики нелинейных оптических процессов и молекулярную спектроскопию, предлагая высокопроизводительные оптические полости и масштабируемость [1].]. Недавние исследования подчеркивают их потенциал в манипулировании светом в наномасштабе, что позволяет применять их в фотонике и сенсорных технологиях. Например, обсуждается настраиваемость оптических откликов в коллоидных метаматериалах, подчеркивая их способность достигать отрицательных показателей преломления посредством структурного проектирования [1]. В статье [2] изучается роль взаимодействия частиц в улучшении свойств эффективной среды, что может привести к новым функциональным возможностям в манипулировании светом. В статье [2] обсуждается изготовление метаповерхностей, предотвращающих запотевание, с использованием коллоидного пути на водной основе, что позволяет эффективно преобразовывать солнечный

свет в тепло для предотвращения запотевания, сохраняя при этом прозрачность, демонстрируя свойства коллоидных метаматериалов. В статье [2] представлен эффективный протокол, позволяющий создавать метаповерхности, обеспечивающие синергию между оптическими и термическими свойствами, где золотые наночастицы располагаются между двумя прозрачными силикатными монослоями. В статье [3] демонстрируется изготовление коллоидных метаматериалов со специфическим резонансным поведением, демонстрируя их применение в создании передовых оптических устройств [3]. В статье [3] использован перенос кластеров ДНК с помощью магнитных бусин для создания дискретно запатченных наночастиц ДНК-кластеров для самосборки коллоидных метаматериалов. Коллоидные метаматериалы — это искусственные материалы, имитирующие молекулярные структуры, предлагающие уникальные функциональные возможности. В статье [3] представлен метод использования запатченных наночастиц ДНК для точной самосборки, что позволяет использовать их в различных приложениях в нанотехнологиях. Однако остаются проблемы с масштабируемостью и однородностью этих материалов для улучшения методов синтеза для использования их полного потенциала [4]. В статье [4] показано, что физико-химические свойства частиц влияют на свойства собранных структур, конфигурация частиц также является критическим компонентом самосборки метаматериалов, и конфигурация частиц. Коллоидная самосборка способствует созданию передовых метаматериалов путём организации частиц на основе физико-химических свойств, влияя на свойства собранных структур. В целом, коллоидные метаматериалы представляют собой перспективную область материаловедения, и текущие исследования направлены на преодоление существующих ограничений [5]. Коллоидные метаматериалы собираются из наночастиц благородных металлов, образуя искусственные структуры с настраиваемыми оптическими свойствами, плазмонными поляритонами и способностью манипулировать светом в субволновых масштабах [5]. Коллоидные наночастицы благородных металлов состоят из металлических ядер и органических или неорганических лигандных оболочек и поддерживают плазмонные резонансы, зависящие от размера и формы [5]. В статье [6] была изучена коллоидная метаматериальная система, в которой диэлектрические частицы субмикронного размера (SiO_2) диспергированы в нематическом жидком кристалле. Исследование изучает усиленный резонанс Ми в коллоидном метаматериале с низким показателем преломления с нематическим жидким кристаллом, указывая на новый подход к управлению взаимодействиями света и вещества в метаматериалах. Коллоидные метаматериалы используют самосборку для изготовления оптических метаматериалов, что позволяет использовать нанозазоры, трёхмерная сложность и экономически эффективную обработку, преодолевая проблемы литографии для достижения неестественных оптических преломлений [7]. Принцип проектирования коллоидно самосборных оптических метаматериалов, демонстрирующих неестественные преломления, практическая проблема соответствующих экспериментов и будущие возможности критически рассматриваются в статье [7]. В статье [8] представлен новый метод сборки асимметричных коллоидных молекул, приводящий к уникальным оптическим свойствам и демонстрирующий потенциал для создания коллоидных метаматериалов с регулируемыми фотонными реакциями. В статье [9] обсуждается высокочувствительный фотодетектор среднего инфракрасного диапазона, использующий спеченную гетероструктуру коллоидных квантовых точек PbSe/PbS в сочетании с металлическим метаповерхностным идеальным поглотителем для улучшения производительности. В статье [9] демонстрируются компактные и эффективные фотодетекторы, работающие при комнатной температуре в диапазоне длин волн от 2710 нм до 4250 нм с чувствительностью до 375 и 4 А/Вт. В статье [10] обсуждаются почти идеальные широкополосные метаматериальные поглотители, использующие коллоидную литографию для создания усеченных наноконусов, демонстрирующие

достижения в проектировании метаматериалов для улучшения поглощающих способностей. В статье [10] исследованы поглощающие характеристики усеченных наноконусов в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной спектральной области, а результаты моделирования временной области методом конечных разностей с использованием воздушной массы 1.5 показали, что усеченные наноконусы имеют среднюю поглощательную способность солнечного света 94.22% между 280 нм и 2500 нм. В работе [11] с помощью численного моделирования изучаются фотонные свойства композита коллоидных частиц расщепленного кольцевого резонатора, диспергированных в нематическом жидком кристалле, который был оптимизирован для обеспечения полной самосборки и направлен на разработку мягких и жидких метаматериалов, которые проявляют оптическую анизотропию в фотонном отклике как мощный механизм управления потоком света на длине волны и даже в субволновых масштабах. Коллоидные метаматериалы состоят из коллоидных частиц расщепленного кольцевого резонатора, диспергированных в нематическом жидком кристалле, демонстрирующих настраиваемые оптические свойства посредством двулучепреломления для управления потоком света на субволновых масштабах [11]. В работе [12] представлена концепция роста наночастиц на подложке и коллоидной самосборки наночастиц с помощью шаблона для достижения локальных и распространяющихся магнитных резонансов в сантиметровом масштабе. Методы коллоидной самосборки позволяют экономически эффективно изготавливать локальные и распространяющиеся магнитные резонансы в макроскопическом масштабе, предлагая жизнеспособный подход к созданию оптических метаматериалов [12]. В работе [13] показано, что коллоидные нанокристаллы различной формы могут быть организованы в архитектуры метаповерхностей с использованием надежных, масштабируемых методов сборки и демонстрируют экстремальную электромагнитную связь в плоскости, которая сильно зависит от размера, формы и расстояния между нанокристаллами. Коллоидные метаповерхности представляют собой сверхтонкие массивы нанокристаллов, которые демонстрируют экстремальное поглощение света, настраиваемое от видимых до средних инфракрасных длин волн, что обеспечивает уникальный контроль над электромагнитными откликами в инфракрасном спектре [13]. В статье [14] представлен отчет о ходе работы по прогнозированию оптических свойств отдельных коллоидных строительных блоков и их сборок, мокро-химического синтеза и направленной самосборки коллоидных частиц. Коллоидные метаповерхности — это новые сборки коллоидных частиц с индивидуальными эффектами связи, позволяющие производить недорогие функциональные устройства для различных приложений, таких как динамические модуляторы света и датчики.

Дифференциальные уравнения с дробными производными появились как мощный инструмент для моделирования аномальной диффузии мезоскопических частиц в коллоидных растворах, эффективно фиксируя сложную динамику, наблюдаемую в системах мезоскопических частиц в коллоидных растворах. Обобщенные уравнения диффузии, включающие дробные производные, такие как предложенные Капуто-Фабрицио и Атанганой-Балеану, позволяют описывать негауссовское поведение и предоставляют точные выражения для диффузионных свойств, раскрывая такие явления, как субдиффузия и супердиффузия через различные распределения времени ожидания [15, 16]. В статье [15] обсуждаются дробные уравнения диффузии с использованием операторов Капуто-Фабрицио и Атанганой-Балеану, которые эффективно описывают аномальную диффузию в сложных системах, приводя к негауссовым стационарным распределениям и кроссоверам между обычным, ограниченным и субдиффузионным поведением в мезоскопических частицах. В статье [15] предложено использовать обобщенные уравнения диффузии с производными дробного порядка для описания диффузии в сложных системах с преимуществом получения точных выражений для базовых диффузионных

свойств. В статье [16] обсуждаются производные дробного порядка по времени и пространству для дополнения классических уравнений диффузии, эффективно описывающие аномальную диффузию в гетерогенных материалах, включая мезоскопические частицы в коллоидных растворах, посредством трёхмерных фазовых кубов, представляющих супердиффузию, субдиффузию и квазигауссово поведение. В статье [16] показано, что производные дробного порядка по времени и пространству являются одним из способов дополнения классического уравнения диффузии, так что оно учитывает негауссовские процессы, часто наблюдаемые в гетерогенных материалах. Аналитические решения, полученные из дробных модифицированных телеграфных уравнений и уравнений Рэлея, дополнительно иллюстрируют влияние дробных производных на распространение частиц, демонстрируя решения бегущего импульса, которые зависят от дробного порядка [17]. Кроме того, интеграция ядер свёртки в кинетические уравнения улучшает моделирование процессов адсорбции и десорбции на коллоидных поверхностях, связывая эту динамику с аномальной диффузией [18]. В статье [18] используется обобщённое уравнение диффузии и кинетические уравнения для моделирования аномальной диффузии частиц вблизи коллоидной частицы, включая ядра свёртки для описания сложных реакционных процессов, которые могут быть представлены дробными производными уравнениями в мезоскопических контекстах. В статье [18] исследуется аномальная диффузия и немарковские реакции частиц вблизи адсорбирующей коллоидной частицы, с использованием обобщённого уравнения диффузии и кинетических уравнений для моделирования объёмной динамики и поверхностных реакций, выявляя различные аномальные поведения диффузии. В целом эти достижения подчёркивают универсальность и эффективность дробного исчисления в понимании сложного поведения частиц в коллоидных средах [19]. В статье [20] обсуждаются дробные аномальные уравнения диффузии, использующие производные Римана-Лиувилля и Капуто для моделирования субдиффузии и супердиффузии. Основное внимание уделяется асимптотическим решениям, важным для описания поведения мезоскопических частиц в коллоидных растворах. Используя преобразования Лапласа и Фурье, получены асимптотические оценки решений уравнений аномальной диффузии. В статье [21] исследуются три вида дробных дифференциальных моделей (модель распределённого порядка, модель переменного порядка и модель случайного порядка) для характеристики аномальной диффузии и выделяют характеристики, физические преимущества и потенциальные приложения каждой модели. В статье [21] обсуждаются дробные дифференциальные модели, в частности модели распределённого порядка, переменного порядка и случайного порядка, которые эффективно характеризуют аномальные процессы диффузии, включая процессы мезоскопических частиц в коллоидных растворах, с помощью их уникальных математических формулировок. В статье [22] рассматривается степень некорректности дробных обратных задач, включающих дробную производную Джрбашьяна-Капуто по времени или пространству. В статье [22] обсуждаются дробные дифференциальные уравнения, в частности, с использованием производных Джрбашьяна-Капуто, для моделирования аномальных процессов диффузии, подчёркивая их применение в описании мезоскопических движений частиц в коллоидных растворах и уникальные проблемы, возникающие при решении обратных задач в этом контексте. В статье [23] представлена нелокальная дробная перидинамическая модель, которая использует дробные производные уравнения для характеристики аномальных диффузионных процессов, в частности, в сложных средах, применяя метод дробного перидинамического дифференциального оператора для эффективных численных решений. В статье [23] предлагается нелокальная дробная перидинамическая модель для характеристики нелокальности физических процессов или систем на основе анализа с дробной производной моделью и перидинамической моделью. В статье [24] предложен

метод конечных разностей для решения одномерных (стационарных) дробных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами и двусторонними дробными производными. В статье [24] обсуждаются дробные дифференциальные уравнения для моделирования аномальной диффузии, подчеркивая их нелокальную природу. В статье [24] представлен метод конечных разностей для одномерных дробных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами, подходящий для описания диффузионного поведения мезоскопических частиц в коллоидных растворах. В статье [25] представлено исследование аномальной диффузии с использованием описания Фоккера-Планка с дробными производными скорости, где функции распределения находятся с использованием численных средств для различной степени дробности устойчивого распределения Леви. В статье [25] вводится дробное уравнение Фоккера-Планка для описания аномальной диффузии, включающее дробные производные скорости для учёта нелокальных эффектов и длинных скачков, актуальных для мезоскопических частиц в коллоидных растворах, демонстрирующих негауссово поведение. В статье [26] исследуются решения обобщенного уравнения типа диффузии, рассматривая пространственную и временную дробную производную и наличие нелокальных членов, которые могут быть связаны с реакцией или процессами адсорбции-десорбции. В статье [26] исследуются обобщённые уравнения диффузии, включающие пространственные и временные дробные производные, обращаясь к аномальным процессам диффузии. Решения выводятся с использованием подхода функции Грина, подчёркивающего различные поведения, относящиеся к мезоскопическим частицам в коллоидных растворах и их диффузионным характеристикам.

Результаты

Новые оптические материалы с малыми положительными и отрицательными значениями эффективного комплексного показателя преломления n имеют непосредственное отношение к проблеме широкополосного оптического просветления поверхностей различных оптических сред при помощи коллоидных метаматериалов. Запишем формулу для амплитуды r_1 отражённой волны от слоя с толщиной d_1 и показателем преломления n_1 , находящегося на поверхности полубесконечной оптической среды с показателем преломления n_2 . Свет падает из среды 1 с показателем преломления n_0 . Рассмотрим для упрощения случай нормального падения внешнего излучения с длиной волны λ . Тогда эта формула принимает следующий вид:

$$r_1 = \frac{r_{01} + r_{12} \exp(i2\phi_1)}{1 + r_{01}r_{12} \exp(i2\phi_1)}, \quad (1)$$

где r_{01} , r_{12} – амплитудные коэффициенты Френеля для отражения оптической волны,

$$r_{01} = \frac{n_0 \cos \theta_0 - n_1 \cos \theta_1}{n_0 \cos \theta_0 + n_1 \cos \theta_1}, \quad (2)$$

$$r_{12} = \frac{n_1 \cos \theta_1 - n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2}, \quad (3)$$

а изменение фазы в слое 1 определяется с помощью величины

$$\phi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} d_1 n_1. \quad (4)$$

Рассмотрим коллоидную нанокompозитную среду с включениями двух типов и матрицей из глицерина. Показатель преломления матрицы из глицерина вычисляется по формуле [27]:

$$n = 1.45797 + \frac{0.00598}{\lambda^2} - \frac{0.00036}{\lambda^4}. \quad (5)$$

Диэлектрическая проницаемость наноразмерных включений первого типа в виде наночастиц серебра находится по формуле [28]:

$$\varepsilon_{i1} = \varepsilon_{\infty 1} - \frac{\omega_{p1}^2}{\omega(\omega + i\gamma_1)}, \quad (6)$$

где для наночастиц серебра $\hbar\omega_{p1} = 9.6$ эВ, $\hbar\gamma_0 = 0.0544$ эВ, $\varepsilon_{\infty 1} = 5.266$. Коэффициент затухания для наночастиц серебра находится по формуле

$$\gamma_1 = \gamma_0 + A_p(0.71f_1 + 0.31(1 - f_1))\frac{v_F}{a_1}, \quad (7)$$

в которой $A_p \approx 0.33$ для сферических наночастиц, скорость Ферми $v_F = 1.392 \cdot 10^6$ м/с.

Диэлектрическая проницаемость наноразмерных включений второго типа в виде наночастиц из метаматериала находится по формуле:

$$\varepsilon_{i2} = \varepsilon_{\infty 2} \left(1 - \frac{\omega_{p2}^2}{\omega(\omega + i\gamma_2)} \right), \quad (8)$$

где $\omega_{p2} = 1.36 \cdot 10^{16} \text{ с}^{-1}$, $\gamma_2 = 3.04 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$, $\varepsilon_{\infty 2} = -1.2$.

Для нахождения эффективной диэлектрической проницаемости системы наноразмерных включений используем формулу:

$$\varepsilon_i = f_1\varepsilon_{i1} + f_2\varepsilon_{i2}. \quad (9)$$

Для нахождения эффективной диэлектрической проницаемости нанокompозита с включениями коллоидного метаматериала используем формулу Максвелл-Гарнетта:

$$\varepsilon_{eff}^{MG} = \varepsilon_m \left(1 + 3f \frac{(\varepsilon_i - \varepsilon_m)}{\varepsilon_i + 2\varepsilon_m - f(\varepsilon_i - \varepsilon_m)} \right), \quad (10)$$

где фактор заполнения наноразмерными включениями двух типов определяется по формуле $f = f_1 + f_2$. Эффективный показатель преломления нанокompозита с включениями коллоидного метаматериала найдём по формуле:

$$n_1 = \sqrt{\varepsilon_1} = \varepsilon_{eff}^{MG}. \quad (11)$$

Приведём результаты численных расчётов дисперсионной зависимости эффективной диэлектрической проницаемости коллоидных метаматериалов.

На рис. 1 изображена зависимость действительной части и мнимой части эффективной диэлектрической проницаемости коллоидных метаматериалов от длины волны внешнего оптического излучения. Первая система наноразмерных включений обладает параметрами: средний размер наночастиц серебра равен $a_1 = 5.0$ нм, фактор заполнения наноразмерными включениями первого типа составляет $f_1 = 0.03$. Вторая система наноразмерных включений обладает параметрами: средний размер наночастиц из метаматериала равен $a_2 = 5.0$ нм, фактор заполнения наноразмерными включениями второго типа составляет $f_2 = 0.07$. Матрицей нанокompозитного слоя является глицерин.

На рис. 2 изображена зависимость модуля эффективной диэлектрической проницаемости коллоидных метаматериалов от длины волны внешнего оптического излучения.

На рис. 3 изображена зависимость действительной части и мнимой части эффективного комплексного показателя преломления коллоидных метаматериалов как функция длины волны внешнего оптического излучения.

На рис. 4 изображена зависимость модуля эффективного комплексного показателя преломления коллоидных метаматериалов как функция длины волны внешнего оптического излучения.

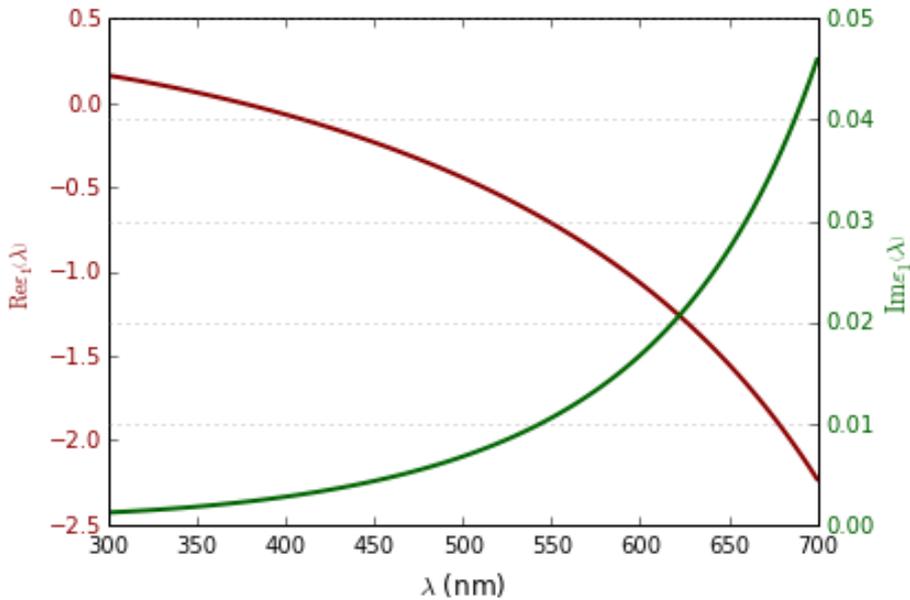


Рис. 1. Зависимость действительной части и мнимой части эффективной диэлектрической проницаемости коллоидных метаматериалов от длины волны внешнего оптического излучения. Первая система наноразмерных включений обладает параметрами: средний размер наночастиц серебра равен $a_1 = 5.0$ нм, фактор заполнения наноразмерными включениями первого типа составляет $f_1 = 0.03$. Вторая система наноразмерных включений обладает параметрами: средний размер наночастиц из метаматериала равен $a_2 = 5.0$ нм, фактор заполнения наноразмерными включениями второго типа составляет $f_2 = 0.07$. Матрицей нанокompозитного слоя является глицерин.

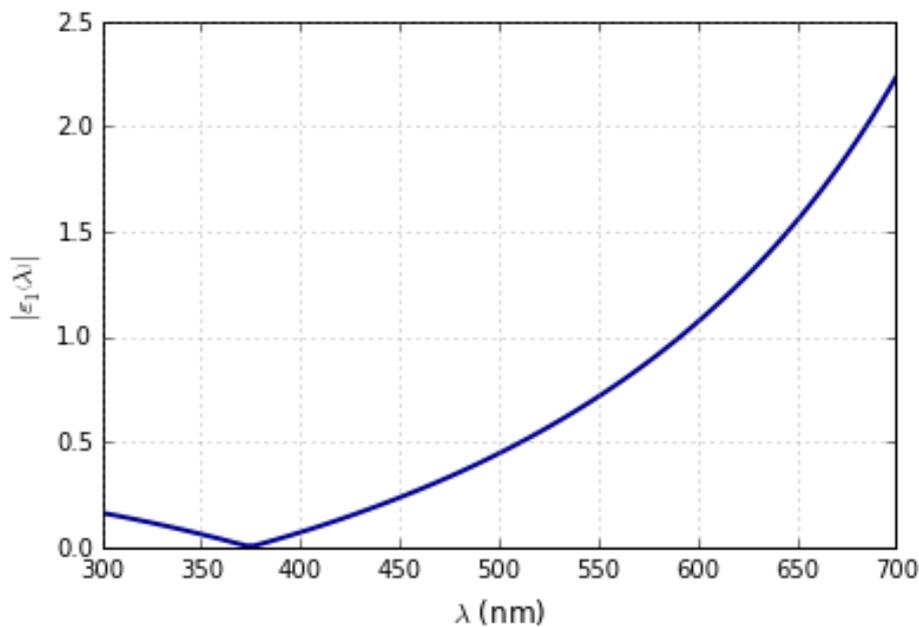


Рис. 2. Модуль эффективной диэлектрической проницаемости коллоидных метаматериалов как функция длины волны внешнего оптического излучения.

Просветляющее покрытие может быть определено как такое покрытие, которое обеспечивает минимальное отражение, когда отражательная способность достигает минимального значения. Если показатель преломления вещества слоя n_1 имеет значение,

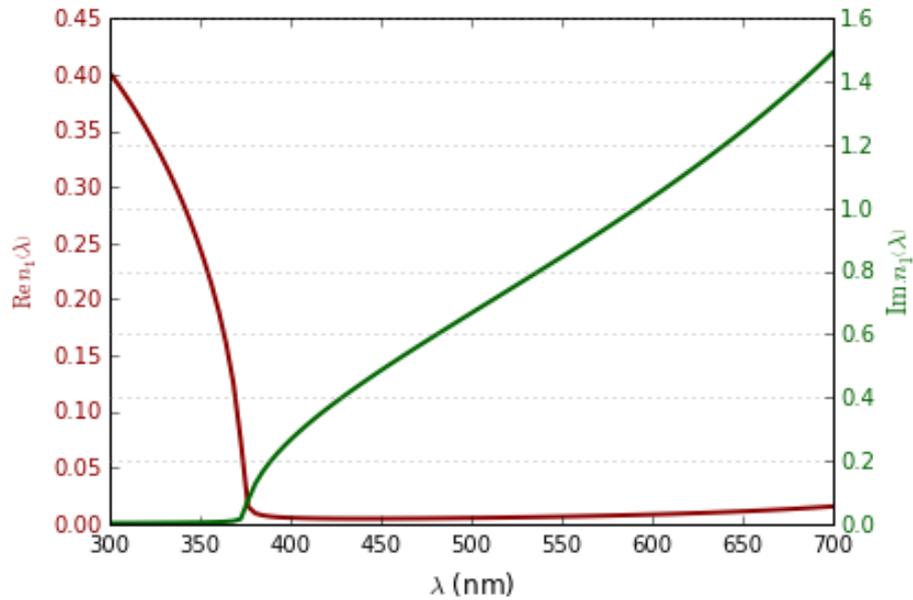


Рис. 3. Действительная часть и мнимая часть эффективного комплексного показателя преломления коллоидных метаматериалов как функция длины волны внешнего оптического излучения.

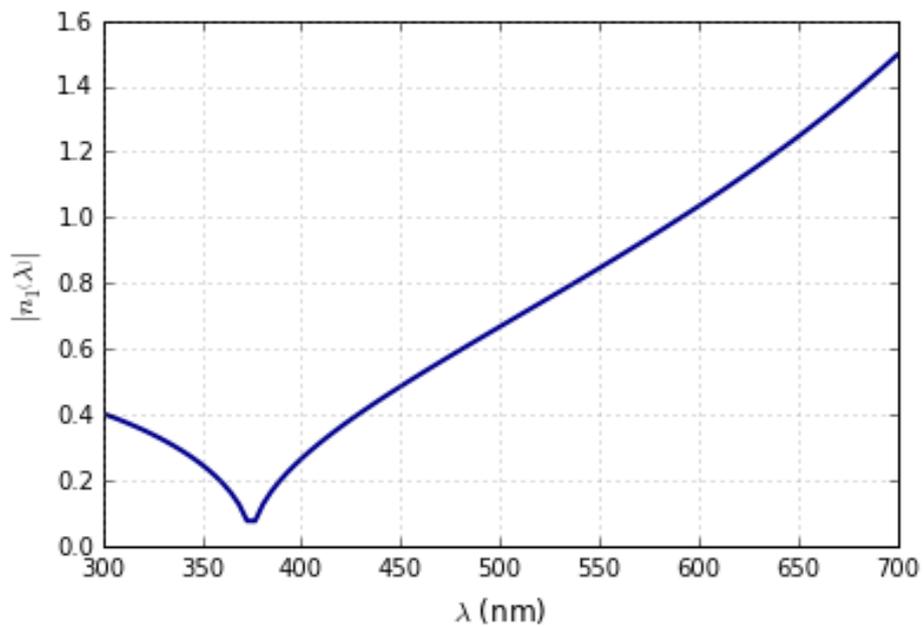


Рис. 4. Модуль эффективного комплексного показателя преломления коллоидных метаматериалов как функция длины волны внешнего оптического излучения.

промежуточное между значениями показателей преломления обрамляющих сред, то есть $n_0 < n_1 < n_2$, то при

$$\frac{2}{\lambda} n_1 d_1 = \frac{2m + 1}{2}, \tag{12}$$

где m – произвольное целое число, отражательная способность достигает минимума.

Если из коллоидного метаматериала изготовить слой, то этот слой будет идеальным просветляющим покрытием для поверхности полубесконечной подстилающей среды.

Заключение

Исследование позволило развить понимание физических процессов и разработать математические модели физических процессов оптического отражения и пропускания в коллоидных метаматериалах. Показано, что слой из коллоидного метаматериала может быть использован в качестве просветляющего покрытия для поверхности полубесконечной подстилающей среды. Показано, что на основе эффекта оптического просветления можно определить оптические свойства коллоидных метаматериалов.

Гипотеза исследования, заключающаяся в предположении о том, что оптические свойства коллоидных метаматериалов могут быть эффективно управляемыми путём изменения параметров включений и матрицы нанокompозитного материала, что открывает возможности для создания новых оптоэлектронных устройств и систем, была подтверждена результатами исследования.

Результаты исследования могут способствовать развитию новых технологий и приложений в области оптики и оптоэлектроники. Результаты исследования могут быть использованы для разработки новых оптических материалов для сенсорных устройств, работающих на основе принципов усиленного оптического пропускания.

Список использованных источников

1. Conti Ylli, Chiang Naihao, Scarabelli Leonardo. Colloidal plasmonic metasurfaces for the enhancement of nonlinear optical processes and molecular spectroscopies // *ChemNanoMat*. — 2024. — mar. — Vol. 10, no. 4. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/cnma.202300566>.
2. Fabricating defogging metasurfaces via a water-based colloidal route / Olena Khorzhenko [et al.] // *Materials Horizons*. — 2023. — Vol. 10, no. 9. — P. 3749–3760. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/d3mh00625e>.
3. DNA-patched nanoparticles for the self-assembly of colloidal metamaterials / Le Liang [et al.] // *JACS Au*. — 2023. — mar. — Vol. 3, no. 4. — P. 1176–1184. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/jacsau.3c00013>.
4. Lizano Andres, Tang Xun. Convolutional neural network-based colloidal self-assembly state classification // *Soft Matter*. — 2023. — Vol. 19, no. 19. — P. 3450–3457. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/d3sm00139c>.
5. Cai Yi-Yu, Choi Yun Chang, Kagan Cherie R. Chemical and physical properties of photonic Noble-metal nanomaterials // *Advanced materials*. — 2022. — feb. — Vol. 35, no. 34. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/adma.202108104>.
6. Enhanced Mie resonance in a low refractive index colloidal metamaterial aided by nematic liquid crystal / Amit Bhardwaj [et al.] // *Journal of Molecular Liquids*. — 2022. — jan. — Vol. 346. — P. 117116. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.molliq.2021.117116>.
7. Exploiting colloidal metamaterials for achieving unnatural optical refractions / Ji-Hyeok Huh [et al.] // *Advanced Materials*. — 2020. — oct. — Vol. 32, no. 51. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/ADMA.202001806>.
8. Theoretical investigation on the metamaterials based on the magnetic template-assisted self-assembly of magnetic-plasmonic nanoparticles for adjustable photonic responses / Jiajia Sun [et al.] // *The Journal of Physical Chemistry B*. — 2023. — oct. — Vol. 127, no. 40. — P. 8681–8689. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jpccb.3c04917>.

9. Highly responsive mid-infrared metamaterial enhanced heterostructure photodetector formed out of sintered PbSe/PbS colloidal quantum dots / Raphael Schwanninger [et al.] // *ACS Applied materials and interfaces*. — 2023. — feb. — Vol. 15, no. 8. — P. 10847–10857. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/acsami.2c23050>.
10. Near-perfect broadband metamaterial absorbers of truncated nanocones using colloidal lithography / Zhengjie Guo [et al.] // *Optical materials*. — 2021. — sep. — Vol. 119. — P. 111352. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/J.OPTMAT.2021.111352>.
11. Pusovnik Anja, Aplinc Jure, Ravnik Miha. Optical properties of metamaterial split ring nematic colloids // *Scientific Reports*. — 2019. — may. — Vol. 9, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/S41598-019-43470-6>.
12. Colloidal approach of local and propagating magnetic modes for optical metamaterials on the macroscopic area / Tobias A. F. König [et al.] // 2015 9th International congress on advanced electromagnetic materials in microwaves and optics (METAMATERIALS). — IEEE, 2015. — sep. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/METAMATERIALS.2015.7342555>.
13. Colloidal metasurfaces displaying near-ideal and tunable light absorbance in the infrared / Matthew J. Rozin [et al.] // *Nature communications*. — 2015. — jun. — Vol. 6, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/NCOMMS8325>.
14. Colloidal self-assembly concepts for plasmonic metasurfaces / Martin Mayer [et al.] // *Advanced optical materials*. — 2018. — sep. — Vol. 7, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/ADOM.201800564>.
15. Tateishi Angel A., Ribeiro Haroldo V., Lenzi Ervin K. The role of fractional time-derivative operators on anomalous diffusion // *Frontiers in physics*. — 2017. — oct. — Vol. 5. — URL: <http://dx.doi.org/10.3389/FPHY.2017.00052>.
16. Magin Richard L., Lenzi Ervin K. Slices of the anomalous phase cube depict regions of sub- and super-diffusion in the fractional diffusion equation // *Mathematics*. — 2021. — jun. — Vol. 9, no. 13. — P. 1481. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/MATH9131481>.
17. Analytical study of fractional equations describing anomalous diffusion of energetic particles / A. M. Tawfik [et al.] // *Journal of physics: conference series*. — 2017. — jun. — Vol. 869. — P. 012050. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/869/1/012050>.
18. Anomalous diffusion and non-Markovian reaction of particles near an adsorbing colloidal particle / Derik W. Gryczak [et al.] // *Fluids*. — 2024. — sep. — Vol. 9, no. 10. — P. 221. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/fluids9100221>.
19. Anomalous diffusion with Caputo-Fabrizio time derivative: an inverse problem / S. A. Seminara [et al.] // *Trends in computational and applied mathematics*. — 2022. — sep. — Vol. 23, no. 3. — P. 515–529. — URL: <http://dx.doi.org/10.5540/tcam.2022.023.03.00515>.
20. Ma Yutian, Zhang Fengrong, Li Changpin. The asymptotics of the solutions to the anomalous diffusion equations // *Computers and mathematics with applications*. — 2013. — sep. — Vol. 66, no. 5. — P. 682–692. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/J.CAMWA.2013.01.032>.

21. Fractional differential models for anomalous diffusion / HongGuang Sun [et al.] // *Physica A: statistical mechanics and its applications*. — 2010. — jul. — Vol. 389, no. 14. — P. 2719–2724. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/J.PHYSA.2010.02.030>.
22. Jin Bangti, Rundell William. A tutorial on inverse problems for anomalous diffusion processes // *Inverse problems*. — 2015. — feb. — Vol. 31, no. 3. — P. 035003. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0266-5611/31/3/035003>.
23. A nonlocal fractional peridynamic diffusion model / Yuanyuan Wang [et al.] // *Fractal and Fractional*. — 2021. — jul. — Vol. 5, no. 3. — P. 76. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/FRACTALFRACT5030076>.
24. A finite difference method for space fractional differential equations with variable diffusivity coefficient / K. A. Mustapha [et al.] // *Communications on applied mathematics and computation*. — 2020. — may. — Vol. 2, no. 4. — P. 671–688. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/S42967-020-00066-6>.
25. Anderson Johan, Kim Eun-jin, Moradi Sara. A fractional Fokker-Planck model for anomalous diffusion // *Physics of plasmas*. — 2014. — dec. — Vol. 21, no. 12. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4904201>.
26. A generalized diffusion equation: solutions and anomalous diffusion / Ervin K. Lenzi [et al.] // *Fluids*. — 2023. — jan. — Vol. 8, no. 2. — P. 34. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/fluids8020034>.
27. Rheims J., Köser J., Wriedt T. Refractive-index measurements in the near-IR using an Abbe refractometer // *Measurement science and technology*. — 1997. — jun. — Vol. 8, no. 6. — P. 601–605. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0957-0233/8/6/003>.
28. Johnson P. B., Christy R. W. Optical constants of the Noble metals // *Physical Review B*. — 1972. — dec. — Vol. 6, no. 12. — P. 4370–4379. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevB.6.4370>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: zkhrvolly@gmail.com

ORCID iD  0000-0003-4052-3212

Web of Science ResearcherID  ABB-9746-2021

Original article
PACS 42.25.Bs
OCIS 260.2065
MSC 78A10

Investigation of the optical properties of colloidal metamaterials

O. N. Zakharova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted November 14, 2024
Resubmitted November 16, 2024
Published December 28, 2024

Abstract. The results of theoretical and numerical study of optical properties of colloidal metamaterials are presented. The possibility of using colloidal metamaterials for controlling enhanced light transmission is discussed. The methods of study include computer modeling of physical characteristics of metamaterials with a negative refractive index. As a result of computer calculations, dispersion dependences of the effective permittivity and effective refractive index of colloidal metamaterials are obtained. The results of the study can be used to develop optoelectronic devices using the optical properties of colloidal metamaterials.

Keywords: metamaterial, colloidal metamaterial, optical properties, optical radiation, effective medium approximation, photonics, metasurface

References

1. Conti Ylli, Chiang Naihao, Scarabelli Leonardo. Colloidal plasmonic metasurfaces for the enhancement of nonlinear optical processes and molecular spectroscopies // *Chem-NanoMat.* — 2024. — mar. — Vol. 10, no. 4. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/cnma.202300566>.
2. Fabricating defogging metasurfaces via a water-based colloidal route / Olena Kho-ruzhenko [et al.] // *Materials Horizons.* — 2023. — Vol. 10, no. 9. — P. 3749–3760. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/d3mh00625e>.
3. DNA-patched nanoparticles for the self-assembly of colloidal metamaterials / Le Liang [et al.] // *JACS Au.* — 2023. — mar. — Vol. 3, no. 4. — P. 1176–1184. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/jacsau.3c00013>.
4. Lizano Andres, Tang Xun. Convolutional neural network-based colloidal self-assembly state classification // *Soft Matter.* — 2023. — Vol. 19, no. 19. — P. 3450–3457. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/d3sm00139c>.
5. Cai Yi-Yu, Choi Yun Chang, Kagan Cherie R. Chemical and physical properties of photonic Noble-metal nanomaterials // *Advanced materials.* — 2022. — feb. — Vol. 35, no. 34. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/adma.202108104>.

6. Enhanced Mie resonance in a low refractive index colloidal metamaterial aided by nematic liquid crystal / Amit Bhardwaj [et al.] // *Journal of Molecular Liquids*. — 2022. — jan. — Vol. 346. — P. 117116. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.molliq.2021.117116>.
7. Exploiting colloidal metamaterials for achieving unnatural optical refractions / Ji-Hyeok Huh [et al.] // *Advanced Materials*. — 2020. — oct. — Vol. 32, no. 51. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/ADMA.202001806>.
8. Theoretical investigation on the metamaterials based on the magnetic template-assisted self-assembly of magnetic-plasmonic nanoparticles for adjustable photonic responses / Jiajia Sun [et al.] // *The Journal of Physical Chemistry B*. — 2023. — oct. — Vol. 127, no. 40. — P. 8681–8689. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jpccb.3c04917>.
9. Highly responsive mid-infrared metamaterial enhanced heterostructure photodetector formed out of sintered PbSe/PbS colloidal quantum dots / Raphael Schwanninger [et al.] // *ACS Applied materials and interfaces*. — 2023. — feb. — Vol. 15, no. 8. — P. 10847–10857. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/acsami.2c23050>.
10. Near-perfect broadband metamaterial absorbers of truncated nanocones using colloidal lithography / Zhengjie Guo [et al.] // *Optical materials*. — 2021. — sep. — Vol. 119. — P. 111352. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/J.OPTMAT.2021.111352>.
11. Pusovnik Anja, Aplinc Jure, Ravnik Miha. Optical properties of metamaterial split ring nematic colloids // *Scientific Reports*. — 2019. — may. — Vol. 9, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/S41598-019-43470-6>.
12. Colloidal approach of local and propagating magnetic modes for optical metamaterials on the macroscopic area / Tobias A. F. König [et al.] // 2015 9th International congress on advanced electromagnetic materials in microwaves and optics (METAMATERIALS). — IEEE, 2015. — sep. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/METAMATERIALS.2015.7342555>.
13. Colloidal metasurfaces displaying near-ideal and tunable light absorbance in the infrared / Matthew J. Rozin [et al.] // *Nature communications*. — 2015. — jun. — Vol. 6, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/NCOMMS8325>.
14. Colloidal self-assembly concepts for plasmonic metasurfaces / Martin Mayer [et al.] // *Advanced optical materials*. — 2018. — sep. — Vol. 7, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/ADOM.201800564>.
15. Tateishi Angel A., Ribeiro Haroldo V., Lenzi Ervin K. The role of fractional time-derivative operators on anomalous diffusion // *Frontiers in physics*. — 2017. — oct. — Vol. 5. — URL: <http://dx.doi.org/10.3389/FPHY.2017.00052>.
16. Magin Richard L., Lenzi Ervin K. Slices of the anomalous phase cube depict regions of sub- and super-diffusion in the fractional diffusion equation // *Mathematics*. — 2021. — jun. — Vol. 9, no. 13. — P. 1481. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/MATH9131481>.
17. Analytical study of fractional equations describing anomalous diffusion of energetic particles / A. M. Tawfik [et al.] // *Journal of physics: conference series*. — 2017. — jun. — Vol. 869. — P. 012050. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/869/1/012050>.

18. Anomalous diffusion and non-Markovian reaction of particles near an adsorbing colloidal particle / Derik W. Gryczak [et al.] // *Fluids*. — 2024. — sep. — Vol. 9, no. 10. — P. 221. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/fluids9100221>.
19. Anomalous diffusion with Caputo-Fabrizio time derivative: an inverse problem / S. A. Seminara [et al.] // *Trends in computational and applied mathematics*. — 2022. — sep. — Vol. 23, no. 3. — P. 515–529. — URL: <http://dx.doi.org/10.5540/tcam.2022.023.03.00515>.
20. Ma Yutian, Zhang Fengrong, Li Changpin. The asymptotics of the solutions to the anomalous diffusion equations // *Computers and mathematics with applications*. — 2013. — sep. — Vol. 66, no. 5. — P. 682–692. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/J.CAMWA.2013.01.032>.
21. Fractional differential models for anomalous diffusion / HongGuang Sun [et al.] // *Physica A: statistical mechanics and its applications*. — 2010. — jul. — Vol. 389, no. 14. — P. 2719–2724. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/J.PHYSA.2010.02.030>.
22. Jin Bangti, Rundell William. A tutorial on inverse problems for anomalous diffusion processes // *Inverse problems*. — 2015. — feb. — Vol. 31, no. 3. — P. 035003. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0266-5611/31/3/035003>.
23. A nonlocal fractional peridynamic diffusion model / Yuanyuan Wang [et al.] // *Fractal and Fractional*. — 2021. — jul. — Vol. 5, no. 3. — P. 76. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/FRACTALFRACT5030076>.
24. A finite difference method for space fractional differential equations with variable diffusivity coefficient / K. A. Mustapha [et al.] // *Communications on applied mathematics and computation*. — 2020. — may. — Vol. 2, no. 4. — P. 671–688. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/S42967-020-00066-6>.
25. Anderson Johan, Kim Eun-jin, Moradi Sara. A fractional Fokker-Planck model for anomalous diffusion // *Physics of plasmas*. — 2014. — dec. — Vol. 21, no. 12. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4904201>.
26. A generalized diffusion equation: solutions and anomalous diffusion / Ervin K. Lenzi [et al.] // *Fluids*. — 2023. — jan. — Vol. 8, no. 2. — P. 34. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/fluids8020034>.
27. Rheims J., Köser J., Wriedt T. Refractive-index measurements in the near-IR using an Abbe refractometer // *Measurement science and technology*. — 1997. — jun. — Vol. 8, no. 6. — P. 601–605. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0957-0233/8/6/003>.
28. Johnson P. B., Christy R. W. Optical constants of the Noble metals // *Physical Review B*. — 1972. — dec. — Vol. 6, no. 12. — P. 4370–4379. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevB.6.4370>.

Information about authors:

Olga Nikolaevna Zakharova — 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: zkhrvolly@gmail.com

ORCID iD  0000-0003-4052-3212

Web of Science ResearcherID  ABB-9746-2021

Научная статья
УДК 535.3
ББК 22.343
ГРНТИ 29.31.21
ВАК 1.3.6.
PACS 42.25.Bs
OCIS 260.2110
MSC 78A10

Исследование физических свойств пондеромоторных сил в наноструктурах

В. В. Левочкина  ¹

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

Поступила в редакцию 23 сентября 2024 года

После переработки 25 сентября 2024 года

Опубликована 28 декабря 2024 года

Аннотация. Представлены результаты исследования физических свойств пондеромоторных сил в наноструктурах. Существует необходимость понимания механизмов взаимодействия электромагнитных полей с наноструктурами для разработки оптомеханических устройств и приборов. Методы исследования включают теоретические расчёты и компьютерное моделирование взаимодействия электромагнитных полей с наноструктурами с учётом пондеромоторных сил. Получены новые представления о влиянии геометрии наноструктур на характеристики пондеромоторных сил, а также разработка подходов для управления пондеромоторными силами. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения полученных результатов для создания эффективных наноустройств и систем, таких как сенсоры.

Ключевые слова: наноструктура, сила, пондеромоторная сила, наночастица, электромагнитное поле, локальное усиление поля, градиент локального поля, затухающее ближнее поле

Введение

Исследование физических свойств пондеромоторных сил в наноструктурах направлено на изучение механизмов взаимодействия лазерного излучения с веществом и их влияния на заряженные частицы. Актуальность исследования физических свойств пондеромоторных сил в наноструктурах обусловлена их значительным влиянием на поведение материалов в наноразмерных масштабах, что актуально для создания новых технологий в области электроники, материаловедения и медицины. Актуальность исследования обусловлена быстрым развитием технологий, связанных с использованием лазерного излучения, и необходимостью глубокого понимания физических процессов, происходящих при взаимодействии заряженных частиц с электромагнитным полем.

¹E-mail: sokolovavasilevna2002@inbox.ru

Целью работы является исследование физических свойств пондеромоторных сил в наноструктурах для определения их воздействия на механические и электрооптические характеристики наноструктурных материалов на основе аналитических и численных расчётов пондеромоторных сил, и определении условий эффективного управления пондеромоторными силами в наноструктурах, находящихся в электромагнитном поле.

Задачи исследования включают:

1. написание обзора литературы по влиянию различных физических факторов на силу пондеромоторных сил в наноструктурах для определения основных факторов, влияющих на величину пондеромоторных сил в наноструктурах,
2. исследование основных физических принципов функционирования наноструктур с учётом влияния пондеромоторных сил в наноструктурированном материале на основе развития аналитической теории пондеромоторных сил в наноструктурах,
3. численное исследование физических особенностей пондеромоторных сил в наноструктуре для применения наноструктур в технологических процессах нанoeлектроники.

Объектом исследования являются наноструктуры в электромагнитных полях различной интенсивности и конфигурации. Предметом исследования являются физические свойства пондеромоторных сил, возникающих в наноструктурах под воздействием внешних электромагнитных полей.

Методы исследования включают в себя аналитические методы исследования пондеромоторных сил на уровне атомов в наноструктурах, компьютерное моделирование для численного анализа пондеромоторных сил на уровне атомов в наноструктурах, компьютерные методы обработки результатов исследования для оценки взаимодействия частиц в наноструктурах. Материалы исследования являются наноструктуры в поле электромагнитного излучения, а также программное обеспечение для анализа результатов исследований сил взаимодействия заряженных частиц в наноструктурах.

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые установлены закономерности зависимостей пондеромоторных сил от геометрических параметров наноструктур, выявлены факторы, влияющих на силу пондеромоторных сил в наноструктурах, обнаружены зависимости пондеромоторных сил от поляризации излучения электромагнитной волны, разработана теория пондеромоторных сил в наноструктурных средах.

Теоретическая значимость научного исследования заключается в развитии теоретических представлений о взаимодействии заряженных частиц с электромагнитным полем, что может открывает возможности для новых приложений в области оптоэлектроники. Пондеромоторные силы охватывают широкий спектр взаимодействий, оказывающих влияние на динамику наночастиц и структур, поэтому глубокое понимание этих взаимодействий открывает возможности для новых приложений в области оптоэлектроники и нанотехнологий.

Практическая значимость научного исследования связана с возможностью эффективного управления заряженными частицами в электромагнитном, что может найти применение в различных областях науки и техники, таких как ускорение заряженных частиц, охлаждение и локализация атомов и молекул. Результаты исследования могут быть использованы в различных областях науки и техники, в том числе в нанотехнологиях, наносхемах.

Обзор работ по пондеромоторным силам в наноструктурах

Пондеромоторные силы в наноструктурах возникают из-за взаимодействия электромагнитных полей с наночастицами, что приводит к значительным механическим

эффектам. Исследования показывают, что локальные градиенты поля, усиленные близостью наночастиц, могут генерировать пондеромоторные силы, которые преимущественно действуют на поверхности более крупных наночастиц, с плотностью силы, достигающей нескольких десятков наноьютонов [1]. В статье [1] эффекты взаимодействия ближнего поля в самосогласованной системе и концепция эффективной восприимчивости были смоделированы и воспроизведены с использованием модельного распределения локального поля в системе двух наночастиц разного размера. Пондеромоторные силы в наноструктурах возникают из-за градиентов локального поля, влияющих на поверхности наночастиц, с потенциальными приложениями в биологических системах, как обсуждалось в исследовании взаимодействия двух наночастиц [1]. Это явление особенно актуально в приложениях, связанных с металлическими наноантеннами, где высокие локальные усиления поля и градиенты могут быть достигнуты с помощью фемтосекундных лазерных импульсов, что позволяет отклонять электроны и модулировать электронные пучки для сверхбыстрой электронной микроскопии [2]. Металлические наноантенны могут генерировать достаточную пондеромоторную силу для отклонения электронов за счёт поверхностного плазмонного резонанса, обеспечивая сверхбыстрые электронные переключатели для таких приложений, как сверхбыстрая электронная микроскопия [2]. В статье [3] микроволновое излучение может разделять непрерывные материалы твёрдого раствора на составляющие их фазы, процесс, который термодинамически невыгоден в равновесии, и подробный анализ взаимодействия электромагнитной волны с материалом показал, что сильная пондеромоторная сила предпочтительно разделяет составляющие фазы посредством усиленного процесса массопереноса, усиливающегося особенно вблизи границы раздела сред. Интерфейсная пондеромоторная сила в твёрдых телах вызывает растворение под действием поля и неравновесное образование нанокompозита, как обсуждается в статье [3]. Кроме того, исследования золотых наноострий показывают, что интенсивные поля лазера среднего инфракрасного диапазона могут вызывать неадиабатические пондеромоторные эффекты, приводящие к сдвигам кинетической энергии испускаемых электронов, что дополнительно иллюстрирует сложное взаимодействие между интенсивностью лазера и динамикой электронов в наноструктурах [4]. В статье [4] была исследована электронная эмиссия из золотого наноострия, возбуждаемая лазерными импульсами средней инфракрасной области спектра с несколькими циклами, и было получено аналитическое выражение для неадиабатического пондеромоторного сдвига. Неадиабатические пондеромоторные эффекты в наноструктурах возникают в результате передачи пондеромоторного потенциала в кинетическую энергию электронов из-за распадающихся ближних полей, что влияет на характеристики электронной эмиссии в интенсивных лазерных полях [4]. Неадиабатические пондеромоторные эффекты в наноструктурах возникают в результате передачи пондеромоторного потенциала в кинетическую энергию электронов за счёт затухающих ближних полей, влияющих на электронную эмиссию в интенсивных лазерных полях. В работе [5] предлагается численная модель деградации катода с автоэмиссией на основе углеродных наноматериалов для прогнозирования срока службы катода и его поведения в течение длительного времени. Пондеромоторные силы влияют на долгосрочную стабильность катодов с автоэмиссией на основе наноуглеродных материалов, уменьшая места эмиссии, влияя на срок службы и поведение катода [5]. В статье [6] предлагается численная модель деградации катода с полевой эмиссией на основе углеродных наноматериалов для прогнозирования срока службы катода и его поведения в течение длительного времени. В работе [6] обсуждается влияние пондеромоторных сил на долгосрочную стабильность катодов с полевой эмиссией на основе наноуглеродных материалов, что даёт представление о деградации места эмиссии с течением времени. В статье [7] исследуется влияние пондеромоторных

сил на полевую эмиссию из выровненных плёнок углеродных нанотрубок и используется модель вертикально выровненных нанотрубок, регулярно расположенных в сотовом порядке. Пондеромоторные силы влияют на полевую эмиссию в плёнках углеродных нанотрубок, влияя на плотность тока и целостность нанотрубок. Теоретические оценки включают моделирование модуля Юнга и рассеяния волновых пакетов для точных расчётов [7]. В работе [8] рассмотрены возможности использования режимов ТЕМ 01 и ТЕМ 10 для сильно релятивистских интенсивностей, доступных для существующих сверхинтенсивных лазеров, в частности для режимов ТЕМ 1 и ТЕМ 10. Пондеромоторная сила играет решающую роль в экспериментах с высоким полем с петаваттными лазерами, концентрируя энергию для управления ионизированными электронами, что может быть актуально в исследованиях наноструктур. В работе [9] было показано, что уравнение движения, полученное из широко цитируемого пондеромоторного потенциала, согласуется с численно вычисленной орбитой только в ограниченном диапазоне параметров и что за пределами этого диапазона оно демонстрирует особенности, которые несовместимы с любым пондеромоторным потенциалом, квадратичным по амплитуде поля. В статье [9] обсуждается пондеромоторная сила в физике плазмы с упором на высокочастотные электромагнитные поля. В статье [10] обсуждается, как пондеромоторные силы в сильно неоднородных полях могут манипулировать частицами, предлагая потенциальные приложения в наноструктурах для нарезки пучка частиц, охлаждения, захвата и асимметричной передачи. В работе [10] для этого случая найден приближенный интеграл движения частиц и соответственно введён новый пондеромоторный потенциал, который может быть использован для нарезки пучка частиц в сильно неоднородных полях. В статье [11] представлены усреднённые уравнения движения частицы в электромагнитной волне произвольной частоты с её волновым вектором, направленным вдоль окружающего магнитного поля, где частица также подвергается дрейфу под действием электромагнитного поля и фоновому электрическому полю, медленно меняющемуся в пространстве и действующему вдоль линии магнитного поля. В статье [11] обсуждаются пондеромоторные силы при наличии электрических полей в плазменных частицах, а не в наноструктурах. В статье [12] обсуждается пондеромоторная сила в плазме, вызванная электронным спином, с использованием модели с корреляциями спин-скорость, которая может быть важна для понимания пондеромоторных эффектов в наноструктурах. Модель спин-жидкости, используемая в статье [12], содержит корреляции спин-скорость, в отличие от предыдущих моделей, используемых для той же цели, и затем обнаруживается, что предыдущие члены для спин-пондеромоторной силы восстанавливаются, но также появляются дополнительные члены. В статье [13] показано, что магнитоподобная сила возникает в общем случае в потенциальных силовых полях с быстрой периодической зависимостью от времени, включая, но не ограничиваясь вращательной зависимостью, и это не было показано ранее, за исключением линейного случая быстро вращающегося квадратичного седлового потенциала. В статье [13] обсуждается пондеромоторная сила Лоренца в быстро меняющихся потенциалах, включая наноструктуры. Она раскрывает эффект магнитоподобной силы за пределами традиционной пондеромоторной силы. В статье [14] рассматривается пондеромоторная сила, связанная с однородной электромагнитной волной, распространяющейся в среде с изменяющимися во времени диэлектрическими свойствами, полученная и проверенная с помощью одномерного моделирования методом частиц в ячейках. В целом, эти результаты подчеркивают потенциал пондеромоторных сил в продвижении приложений нанотехнологий.

Проведённый обзор научных работ по пондеромоторным силам в наноструктурах показал актуальность темы исследования.

Результаты

Рассмотрим наноматериал, в котором на наночастицы действуют пондеромоторные силы. Вектор силы и вектор момента сил в случае действия пондеромоторных сил находятся по формулам:

$$\mathbf{F} = \varepsilon_0 \varepsilon \oint_S \left(\mathbf{E} (\mathbf{nE}) - \frac{1}{2} \mathbf{E}^2 \mathbf{n} \right) dS, \quad (1)$$

$$\mathbf{M} = \varepsilon_0 \varepsilon \oint_S \left([\mathbf{nE}] (\mathbf{nE}) - \frac{1}{2} \mathbf{E}^2 [\mathbf{rn}] \right) dS. \quad (2)$$

Объёмная плотность пондеромоторных сил вычисляется по формуле:

$$\mathbf{f} = \frac{\mathbf{F}}{V} = \rho \mathbf{E} + \frac{1}{2} \varepsilon_0 \nabla \left(\mathbf{E}^2 \rho_m \frac{\partial \varepsilon}{\rho_m} \right) - \frac{1}{2} \varepsilon_0 \mathbf{E}^2 \nabla \varepsilon, \quad (3)$$

где ρ – объёмная плотность сторонних электрических зарядов, \mathbf{E} – напряжённость электрического поля, ε_0 – электрическая постоянная, ε – диэлектрическая проницаемость среды, ρ_m – плотность среды.

Если в среде сторонние заряды отсутствуют ($\rho = 0$), то

$$\mathbf{f} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) \nabla \mathbf{E}^2. \quad (4)$$

Выражение пондеромоторной силы для твёрдой наночастицы в диэлектрической матрице имеет вид:

$$\mathbf{F} = 4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_{m1} a_1^3 \frac{\varepsilon_{i1} - \varepsilon_{m1}}{\varepsilon_{i1} + 2\varepsilon_{m1}} \frac{1}{2} \nabla \mathbf{E}^2. \quad (5)$$

или для абсолютной величины пондеромоторной силы для твёрдой наночастицы в диэлектрической матрице получаем

$$F = 4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_{m1} a_1^3 \frac{\varepsilon_{i1} - \varepsilon_{m1}}{\varepsilon_{i1} + 2\varepsilon_{m1}} E \frac{dE}{dx}. \quad (6)$$

Пондеромоторная сила обусловлена разницей между диэлектрической проницаемостью твёрдой наночастицы, обладающей диэлектрической проницаемостью ε_i и диэлектрической проницаемостью матрицы среды ε_1 . Пондеромоторная сила стремится вытолкнуть наночастицы в более слабые участки электрического поля, если $\varepsilon_{i1} < \varepsilon_{m1}$, и, наоборот, втянуть при $\varepsilon_{i1} > \varepsilon_{m1}$.

Вектор напряжённости электрического поля внешней волны представим в виде

$$\mathbf{E}(z, x) = \mathbf{E}_0 \exp(-\kappa z) \exp(ik_x x), \quad (7)$$

где $k_x = k_0 n$, $k_z = i\kappa$. После вычисления производной от вектора напряжённости электрического поля внешней волны получим выражение:

$$\frac{\partial \mathbf{E}(z, x)}{\partial x} = \mathbf{E}_0 \exp(-\kappa z) \exp(ik_x x) ik_x. \quad (8)$$

Подставляя в выражение пондеромоторной силы для твёрдой наночастицы в диэлектрической матрице, получим следующее выражение:

$$F(z, x) = 4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_{m1} a_1^3 \frac{\varepsilon_{i1} - \varepsilon_{m1}}{\varepsilon_{i1} + 2\varepsilon_{m1}} |\mathbf{E}_0|^2 \exp(-2\kappa z) \exp(i2k_x x) ik_x. \quad (9)$$

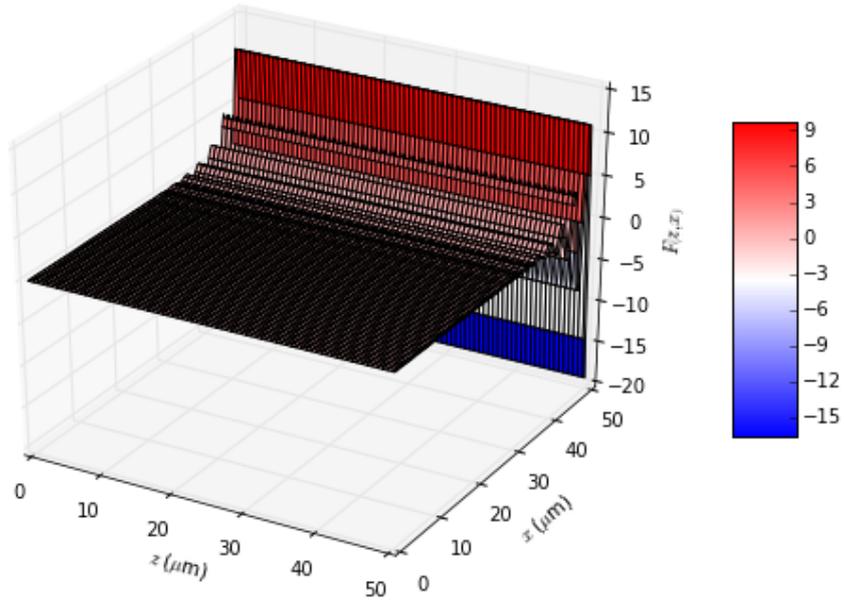


Рис. 1. Зависимость действительной части силы (9) от координат z и x на длине волны излучения, равной $\lambda = 405$ нм. Фактор заполнения среды наночастицами составляет 3%. Средний радиус наночастиц серебра равен 5 нм.

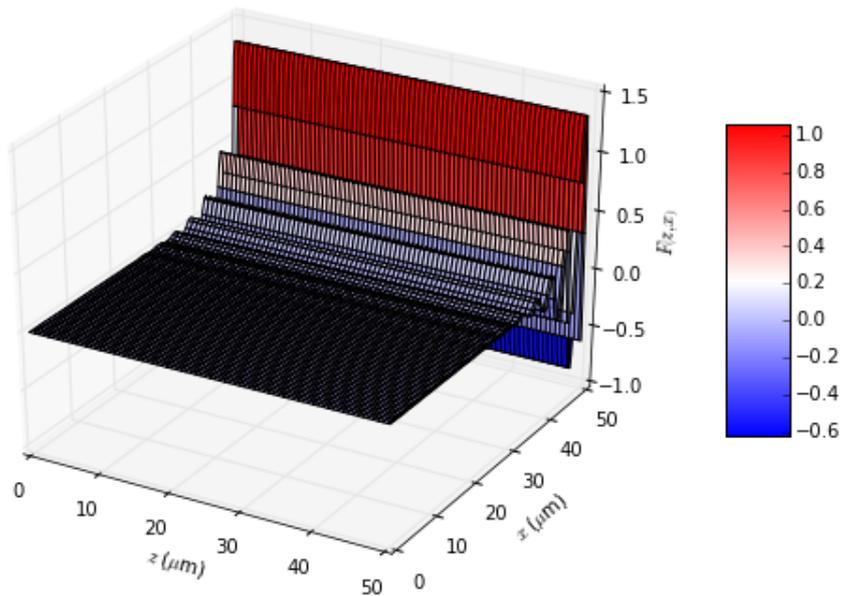


Рис. 2. Зависимость действительной части силы (9) от координат z и x на длине волны излучения, равной $\lambda = 415$ нм. Фактор заполнения среды наночастицами составляет 3%. Средний радиус наночастиц серебра равен 5 нм.

На рис. 1 изображён график зависимости действительной части силы (9) от координат z и x на длине волны излучения, равной $\lambda = 405$ нм, с фактором заполнения среды наночастицами, составляющим 3%, средним радиусом наночастиц серебра, равным 5 нм.

На рис. 2 изображён график зависимости действительной части силы (9) от координат z и x на длине волны излучения, равной $\lambda = 415$ нм, с фактором заполнения среды наночастицами, составляющим 3%, радиусом наночастиц серебра, равным 5 нм.

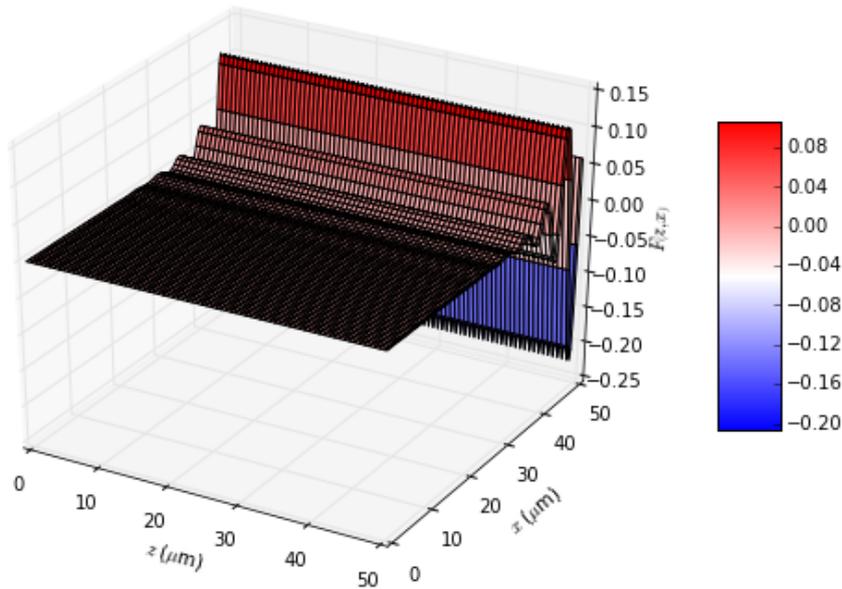


Рис. 3. Зависимость действительной части силы (9) от координат z и x на длине волны излучения, равной $\lambda = 425$ нм. Фактор заполнения среды наночастицами составляет 3%. Средний радиус наночастиц серебра равен 5 нм.

На рис. 3 изображён график зависимости действительной части силы (9) от координат z и x на длине волны излучения, равной $\lambda = 425$ нм, с фактором заполнения среды наночастицами, составляющим 3%, средним радиусом наночастиц серебра, равным 5 нм. Матрицей нанокompозитной среды является глицерин.

Заключение

Изучение пондеромоторных сил в наноструктурах подтвердило их большую роль в современных технологиях. Полученные результаты позволяют утверждать, что пондеромоторные силы могут быть использованы для создания высокоэффективных сенсоров на основе наноразмерных элементов из композитных материалов. Исследование физических свойств пондеромоторных сил в композитных наноструктурах показало, что пондеромоторные силы в наноструктурах могут быть использованы для управления движением наночастиц.

Численное исследование показало, что физические свойства пондеромоторных сил в наноструктурах зависят от различных факторов, в том числе от геометрического размера наночастиц, материала наноразмерных включений.

Гипотеза исследования о том, что пондеромоторные силы в наноструктурах могут быть использованы для управления движением наночастиц и пондеромоторные силы играют важную роль в управлении движением заряженных частиц в лазерных полях, была подтверждена результатами исследования.

Теоретическая значимость исследования состояла в изучении физических свойств пондеромоторных сил в наноструктурах. Результаты исследования показали, что физические свойства пондеромоторных сил в наноструктурах зависят от различных факторов, в том числе от размера наноструктур, их формы, материала. Развита новые представления о взаимодействии заряженных частиц с лазерными полями различной конфигурации, что привело к открытию новых закономерностей и пониманию фундаментальных законов физики. Практическая значимость исследования состояла в применении пондеромоторных сил в наноструктурах в технологических процессах.

Результаты исследования показали, что пондеромоторные силы в наноструктурах могут быть использованы для управления движением наночастиц. Результаты исследования могут способствовать развитию новых методов управления заряженными частицами и созданию более эффективных устройств и систем, основанных на использовании пондеромоторных сил в наноструктурах. Результаты исследования могут быть использованы для разработки новых методов управления движением заряженных частиц и создания более эффективных устройств и систем на основе охлаждения и локализации атомов и молекул, основанных на использовании пондеромоторных сил в наноструктурах. Пондеромоторные силы в наноструктурах могут быть использованы в технологических процессах, например, для управления движением наночастиц с использованием пондеромоторных сил. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации параметров наноструктур.

Список использованных источников

1. Lozovski Valeri, Lysenko Volodymyr, Rusinchuk Natalia. Ponderomotive forces in the system of two nanoparticles // Scientific reports. — 2022. — oct. — Vol. 12, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-22510-8>.
2. Muskens Otto. Towards nanoantenna electron switches // Annalen der physik. — 2013. — feb. — Vol. 525, no. 1–2. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/ANDP.201300706>.
3. Nozariasbmarz Amin, Hosseini Mahshid, Vashae Daryoosh. Interfacial ponderomotive force in solids leads to field induced dissolution of materials and formation of non-equilibrium nanocomposites // Acta Materialia. — 2019. — oct. — Vol. 179. — P. 85–92. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/J.ACTAMAT.2019.08.017>.
4. Nonadiabatic ponderomotive effects in photoemission from nanotips in intense midinfrared laser fields / J. Schötz [et al.] // Physical Review A. — 2018. — jan. — Vol. 97, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PHYSREVA.97.013413>.
5. Ginzburg P., Hayat A., Orenstein M. Ponderomotive force - the fundamental nonlinearity in plasmonics // CLEO/Europe - EQEC 2009 - European conference on lasers and electro-optics and the European quantum electronics conference. — IEEE, 2009. — jun. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/CLEOE-EQEC.2009.5191560>.
6. Bormashov V. S., Sheshin E. P. Ponderomotive force effect on the long-term stability of field emission cathode based on nanocarbon materials // 2006 19th International vacuum nanoelectronics conference. — IEEE, 2006. — jul. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/IVNC.2006.335431>.
7. Ponderomotive forces effect on the field emission of carbon nanotube films / O. E. Glukhova [et al.] // Applied surface science. — 2003. — jun. — Vol. 215, no. 1–4. — P. 149–159. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-4332\(03\)00279-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-4332(03)00279-4).
8. The role of the ponderomotive force in high field experiments / Luis Roso [et al.] // Progress in ultrafast intense laser science XVI. — Springer International Publishing, 2021. — P. 149–177. — ISBN: 9783030750893. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-75089-3_8.
9. Observations on the ponderomotive force / D. A. Burton [et al.] // Relativistic plasma waves and particle beams as coherent and incoherent radiation sources II / Ed. by

- Dino A. Jaroszynski. — SPIE, 2017. — may. — URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2270542>.
10. Dodin I. Y., Fisch N. J. Particle manipulation with nonadiabatic ponderomotive forces // AIP Conference proceedings. — Vol. 926. — AIP, 2007. — P. 149–151. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2768846>.
 11. Khazanov G. V., Krivorutsky E. N. Ponderomotive force in the presence of electric fields // Physics of plasmas. — 2013. — feb. — Vol. 20, no. 2. — P. 022903. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4789874>.
 12. Ponderomotive force due to the intrinsic spin in extended fluid and kinetic models / Martin Stefan [et al.] // Physical Review E. — 2011. — mar. — Vol. 83, no. 3. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PHYSREVE.83.036410>.
 13. Cox Graham, Levi Mark. The ponderomotive Lorentz force // Nonlinearity. — 2020. — jun. — Vol. 33, no. 8. — P. 4030–4045. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6544/AB7D29>.
 14. Mori W. B., Katsouleas T. Ponderomotive force of a uniform electromagnetic wave in a time varying dielectric medium // Physical Review Letters. — 1992. — dec. — Vol. 69, no. 24. — P. 3495–3498. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PHYSREVLETT.69.3495>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: sokolovavasilevna2002@inbox.ru

ORCID iD  0000-0003-3479-119X

Web of Science ResearcherID  AGV-8078-2022

Original article
PACS 42.25.Bs
OCIS 260.2110
MSC 78A10

Investigation of physical properties of ponderomotive forces in nanostructures

V. V. Levochkina 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted September 23, 2024

Resubmitted September 25, 2024

Published December 28, 2024

Abstract. The results of the study of physical properties of ponderomotive forces in nanostructures are presented. There is a need to understand the mechanisms of interaction of electromagnetic fields with nanostructures for the development of optomechanical devices and instruments. The research methods include theoretical calculations and computer modeling of the interaction of electromagnetic fields with nanostructures taking into account ponderomotive forces. New ideas about the influence of the geometry of nanostructures on the characteristics of ponderomotive forces, as well as the development of approaches to control ponderomotive forces are obtained. The practical significance of the study lies in the possibility of using the obtained results to create effective nanodevices and systems, such as sensors.

Keywords: nanostructure, force, ponderomotive force, nanoparticle, electromagnetic field, local field enhancement, local field gradient, decaying near field

References

1. Lozovski Valeri, Lysenko Volodymyr, Rusinchuk Natalia. Ponderomotive forces in the system of two nanoparticles // Scientific reports. — 2022. — oct. — Vol. 12, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-22510-8>.
2. Muskens Otto. Towards nanoantenna electron switches // Annalen der physik. — 2013. — feb. — Vol. 525, no. 1–2. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/ANDP.201300706>.
3. Nozariasbmarz Amin, Hosseini Mahshid, Vashae Daryoosh. Interfacial ponderomotive force in solids leads to field induced dissolution of materials and formation of non-equilibrium nanocomposites // Acta Materialia. — 2019. — oct. — Vol. 179. — P. 85–92. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/J.ACTAMAT.2019.08.017>.
4. Nonadiabatic ponderomotive effects in photoemission from nanotips in intense midinfrared laser fields / J. Schötz [et al.] // Physical Review A. — 2018. — jan. — Vol. 97, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PHYSREVA.97.013413>.

5. Ginzburg P., Hayat A., Orenstein M. Ponderomotive force - the fundamental nonlinearity in plasmonics // CLEO/Europe - EQEC 2009 - European conference on lasers and electro-optics and the European quantum electronics conference. — IEEE, 2009. — jun. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/CLEOE-EQEC.2009.5191560>.
6. Bormashov V. S., Sheshin E. P. Ponderomotive force effect on the long-term stability of field emission cathode based on nanocarbon materials // 2006 19th International vacuum nanoelectronics conference. — IEEE, 2006. — jul. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/IVNC.2006.335431>.
7. Ponderomotive forces effect on the field emission of carbon nanotube films / O. E. Glukhova [et al.] // Applied surface science. — 2003. — jun. — Vol. 215, no. 1–4. — P. 149–159. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-4332\(03\)00279-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-4332(03)00279-4).
8. The role of the ponderomotive force in high field experiments / Luis Roso [et al.] // Progress in ultrafast intense laser science XVI. — Springer International Publishing, 2021. — P. 149–177. — ISBN: 9783030750893. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-75089-3_8.
9. Observations on the ponderomotive force / D. A. Burton [et al.] // Relativistic plasma waves and particle beams as coherent and incoherent radiation sources II / Ed. by Dino A. Jaroszynski. — SPIE, 2017. — may. — URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2270542>.
10. Dodin I. Y., Fisch N. J. Particle manipulation with nonadiabatic ponderomotive forces // AIP Conference proceedings. — Vol. 926. — AIP, 2007. — P. 149–151. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2768846>.
11. Khazanov G. V., Krivorutsky E. N. Ponderomotive force in the presence of electric fields // Physics of plasmas. — 2013. — feb. — Vol. 20, no. 2. — P. 022903. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4789874>.
12. Ponderomotive force due to the intrinsic spin in extended fluid and kinetic models / Martin Stefan [et al.] // Physical Review E. — 2011. — mar. — Vol. 83, no. 3. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PHYSREVE.83.036410>.
13. Cox Graham, Levi Mark. The ponderomotive Lorentz force // Nonlinearity. — 2020. — jun. — Vol. 33, no. 8. — P. 4030–4045. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6544/AB7D29>.
14. Mori W. B., Katsouleas T. Ponderomotive force of a uniform electromagnetic wave in a time varying dielectric medium // Physical Review Letters. — 1992. — dec. — Vol. 69, no. 24. — P. 3495–3498. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PHYSREVLETT.69.3495>.

Information about authors:

Veronika Vasilievna Levochkina — 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: sokolovavasilevna2002@inbox.ru

ORCID iD  0000-0003-3479-119X

Web of Science ResearcherID  AGV-8078-2022

Секция 2

Компьютерные науки и информатика

2.1 Искусственный интеллект и машинное обучение

Научная статья

УДК 004.8

ББК 22.18

ГРНТИ 20.15.13

ВАК 1.2.1.

PACS 89.65.Gh

OCIS 000.3110

MSC 03H10

Применение искусственного интеллекта в бизнесе

Т. С. Грачева , А. А. Асланова , С. В. Болдин  ¹

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина»,
603950, Нижний Новгород, Россия

Поступила в редакцию 30 октября 2024 года

После переработки 4 ноября 2024 года

Опубликована 28 декабря 2024 года

Аннотация. Представлен анализ практики задействования систем искусственного интеллекта в бизнес-процессах. Анализируется, как бизнес зависит от искусственного интеллекта, каким образом за счёт искусственного интеллекта можно повысить конкурентоспособные качества компании. В результате анализа был сделан вывод, что бизнес-компании, которые активно инвестируют в цифровые технологии с применением искусственного интеллекта, получают долгосрочные преимущества перед компаниями-конкурентами.

Ключевые слова: искусственный интеллект, системы планирования ресурсов предприятия, цифровизация, производственные процессы, бизнес

¹E-mail: enstek@inbox.ru

Введение

Актуальность проблемы внедрения технологий искусственного интеллекта в бизнес, наряду с автоматизацией и цифровизацией даёт возможность эффективно выстраивать целостную систему всех бизнес-процессов, происходящих в компании, тем самым, придавая вид единой, целостной системы, которая могла представлять собой своего рода совокупность зависимых друг от друга и взаимосвязанных элементов. Искусственный интеллект стал ключевым элементом в становлении современного бизнеса, играя решающую роль в трансформации бизнес-процессов, оптимизации очередей и повышении общей эффективности внутренних и внешних бизнес-процессов. С увеличением объёмов данных и стремительным развитием вычислительных технологий проблема внедрения технологий искусственного интеллекта в бизнес становится актуальной проблемой в области информационных технологий в бизнесе.

Целью работы является исследование использования искусственного интеллекта в разных сферах бизнеса, в том числе, анализ статистических данных, который иллюстрирует масштаб и нынешние направления, где активно внедряется искусственный интеллект в бизнесе. Задачей работы является проведение обзора использования искусственного интеллекта в разных сферах бизнеса, составление аналитики и формулировка выводов с учётом современных реалий, с которыми сталкивается бизнес при использовании искусственного интеллекта.

Методы исследования включают в себя методы анализа, систематизации и обобщения данных по использованию искусственного интеллекта в разных сферах бизнеса.

Материалы исследования включают в себя материалы существующих научных статей и исследований, касающихся применения искусственного интеллекта в бизнесе.

Научная новизна исследования заключается в том, что применение искусственного интеллекта в разных сферах бизнеса позволяет создавать бизнес-модели, которые учитывают множество факторов среды, в которой действует организация, и взаимодействий между ними. Это используется в бизнес-аналитике для оптимизации предиктивного и сентиментального анализа бизнес-систем.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что применение искусственного интеллекта в разных сферах бизнеса способствует развитию теоретических основ экономики современных бизнес-процессов и может служить основой для дальнейших научных разработок в области использования искусственного интеллекта в бизнесе.

Практическая значимость исследования состоит в том, что применение искусственного интеллекта в разных сферах бизнеса имеет ряд практических применений в улучшении бизнес-аналитики и внедрении гибких бизнес-моделей, превосходящих традиционные системы, которые могут быть использованы компаниями для внедрения технологий искусственного интеллекта для повышения эффективности внутренних и внешних бизнес-процессов.

Правильно выстроенные алгоритмы взаимодействия между элементами системы могут привести к созданию единой, управляемой системы, которая облегчит жизнедеятельность организации и поможет ей выживать в конкурентных условиях. Также отмечается, что среда, в которой действует организация, постоянно меняется, и поэтому важно создавать условия для адаптации системы к новым условиям. Таким образом, для решения данных задач автоматизации процессов разработаны системы планирования ресурсов предприятия на основе искусственного интеллекта. Применение искусственного интеллекта в бизнесе и переход на современные цифровые технологии стало одной из актуальных тем за последний период. Технологии искусственного интеллекта трансформируют существующие бизнес-процессы, при этом, открывая современные возможности для повышения эффективности, оптимизации затрат и принятия решений на базе полученных данных.

Обзор

Говоря об искусственном интеллекте подразумевается достаточно большой спектр технологий. В данном контексте речь идёт о машинном обучении, компьютерном зрении, процессах языковой обработки, а также робототехнике. Данные технологии весьма активно используются в следующих сферах: производство, логистика, маркетинг, управление персоналом, а также финансовый анализ на производстве.

Применение искусственного интеллекта в бизнесе преобразовало различные секторы за счёт улучшения процессов принятия решений, повышения операционной эффективности и персонализации клиентского опыта. Технологии искусственного интеллекта, включая машинное обучение и генеративный искусственный интеллект, всё чаще используются в бизнес-аналитике для оптимизации предиктивного и сентиментального анализа, тем самым решая существующие проблемы в обработке данных и настройке услуг [1, 2]. Генеративный искусственный интеллект улучшает бизнес-аналитику, улучшая предиктивный анализ, анализ настроений и индивидуальные услуги, что приводит к повышению эффективности и результативности. Однако для оптимального применения в бизнесе необходимо решать такие проблемы, как точность данных и вопросы авторских прав. На финансовых рынках искусственный интеллект способствует более быстрому анализу и выявлению рисков, позволяя компаниям внедрять гибкие бизнес-модели, превосходящие традиционные системы [3]. Искусственный интеллект улучшает процесс принятия организационных решений, предоставляя динамические возможности, повышая производительность и позволяя более быстрые и точные процессы [3]. Компании внедряют искусственный интеллект для оптимизации операций, анализа финансовых рынков и лучшего выявления рисков, в конечном итоге получая конкурентное преимущество в управлении бизнесом. Кроме того, искусственный интеллект улучшает традиционные системы бизнес-аналитики, улучшая качество и глубину анализа данных, что имеет решающее значение в эпоху больших данных [4]. Кроме того, чат-боты на базе искусственного интеллекта производят революцию в обслуживании клиентов, предоставляя круглосуточную поддержку, тем самым обогащая взаимодействие с пользователем и оптимизируя процесс покупки [5]. В целом, интеграция искусственного интеллекта в бизнес-практику способствует инновациям и конкурентным преимуществам в различных отраслях.

Под искусственным интеллектом подразумевается, что компьютерные системы решают разного рода задачи, которые ранее были подвластны только человеческому уму. Компания PwC заявляет о том, что к 2030 году можно ожидать повышение уровня мирового валового внутреннего продукта на 14 %, (15.7 трлн) в связи с широким распространением и применением искусственного интеллекта. Такие прогнозные данные составляют показатели, которые больше, чем промышленное производство Китая и Индии. Искусственный интеллект — это сфера, в которую поступает большое количество инвестиционных вложений. Показатели инвестиций в искусственный интеллект приравниваются к 40 миллиардов долларов США. В 2018 году мировой рынок решений искусственного интеллекта достиг 21.5 миллиардов долларов США. Предполагается, что в 2024 году этот показатель увеличится до 140 миллиардов долларов США. За счёт этого мировая экономика получит как минимум 1 триллион долларов США. В Российской Федерации также выстроены стратегии развития искусственного интеллекта. Искусственный интеллект активно внедряется во все сферы жизнедеятельности, в процессы интеграции бизнеса с государством [6].

Искусственный интеллект обладает множеством положительных свойств. Искусственный интеллект может выполнять задачи, которые требуют всестороннего подхода, и для решения которых человеку потребовалось бы затратить много сил и времени. К тому же, искусственный интеллект справляется с задачами более точно, чем это может

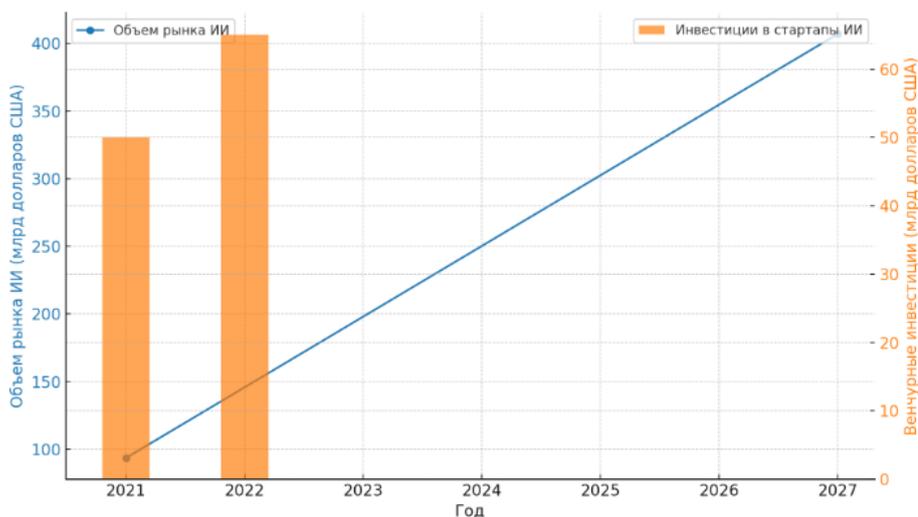


Рис. 1. Динамика роста объёма рынка искусственного интеллекта и венчурных инвестиций.

сделать человек, то есть у искусственного интеллекта снижается риск возникновения ошибок. Системы искусственного интеллекта обрабатывают данных больших объёмов, определяют модели и могут справляться с большим количеством задач без человеческого участия. Также искусственный интеллект может взаимодействовать с людьми и это способствует тому, что человек выполняет свои задачи более эффективно и продуктивно.

Согласно данным исследований компании McKinsey, 50 % крупных мировых компаний в своём производстве уже внедрили хотя бы первую технологию на основе искусственного интеллекта в свой бизнес и его процессы, но, степень внедрения и проникновения данной технологии распределяется в зависимости от сектора экономики, к примеру, в финансовой сфере технологии искусственного интеллекта были внедрены на 60 %, но в сельскохозяйственном секторе, а также строительной отрасли данный показатель поднялся только до 20 %.

Мировой рынок искусственного интеллекта демонстрирует стабильный рост. Согласно исследованиям Marketsand Markets, размер рынка искусственного интеллекта в 2021 году находился на уровне 93.5 миллиардов долларов, по прогнозным оценкам, к 2027 году данный показатель будет равен 407.0 миллиардов долларов, что практически соответствует среднегодовому темпу роста, равному 36.2 %. Наиболее крупные рынки технологий искусственного интеллекта на современном этапе находятся в Северной Америке с Европой, на которые приходится более 60 % инвестиционных поступлений в данную цифровую технологию. В Азии — в Китае и Индии прослеживается динамичное развитие, бизнес активно применяет технологии искусственного интеллекта в целях улучшения процессов производства, а также обслуживания клиентов. Мировые инвестиции в технологии искусственного интеллекта также будут увеличиваться, к примеру, в 2022 году стартапы, ориентированные на искусственный интеллект, привлекли около 65 миллиардов долларов венчурного капитала, что, соответственно на 30 % больше, чем в прошлом году (рис. 1).

На рис. 1 продемонстрирован прогнозный рост мирового рынка технологий искусственного интеллекта в динамике с 2021 года по 2027 год, в том числе, динамика венчурных инвестиций в стартапы, ориентированные на искусственный интеллект, за период с 2021 года по 2022 год. Голубая линия показывает увеличение объёма рынка технологий искусственного интеллекта, который с 93.5 миллиардов долларов в 2021 году

способна достичь 407 миллиардов долларов уже к 2027 году, что свидетельствует о среднегодовом темпе роста равном 36.2%. Оранжевые столбцы указывают динамику роста венчурных инвестиций, которые выросли на 30% в 2022 году, и стали равняться 65 миллиардов долларов. Поэтому использование искусственного интеллекта в бизнесе становится неотъемлемой частью конкурентных стратегий бизнеса. Предприятия, активно внедряющие технологии искусственного интеллекта, получают огромные преимущества, которые выражаются в повышении операционной эффективности, а также улучшается качество взаимодействия с заказчиками, производя оптимизацию бизнес-процессов.

Методы и материалы

Системы планирования ресурсов предприятия на основе искусственного интеллекта предназначены для автоматизации процессов управления бизнесом с помощью создания единой информационной системы. Одной из главных проблем, которую решают такие системы, является снижение объёма ручной работы и транзакционных издержек, что можно достичь благодаря внедрению единого пространства для планирования и управления бизнесом. Особенно актуально внедрение систем планирования ресурсов предприятия для предприятий с множеством филиалов или подразделений, которые удалены друг от друга и нуждаются в оперативном обмене информацией с головным офисом. В итоге, внедрение систем планирования ресурсов предприятия на базе искусственного интеллекта позволяет улучшить оперативность и эффективность деятельности бизнеса, снизить издержки и повысить конкурентоспособность на рынке [6].

Современные системы планирования ресурсов предприятия основанные на искусственном интеллекте, играют ключевую роль в автоматизации бизнес-процессов, продолжают развиваться в условиях цифровизации бизнеса [7, 8]. Благодаря тому, что искусственный интеллект активно интегрируется в системы планирования ресурсов предприятия, многие операции автоматизируются и это положительно влияет на управление бизнесом. Таким образом бизнес-процессы становятся более интеллектуально оптимизированы, в работе используется автоматизированная аналитика.

Планирование ресурсов предприятия представляет собой стратегию управления бизнесом или предприятием, которая основана на интеграции полученной информации о всех аспектах деятельности в рамках единой системы.

Внедрение технологий искусственного интеллекта в бизнес даёт возможность компаниям анализировать большие объёмы данных в онлайн, а также, прогнозировать необходимые потребности [7–10]. К примеру, можно предсказать спрос на продукцию, определить «узкие места» в цепочках поставок, а также спрогнозировать потенциальные поломки оборудования на линиях производства, что в результате может снизить транзакционные издержки. Применение технологий искусственного интеллекта для анализа прошлых данных, а также текущих тенденций рынка сможет помочь бизнес-компаниям производить оптимизацию управления запасами, что позволяет избежать лишних затрат на хранение, и, в том числе, снизить вероятность дефицита материалов. Системы планирования ресурсов предприятия, основанные на искусственном интеллекте, автоматически принимают решения на основе анализа данных, к примеру, система способна определить оптимальное время для выполнения конкретной задачи или выбрать поставщика. Данный аспект позволяет снизить затраты, а также улучшить качество производственных процессов. Алгоритмы искусственного интеллекта открывают возможности системам планирования ресурсов предприятия предоставлять сотрудникам и менеджерам конкретные, персонализированные рекомендации в целях улучшения производительности труда. Данный аспект особенно востребован для бизнес-компаний с многозадачной средой, где важно принимать оперативные и точные решения на основе

актуальной информации. Системы планирования ресурсов предприятия с интеграцией искусственного интеллекта используют алгоритмы машинного обучения для улучшения управления с клиентской базой. Данные системы способны анализировать поведение потенциальных клиентов, а также, предлагать конкретные индивидуальные предложения, или прогнозировать потребности на основе предыдущего взаимодействия.

Приведём примеры использования технологий искусственного интеллекта в системах планирования ресурсов предприятия:

1. SAP S/4HANA представляет собой платформу планирования ресурсов предприятия, которая интегрирована с искусственным интеллектом, и применяет машинное обучение с аналитическими функциями для скорости автоматизации, наряду с интеллектуальной обработкой данных. Система даёт возможность компаниям ускорять процессы принятия решений, тем самым, повышать прогнозную точность.
2. Oracle Cloud ERP использует технологии искусственного интеллекта в целях прогнозирования финансовых показателей, управления рисками, а также оптимизации затрат. Oracle внедряет машинное обучение для автоматизированного определения проблемных ситуаций в данных, и даёт рекомендации для их устранения.
3. Microsoft Dynamics 365 на основе искусственного интеллекта разработано для автоматизации рутинных задач, улучшения цепочек поставок, а также повышения эффективности управления взаимоотношений с клиентами.

Существуют поставщики систем планирования ресурсов предприятия на основе искусственного интеллекта, которые предоставляют конкретные программные пакеты, реализующие эту стратегию. С течением времени наблюдается динамика развития систем планирования ресурсов предприятия и доля присутствия на рынке у некоторых поставщиков несколько снижается [11]: SAP (24%), Oracle (18%), Microsoft (11%); Epicor, Sage, Infor, IFS, QAD, Lawson, Ross – 11% на всех; ABAS, Activant Solutions, Baan, Bowen and Groves, Compiere, Exact, Netsuite, Visibility, Blue Cherry, HansaWorld Intuitive, Syspro [12].

Можно выделить три категории поставщиков систем планирования ресурсов предприятия на рынке. При этом третья категория, а также те поставщики, которые на рынке не представлены, вместе составляют 36% от общего объёма. На рынке поставщики могут занимать разные доли, при этом они могут различаться в зависимости от региона и масштабов заказчиков. К примеру, в мировом сегменте планирования ресурсов предприятий на базе искусственного интеллекта для компаний, выручка которых превышает 1 миллиардов долларов, первые позиции занимают: SAP (47%), Oracle (32%) и Microsoft (4%). В сегменте компаний, выручка которых менее 25 миллионов долларов, первые позиции занимают: SAP (22%), Oracle (23%) и Microsoft (16%). В России к 2022 году поставщики занимали такие позиции: SAP (42.4%), 1С (39.2%), Microsoft (7.4%), Oracle (4.8%) и Галактика (3.6%). Для украинского рынка характерны такие показатели: SAP (43.4%), IT-Enterprise (15.7%), 1С (13.9%), Oracle (11.7%) и Microsoft (6.1%) при объёме 46.64 миллионов долларов. В Бразилии примерно 50% рынка занимала местная компания Totvs, а SAP имела 30% [12].

Предполагается, что мировой рынок систем планирования ресурсов предприятия на базе искусственного интеллекта достигнет 35 миллиардов долларов уже к 2025 году. Основное преимущество систем планирования ресурсов предприятия заключается в объединении различных организационных систем, что обеспечивает надёжность транзакций и оптимизирует производственные процессы, повышая эффективность работы всей организации [13]. На рынке систем планирования ресурсов предприятия на основе искусственного интеллекта прослеживается гонка за новым функционалом: большие

данные, предиктивная аналитика [6]. Рейтинг показал, что более высокие оценки имеет система планирования ресурсов предприятия 1С: ERP от компании 1С, которая является универсальной, имеет долгий срок тестового периода и в которой представлен полноценный функционал. Вторые позиции занимает система планирования ресурсов предприятия на основе искусственного интеллекта — Турбо ERP от компании «Консист бизнес групп». Данная компания предлагает полноценный функционал, достаточный срок тестового периода и оптимальную стоимость. Третьи позиции отданы Галактика ERP на основе искусственного интеллекта [12].

Одна из ведущих информационно-технологических изданий TAdviser опубликовал свой ежегодный рейтинг поставщиков систем планирования ресурсов предприятия за 2022 год. Рейтинг включает как вендоров, так и интеграторов, которые эти решения могут предложить. Возглавляет рейтинг группа Борлас. Объём выручки компании от реализации проектов планирования ресурсов предприятий составляет 4.4 миллиарда рублей (произошло повышение на 10.6%). Вторую и третью позиции занимают 1С-Рарус (с выручкой 3.9 миллиарда рублей, +24.4%) и T1 Консалтинг (с выручкой 2.5 миллиарда рублей, +129.7%). Отметим, что каждая из этих компаний предоставляет полный функционал систем планирования ресурсов предприятия, а также бесплатный тестовый период и относительно низкие цены, что, безусловно, влияет на их позиции в рейтинге [12]. Согласно данным IDC и TAdviser, можно предположить, что выручка от продаж систем планирования ресурсов предприятия на основе ERP/EAS-решений на 2022 год для 1С и SAP находилась примерно в одном диапазоне, от 26.5 до 28.5 миллиардов рублей. Выручка Microsoft и Oracle в этой сфере составляла около 4.5-5 и 3-3.5 миллиардов рублей соответственно. Компания «Корпорация Галактика» показала сокращение общей выручки за 2022 год на 30.2%, до 1.57 миллиардов рублей.

На российском рынке систем планирования ресурсов предприятия на основе искусственного интеллекта ведущее положение занимает 1С – более 67% всех проектов в этой области приходится на этого вендора. SAP и Microsoft занимают второе и третье места соответственно. Наибольшее количество внедрений систем планирования ресурсов предприятия на декабрь 2022 года приходится на сферу торговли, где было реализовано более 1.5 тысячи проектов. Машиностроение занимает второе место с около 1 тысяч внедрений, на третьем месте — сфера строительства с порядка 800 проектов. В компаниях пищевой промышленности было реализовано примерно 670 проектов систем планирования ресурсов предприятия [12].

Заключение

Современные требования к системам планирования ресурсов предприятия, основанные на базе искусственного интеллекта становятся наиболее жесткими, так как бизнес и пользователи требуют высокой функциональности, мобильности и безопасности. Благодаря облачным технологиям данные системы стали доступными даже для небольшого бизнеса. Важным фактором развития решений планирования ресурсов предприятий на основе искусственного интеллекта является также возможность удалённого доступа к программе и надёжное хранение данных. Данный аспект создаёт условия для перспективы развития рынка и популяризации данного продукта в качестве эффективного и удобного инструмента управления бизнесом.

На основе анализа практики задействования систем искусственного интеллекта в бизнес-процессах сделан вывод, что бизнес-компании, которые активно инвестируют в цифровые технологии с применением искусственного интеллекта, получают долгосрочные преимущества перед компаниями-конкурентами. Интеграция искусственного интеллекта в системы планирования ресурсов предприятий в бизнесе представляет собой важный шаг на пути к полной цифровизации и автоматизации бизнес-процессов, и

позволяет бизнесу не только улучшить внутренние процессы, но и адаптироваться к современным рыночным трансформациям. Внедрение решений на основе искусственного интеллекта в системы планирования ресурсов предприятия способствует повышению конкурентоспособности бизнеса, снижает издержки и создаёт наиболее гибкий бизнес. Внедрение искусственного интеллекта в бизнес-процессы не только положительно влияет на экономическую устойчивость компаний, но и меняет подходы к управлению компаниями. Компании, активно использующие технологии искусственного интеллекта, способны не только улучшить производительность, но и успешно адаптироваться к изменяющимся условиям рынка. С течением времени технологии искусственного интеллекта смогут продолжать развиваться, используя передовые технологии, облачные вычисления и аналитика больших данных. Цифровая трансформация предоставляет организациям новые возможности для модернизации и оптимизации их операций, что является критически важным в условиях глобальной конкурентной среды.

Список использованных источников

1. Zhou Yinbo. Application of generative artificial intelligence in business analytics: innovations and challenges // *Advances in economics, management and political sciences*. — 2024. — oct. — Vol. 99, no. 1. — P. 148–156. — URL: <http://dx.doi.org/10.54254/2754-1169/99/2024ox0206>.
2. Majeed Mohammed. Artificial intelligence in business management. — BENTHAM SCIENCE PUBLISHERS, 2024. — aug. — ISBN: 9789815238211. — URL: <http://dx.doi.org/10.2174/97898152382111240101>.
3. Amiri Mohsen. Application of artificial intelligence in business management and financial market forecasting // *Power system technology*. — 2024. — sep. — Vol. 48, no. 3. — P. 781–808. — URL: <http://dx.doi.org/10.52783/pst.875>.
4. Liu Jinxia, Liu Pei. Research on the application of artificial intelligence technology in traditional business intelligence systems // *2024 4th International symposium on computer technology and information science (ISCTIS)*. — IEEE, 2024. — jul. — P. 186–190. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/isctis63324.2024.10698971>.
5. Zulkiflee Wan Syiffawiaam Alya'a Farhah, Almunawar Mohammad Nabil. Application of chatbot and artificial intelligence in business // *Smart technologies and innovations in e-business*. — IGI Global, 2024. — jul. — P. 110–132. — ISBN: 9781668478417. — URL: <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-6684-7840-0.ch007>.
6. Makridakis Spyros. The forthcoming artificial intelligence revolution: its impact on society and firms // *Futures*. — 2017. — jun. — Vol. 90. — P. 46–60. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.006>.
7. Fone Zachary, Sabia Joseph, Cesur Resul. Do minimum wage increases reduce crime? — 2019. — mar. — URL: <http://dx.doi.org/10.3386/w25647>.
8. Bessen James. AI and jobs: the role of demand. — 2018. — jan. — URL: <http://dx.doi.org/10.3386/w24235>.
9. Kaplan Andreas, Haenlein Michael. Siri, Siri, in my hand: who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence // *Business horizons*. — 2019. — jan. — Vol. 62, no. 1. — P. 15–25. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004>.

10. Jordan M. I., Mitchell T. M. Machine learning: trends, perspectives, and prospects // Science. — 2015. — jul. — Vol. 349, no. 6245. — P. 255–260. — URL: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aaa8415>.
11. Chen Min, Mao Shiwen, Liu Yunhao. Big data: a survey // Mobile networks and applications. — 2014. — jan. — Vol. 19, no. 2. — P. 171–209. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>.
12. Davenport Thomas H., Ronanki Rajeev. Artificial intelligence for the real world // Harvard business review. — 2018. — jan-feb. — Vol. 96, no. 1. — P. 108–116. — URL: <https://hbr.org/2018/01/artificial-intelligence-for-the-real-world>.
13. Reshaping business with artificial intelligence: closing the gap between ambition and action / Sam Ransbotham [et al.] // MIT Sloan management review. — 2017. — Vol. 59, no. 1. — P. 1–17. — URL: <https://sloanreview.mit.edu/projects/reshaping-business-with-artificial-intelligence>.

Сведения об авторах:

Татьяна Сергеевна Грачева — студент факультета информационных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», 603950, Нижний Новгород, Россия.

E-mail: tanya.gracheva.2003@bk.ru

ORCID iD  0009-0003-3343-143X

Web of Science ResearcherID  LOS-1508-2024

Анна Андреевна Асланова — студент факультета информационных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», 603950, Нижний Новгород, Россия.

E-mail: a.aslanova39@gmail.com

ORCID iD  0009-0001-2577-9183

Web of Science ResearcherID  LOS-1602-2024

Сергей Валентинович Болдин — кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий факультета информационных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», 603950, Нижний Новгород, Россия.

E-mail: enstek@inbox.ru

ORCID iD  0000-0001-6859-8115

Web of Science ResearcherID  AAG-2166-2020

SCOPUS ID  57216587387

Original article
PACS 89.65.Gh
OCIS 000.3110
MSC 03H10

Application of artificial intelligence in business

T. S. Gracheva , A. A. Aslanova , S. V. Boldin 

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University”, 603950, Nizhny Novgorod, Russia

Submitted October 30, 2024
Resubmitted November 4, 2024
Published December 28, 2024

Abstract. An analysis of the practice of using artificial intelligence systems in business processes is presented. It analyzes how business depends on artificial intelligence, how artificial intelligence can improve the competitive qualities of a company. As a result of the analysis, it was concluded that business companies that actively invest in digital technologies using artificial intelligence receive long-term advantages over competing companies.

Keywords: artificial intelligence, enterprise resource planning systems, digitalization, production processes, business

References

1. Zhou Yinbo. Application of generative artificial intelligence in business analytics: innovations and challenges // *Advances in economics, management and political sciences*. — 2024. — oct. — Vol. 99, no. 1. — P. 148–156. — URL: <http://dx.doi.org/10.54254/2754-1169/99/2024ox0206>.
2. Majeed Mohammed. Artificial intelligence in business management. — BENTHAM SCIENCE PUBLISHERS, 2024. — aug. — ISBN: 9789815238211. — URL: <http://dx.doi.org/10.2174/97898152382111240101>.
3. Amiri Mohsen. Application of artificial intelligence in business management and financial market forecasting // *Power system technology*. — 2024. — sep. — Vol. 48, no. 3. — P. 781–808. — URL: <http://dx.doi.org/10.52783/pst.875>.
4. Liu Jinxia, Liu Pei. Research on the application of artificial intelligence technology in traditional business intelligence systems // *2024 4th International symposium on computer technology and information science (ISCTIS)*. — IEEE, 2024. — jul. — P. 186–190. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/isctis63324.2024.10698971>.
5. Zulkiflee Wan Syiffawiaam Alya’a Farhah, Almunawar Mohammad Nabil. Application of chatbot and artificial intelligence in business // *Smart technologies and innovations in e-business*. — IGI Global, 2024. — jul. — P. 110–132. — ISBN: 9781668478417. — URL: <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-6684-7840-0.ch007>.

6. Makridakis Spyros. The forthcoming artificial intelligence revolution: its impact on society and firms // *Futures*. — 2017. — jun. — Vol. 90. — P. 46–60. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.006>.
7. Fone Zachary, Sabia Joseph, Cesur Resul. Do minimum wage increases reduce crime? — 2019. — mar. — URL: <http://dx.doi.org/10.3386/w25647>.
8. Bessen James. AI and jobs: the role of demand. — 2018. — jan. — URL: <http://dx.doi.org/10.3386/w24235>.
9. Kaplan Andreas, Haenlein Michael. Siri, Siri, in my hand: who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence // *Business horizons*. — 2019. — jan. — Vol. 62, no. 1. — P. 15–25. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004>.
10. Jordan M. I., Mitchell T. M. Machine learning: trends, perspectives, and prospects // *Science*. — 2015. — jul. — Vol. 349, no. 6245. — P. 255–260. — URL: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aaa8415>.
11. Chen Min, Mao Shiwen, Liu Yunhao. Big data: a survey // *Mobile networks and applications*. — 2014. — jan. — Vol. 19, no. 2. — P. 171–209. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>.
12. Reshaping business with artificial intelligence: closing the gap between ambition and action / Sam Ransbotham [et al.] // *MIT Sloan management review*. — 2017. — Vol. 59, no. 1. — P. 1–17. — URL: <https://sloanreview.mit.edu/projects/reshaping-business-with-artificial-intelligence>.
13. Davenport Thomas H., Ronanki Rajeev. Artificial intelligence for the real world // *Harvard business review*. — 2018. — jan-feb. — Vol. 96, no. 1. — P. 108–116. — URL: <https://hbr.org/2018/01/artificial-intelligence-for-the-real-world>.

Information about authors:

Gracheva Tatyana Sergeevna — student of the faculty of Information Technology of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University”, 603950, Nizhny Novgorod, Russia..

E-mail: tanya.gracheva.2003@bk.ru

ORCID iD  0009-0003-3343-143X

Web of Science ResearcherID  LOS-1508-2024

Anna Andreevna Aslanova — student of the faculty of Information Technology of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University”, 603950, Nizhny Novgorod, Russia.

E-mail: a.aslanova39@gmail.com

ORCID iD  0009-0001-2577-9183

Web of Science ResearcherID  LOS-1602-2024

Sergey Valentinovich Boldin — Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, faculty of Information Technology of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University”, 603950, Nizhny Novgorod, Russia.

E-mail: enstek@inbox.ru

ORCID iD  0000-0001-6859-8115

Web of Science ResearcherID  AAG-2166-2020

SCOPUS ID  57216587387

2.2 Теоретическая информатика

Научная статья

УДК 004.9

ББК 22.18

ГРНТИ 20.15.13

ВАК 1.2.3.

PACS 89.65.Gh

OCIS 000.5920

MSC 91B44

Роль систем планирования ресурсов предприятия в реинжиниринге бизнес-процессов на примере промышленных предприятий

С. В. Болдин , А. И. Сатушев , Н. А. Шеронов  ¹

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина»,
603950, Нижний Новгород, Россия

Поступила в редакцию 26 октября 2024 года

После переработки 4 ноября 2024 года

Опубликована 28 декабря 2024 года

Аннотация. Рассматривается критическая роль систем планирования ресурсов предприятия в содействии реинжинирингу бизнес-процессов на промышленных предприятиях с особым акцентом на производство капитальных товаров. Рассматривается симбиотическая связь между системами планирования ресурсов предприятия и реинжинирингом бизнес-процессов и делается вывод о том, что их одновременное внедрение является наиболее эффективным подходом для организационных преобразований и оптимизации процессов. Исследование опирается на примеры из индийского сектора производства капитальных товаров, в частности государственных предприятий, чтобы проиллюстрировать, как реинжиниринг бизнес-процессов на основе способствует модернизации, повышению производительности и конкурентоспособности в традиционно вялых отраслях. Результаты исследования подчеркивают стратегическую важность систем планирования ресурсов предприятия в поддержке инициатив по реинжинирингу.

Ключевые слова: система планирования ресурсов предприятия, реинжиниринг бизнес-процессов, промышленные предприятия, капитальные товары, операционная эффективность, организационные преобразования, конкурентоспособность, интеграция

Введение

Современные системы планирования ресурсов предприятия стали ключевым инструментом в реализации реинжиниринга бизнес-процессов на промышленных предприятиях. Реинжиниринг бизнес-процессов, определяемый как радикальная перестройка процессов для достижения значительного повышения стоимости, качества и эффективности, представляет собой особенно сложный комплекс обстоятельств в крупномасштабных промышленных операциях.

¹E-mail: niksheron@yandex.ru

В последние десятилетия промышленные предприятия сталкиваются с рядом вызовов, связанных с ростом конкуренции, глобализацией рынков и быстрыми технологическими изменениями. В современных условиях традиционные подходы к управлению бизнес-процессами промышленных предприятий становятся малоэффективными, что приводит к снижению производительности, увеличению затрат и потере конкурентоспособности промышленных предприятий.

Целью работы является исследование систем планирования ресурсов промышленных предприятий в содействии реинжинирингу бизнес-процессов на промышленных предприятиях. Задачей работы является анализ роли систем планирования ресурсов промышленных предприятий в содействии реинжинирингу бизнес-процессов на промышленных предприятиях с особым акцентом на производство капитальных товаров.

Объектом исследования является система планирования ресурсов промышленных предприятий в содействии реинжинирингу бизнес-процессов на промышленных предприятиях. Предметом исследования является процесс оптимизации бизнес-процессов на основе современных информационных технологий в системе планирования ресурсов промышленных предприятий.

Методами исследования являются методы анализа существующих подходов к реинжинирингу бизнес-процессов на промышленных предприятиях. Материалами исследования являются научные материалы по реинжинирингу бизнес-процессов на промышленных предприятиях, включая статьи, монографии и научные публикации.

Научная новизна исследования состоит в том, что исследование возможностей использования систем планирования ресурсов для реинжиниринга бизнес-процессов на промышленных предприятиях может быть использовано для обобщения опыта промышленных предприятий, которые успешно внедрили системы планирования ресурсов и достигли значительных улучшений в оптимизации бизнес-процессов на основе современных информационных технологий.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что исследование направлено на развитие теоретических основ реинжиниринга бизнес-процессов на основе систем планирования ресурсов в бизнес-процессах, которые могут быть использованы для разработки новых подходов к управлению промышленными предприятиями. Практическая значимость исследования заключается в том, что применение результатов исследования позволит промышленным предприятиям повысить эффективность своей деятельности, снизить затраты и улучшить качество продукции. Это, в свою очередь, будет способствовать росту прибыли и укреплению позиций на рынке.

Обзор

Значительным преимуществом систем планирования ресурсов предприятия при реинжиниринге бизнес-процессов на промышленных предприятиях является их способность стандартизировать и автоматизировать бизнес-процессы. В контексте промышленных предприятий, где такие процессы, как производство, управление запасами и координация цепочек поставок, по своей сути сложны и взаимозависимы, системы планирования ресурсов предприятия обеспечивают единую платформу, интегрирующую эти функции. Такая интеграция имеет огромное значение для реализации целей реинжиниринга бизнес-процессов, поскольку она способствует бесперебойной передаче данных в рамках всего предприятия, сводя к минимуму задержки и ошибки. Кроме того, системы планирования ресурсов предприятия способствуют мониторингу и отслеживанию ключевых показателей эффективности в режиме реального времени, что позволяет руководству принимать взвешенные решения и оперативно реагировать на изменения рынка. Внедрение систем планирования ресурсов предприятия на промышленных предприятиях часто обусловлено необходимостью повышения эффективности

и снижения операционных затрат, о чём свидетельствуют результаты исследований. Как отмечается в работах [1–4], системы планирования ресурсов предприятия играют ключевую роль в автоматизации бизнес-процессов, позволяя компаниям оптимизировать распределение ресурсов и повышать общую производительность. Например, в отрасли производства капитальных товаров внедрение систем планирования ресурсов предприятия способствовало рационализации производственных процессов, сокращению сроков выполнения заказов и повышению качества продукции. Это привело к более эффективному использованию ресурсов, что привело к экономии затрат и повышению рентабельности [1]. Будучи комплексными программными решениями, предназначенными для интеграции различных бизнес-функций, системы планирования ресурсов предприятия играют ключевую роль в обеспечении и поддержке инициатив по реинжинирингу бизнес-процессов, особенно в промышленных условиях. Как свидетельствуют результаты исследований, системы планирования ресурсов предприятия обеспечивают необходимую технологическую инфраструктуру для автоматизации и рационализации бизнес-процессов, повышая тем самым эффективность и согласовывая их с целями реинжиниринга бизнес-процессов [1].

Тем не менее, внедрение различных систем планирования ресурсов предприятия в рамках реинжиниринга бизнес-процессов не обходится без трудностей. Одной из наиболее серьезных проблем является согласование функциональных возможностей систем планирования ресурсов предприятия с конкретными требованиями реорганизуемых процессов. Как отмечается в работе [5], успех внедрения систем планирования ресурсов предприятия в рамках реинжиниринга бизнес-процессов зависит от всестороннего изучения существующих бизнес-процессов и их согласования с возможностями системы планирования ресурсов предприятия [5]. Во многих случаях компаниям приходится настраивать свои системы планирования ресурсов предприятия в соответствии с особыми требованиями реорганизуемых процессов [6]. Такая настройка может быть дорогостоящей и трудоёмкой, а при неправильном выполнении она может привести к неэффективности системы и узким местам в процессах.

Методы и материалы

Современные промышленные предприятия сталкиваются с необходимостью внедрения инновационных подходов для повышения эффективности и адаптивности своих бизнес-процессов. Один из таких подходов — реинжиниринг бизнес-процессов, направленный на коренной пересмотр и оптимизацию существующих процессов с целью значительно улучшить их результаты. В рамках реинжиниринга бизнес-процессов особую роль играют системы планирования ресурсов предприятия, которые представляют собой интегрированные программные решения, способствующие автоматизации управления ресурсами, упрощению взаимодействия между различными подразделениями и повышению прозрачности процессов.

Системы планирования ресурсов предприятия стали жизненно важными инструментами для рационализации и автоматизации сложных промышленных процессов, повышения операционной эффективности и стратегической перестройки, необходимой для поддержания конкурентоспособности на динамичном рынке. Интегрируя разрозненные функциональные области, включая производство, запасы, финансы и человеческие ресурсы, системы планирования ресурсов предприятия обеспечивают единую платформу для реинжиниринга устаревших процессов, снижения неэффективности и улучшения процесса принятия решений.

Промышленный сектор, особенно индустрия капитальных товаров, претерпел значительные преобразования, вызванные необходимостью реорганизации существующих бизнес-моделей для поддержания конкурентоспособности в условиях всё большей гло-

бализации экономики. Внедрение систем планирования ресурсов предприятия в этих отраслях сыграло ключевую роль в совершенствовании процессов. Системы планирования ресурсов предприятия способствуют доступу к данным в режиме реального времени, межфункциональной интеграции и расширению возможностей принятия решений, что крайне важно в условиях жёсткой конкуренции. Внедрение систем планирования ресурсов предприятия в рамках реинжиниринга бизнес-процессов упрощает координацию между отделами и оптимизирует операционную эффективность за счёт устранения избыточности и улучшения потока информации в организации.

Внедрение систем планирования ресурсов предприятия на промышленных предприятиях способствует не только реинжинирингу внутренних процессов, но и согласованию целей бизнеса с внешними рыночными факторами. Создавая интегрированную сеть операций, системы планирования ресурсов предприятия способствуют бесперебойной связи между разрозненными подразделениями и синхронизации производственных графиков, управления запасами и логистики цепочки поставок. Такая интеграция особенно выгодна в отраслях, где координация между этими функциями жизненно важна для удовлетворения запросов клиентов и сохранения конкурентных преимуществ. Кроме того, системы планирования ресурсов предприятия помогают промышленным предприятиям оптимизировать процессы, выявляя неэффективность и избыточность, которые могут быть устранены путём реинжиниринга. Например, автоматизация ручных задач, ставшая возможной благодаря системам планирования ресурсов предприятия, может заметно сократить время и трудозатраты, связанные с этими процессами, тем самым повышая общую производительность. Как отмечается в литературе, эффективное использование информационных технологий является одним из важнейших факторов успешного внедрения реинжиниринга бизнес-процессов. Системы планирования ресурсов предприятия, расположенные на стыке бизнес-операций и информационных технологий, обеспечивают необходимую инфраструктуру для поддержки комплексной перестройки процессов. Однако для того, чтобы системы планирования ресурсов предприятия обеспечивали желаемые результаты в рамках реинжиниринга бизнес-процессов, необходимо, чтобы они были настроены в соответствии с конкретными потребностями предприятия. Настройка функциональных возможностей систем планирования ресурсов предприятия позволяет привести систему в соответствие с конкретными требованиями реорганизуемых процессов, тем самым гарантируя, что система будет поддерживать, а не препятствовать достижению целей организации. В этом контексте невозможно переоценить важность надёжной инфраструктуры на основе информационных технологий. Неразвитая инфраструктура на основе информационных технологий может привести к неэффективности системы, разрозненности данных и другим узким местам, которые могут подорвать успех усилий по реинжинирингу бизнес-процессов.

Системы планирования ресурсов промышленных предприятий не только способствуют совершенствованию процессов, но и предоставляют промышленным предприятиям инструменты для мониторинга и оценки эффективности реинжиниринговых процессов. Возможность отслеживать показатели эффективности в режиме реального времени позволяет предприятиям принимать взвешенные решения и оперативно устранять любые проблемы, возникающие в процессе реорганизации. Эта возможность особенно ценна в таких отраслях, как производство, где даже незначительные неэффективные процессы могут оказать существенное влияние на рентабельность и производительность. Предоставляя централизованную платформу для управления данными, Системы планирования ресурсов предприятия позволяют предприятиям выявлять «узкие места» и неэффективные рабочие процессы, обеспечивая непрерывную оптимизацию процессов. Гибкость систем планирования ресурсов предприятия также позволяет промышленным предприятиям настраивать свои процессы в соответствии с конкретными потребностями

ми бизнеса, обеспечивая соответствие усилий по реинжинирингу общим стратегическим целям организации. Пример подразделений государственного сектора в индийской индустрии капитальных товаров демонстрирует важность согласования систем планирования ресурсов предприятия с инициативами по реинжинирингу бизнес-процессов для преодоления внутренней неэффективности и повышения общей конкурентоспособности [7]. Исторически сложилось так, что многочисленные предприятия государственного сектора в Индии столкнулись с серьезными проблемами в поддержании рентабельности и конкурентоспособности на открытом рынке из-за ограничений, связанных с устаревшими системами и жесткостью бизнес-процессов. В ответ на инициативы правительства по модернизации и технологическому прогрессу системы планирования ресурсов предприятия были внедрены в рамках комплексной стратегии реинжиниринга бизнес-процессов с целью оживления этих предприятий. Например, внедрение систем планирования ресурсов предприятия в корпорации Heavy Engineering Corporation было увязано с усилиями по реинжинирингу бизнес-процессов, направленными на реструктуризацию операций, повышение производительности и модернизацию технологической инфраструктуры. Интеграция систем планирования ресурсов предприятия и реинжиниринга бизнес-процессов случай с корпорацией Heavy Engineering Corporation представляет собой не просто технологическую модернизацию, а скорее стратегический сдвиг, цель которого — превратить организацию в более гибкого и конкурентоспособного игрока на рынке [8]. В отраслях, производящих капитальные товары, где производственные процессы часто бывают сложными и ресурсоемкими, системы планирования ресурсов предприятия служат незаменимой технологической основой для поддержки инициатив реинжиниринга бизнес-процессов. Благодаря автоматизации рутинных задач, стандартизации процессов и анализу данных в режиме реального времени системы планирования ресурсов предприятия помогают компаниям постоянно контролировать и оптимизировать свою деятельность. Это особенно важно для капиталоемких отраслей, поскольку даже незначительная неэффективность может привести к значительным финансовым потерям. Способность систем планирования ресурсов предприятия обеспечивать прозрачность всей цепочки поставок, от сырья до готовой продукции, позволяет промышленным предприятиям сокращать потери, оптимизировать использование ресурсов и повышать общую производительность. Таким образом, функция систем планирования ресурсов предприятия в поддержке реинжиниринга бизнес-процессов на промышленных предприятиях выходит за рамки простой автоматизации; она способствует разработке более устойчивых, гибких и масштабируемых бизнес-моделей, способных адаптироваться к постоянно изменяющимся требованиям глобального рынка.

Заключение

Системы планирования ресурсов предприятия играют важную роль в поддержке реинжиниринга бизнес-процессов на промышленных предприятиях, обеспечивая технологическую основу, необходимую для оптимизации и интеграции процессов. Системы планирования ресурсов позволяют оптимизировать управление многообразием бизнес-процессов в деятельности промышленных предприятий, включая управление производством, закупками, продажами и взаимоотношениями с клиентами. Несмотря на проблемы, связанные с внедрением систем планирования ресурсов на промышленных предприятиях, преимущества в виде повышения эффективности, сокращения затрат и расширения возможностей принятия решений делают системы планирования ресурсов предприятия незаменимым инструментом для компаний, стремящихся сохранить конкурентоспособность на мировом рынке. Согласовывая функциональные возможности систем планирования ресурсов предприятия с целями реинжиниринга бизнес-процессов, промышленные предприятия могут добиться значительных улучшений в своей деятель-

ности. Развитие систем планирования ресурсов и реинжиниринга бизнес-процессов открывает возможность повышения эффективности деятельности промышленных предприятий.

Внедрение систем планирования ресурсов предприятия позволяет существенно оптимизировать операции, улучшить взаимодействие между подразделениями и повысить качество управленческих решений. Системы планирования ресурсов играют важную роль в реинжиниринге бизнес-процессов на промышленных предприятиях, так как они позволяют оптимизировать различные аспекты деятельности, упрощают анализ и оптимизацию бизнес-процессов на промышленных предприятиях. В рамках проведенного исследования была подтверждена значимость использования систем планирования ресурсов предприятия в процессе реинжиниринга бизнес-процессов на примере промышленных предприятий. Использование систем планирования ресурсов предприятия в конечном итоге способствует повышению конкурентоспособности предприятий в условиях динамично изменяющегося рынка.

Результаты проведенного исследования подчеркивают стратегическую важность систем планирования ресурсов предприятия в поддержке инициатив по реинжинирингу, что в конечном итоге позволяет промышленным предприятиям адаптироваться к изменяющимся требованиям глобальных рынков, добиваясь при этом долгосрочного роста и устойчивости [9].

Список использованных источников

1. Svistunov V. M., Lobachyev V. V. Current trends in business process automation in domestic companies // Management of the personnel and intellectual resources in Russia. — 2022. — jun. — Vol. 11, no. 2. — P. 72–76. — URL: <http://dx.doi.org/10.12737/2305-7807-2022-11-2-72-76>.
2. Svistunov Vasiliy M., Lobachev Vitaliy V., Manukyan Siranush. New expertise and skills of manager in the context of digital business transformation // Socio-economic Systems: Paradigms for the Future. — Springer International Publishing, 2021. — P. 911–921. — ISBN: 9783030564339. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-56433-9_96.
3. Temnyshov I. A., Belyaev A. M. Business modeling in business operations of manufacturing company // IOP conference series: materials science and engineering. — 2020. — feb. — Vol. 753, no. 8. — P. 082027. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/753/8/082027>.
4. Palchunov D. E., Chernyavtseva S. I. Development of intelligent assistant for automated generation of department documents // Programnaya ingeneria. — 2023. — aug. — Vol. 14, no. 8. — P. 388–400. — URL: <http://dx.doi.org/10.17587/prin.14.388-400>.
5. Jensen Pernille Kraemmergaard, Moller Charles. Evaluation of ERP implementation: A case-study of an implementation // Proceedings of world multiconference on systemics, cybernetics and informatics. — Orlando, Florida, U.S.A., 2001. — URL: <https://vbn.aau.dk/en/publications/evaluation-of-erp-implementation-a-case-study-of-an-implementation-2>.
6. Finney Sherry, Corbett Martin. ERP implementation: a compilation and analysis of critical success factors // Business process management journal. — 2007. — jun. — Vol. 13, no. 3. — P. 329–347. — URL: <http://dx.doi.org/10.1108/14637150710752272>.
7. Drago William, Geisler Eliezer. Business process re-engineering: lessons from the past // Industrial management and data systems. — 1997. — dec. — Vol. 97, no. 8. — P. 297–303. — URL: <http://dx.doi.org/10.1108/02635579710195019>.

8. Cao Guangming, Clarke Steve, Lehaney Brian. A critique of BPR from a holistic perspective // Business process management journal. — 2001. — oct. — Vol. 7, no. 4. — P. 332–339. — URL: <http://dx.doi.org/10.1108/EUM0000000005732>.
9. Ranganathan C., Dhaliwal Jasbir S. A survey of business process reengineering practices in Singapore // Information and management. — 2001. — dec. — Vol. 39, no. 2. — P. 125–134. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00087-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00087-8).

Сведения об авторах:

Сергей Валентинович Болдин — кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий факультета информационных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», 603950, Нижний Новгород, Россия.

E-mail: enstek@inbox.ru

ORCID iD  0000-0001-6859-8115

Web of Science ResearcherID  AAG-2166-2020

SCOPUS ID  57216587387

Алексей Иванович Сатушев — студент факультета информационных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», 603950, Нижний Новгород, Россия.

E-mail: aleksejsatusev@gmail.com

ORCID iD  0009-0008-7182-4628

Web of Science ResearcherID  LPP-6534-2024

Никита Александрович Шеронов — студент факультета информационных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», 603950, Нижний Новгород, Россия.

E-mail: niksheron@yandex.ru

ORCID iD  0009-0006-3058-2672

Web of Science ResearcherID  LPP-6298-2024

Original article
PACS 89.65.Gh
OCIS 000.5920
MSC 91B44

The role of enterprise resource planning systems in business process reengineering using industrial enterprises as an example

S. V. Boldin , A. I. Satushev , N. A. Sheronov 

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University”, 603950, Nizhny Novgorod, Russia

Submitted October 26, 2024
Resubmitted November 4, 2024
Published December 28, 2024

Abstract. The critical role of enterprise resource planning systems in supporting business process reengineering in manufacturing enterprises, with a particular focus on capital goods manufacturing, is examined. The symbiotic relationship between enterprise resource planning systems and business process reengineering is discussed and it is concluded that their simultaneous implementation is the most effective approach for organizational transformation and process optimization. The study draws on examples from the Indian capital goods manufacturing sector, particularly public sector enterprises, to illustrate how enterprise resource planning-based business process reengineering facilitates modernization, productivity improvement, and competitiveness in traditionally sluggish industries. The findings highlight the strategic importance of enterprise resource planning systems in supporting reengineering initiatives.

Keywords: enterprise resource planning system, business process reengineering, industrial enterprises, capital goods, operational efficiency, organizational transformation, competitiveness, integration

References

1. Svistunov V. M., Lobachyev V. V. Current trends in business process automation in domestic companies // Management of the personnel and intellectual resources in Russia. — 2022. — jun. — Vol. 11, no. 2. — P. 72–76. — URL: <http://dx.doi.org/10.12737/2305-7807-2022-11-2-72-76>.
2. Svistunov Vasiliy M., Lobachev Vitaliy V., Manukyan Siranush. New expertise and skills of manager in the context of digital business transformation // Socio-economic Systems: Paradigms for the Future. — Springer International Publishing, 2021. — P. 911–921. — ISBN: 9783030564339. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-56433-9_96.
3. Temnyshov I. A., Belyaev A. M. Business modeling in business operations of manufacturing company // IOP conference series: materials science and engineering. — 2020. — feb. — Vol. 753, no. 8. — P. 082027. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/753/8/082027>.

4. Palchunov D. E., Chernyavtseva S. I. Development of intelligent assistant for automated generation of department documents // Programmaya ingeneria. — 2023. — aug. — Vol. 14, no. 8. — P. 388–400. — URL: <http://dx.doi.org/10.17587/prin.14.388-400>.
5. Jensen Pernille Kraemmergaard, Moller Charles. Evaluation of ERP implementation: A case-study of an implementation // Proceedings of world multiconference on systemics, cybernetics and informatics. — Orlando, Florida, U.S.A., 2001. — URL: <https://vbn.aau.dk/en/publications/evaluation-of-erp-implementation-a-case-study-of-an-implementation-2>.
6. Finney Sherry, Corbett Martin. ERP implementation: a compilation and analysis of critical success factors // Business process management journal. — 2007. — jun. — Vol. 13, no. 3. — P. 329–347. — URL: <http://dx.doi.org/10.1108/14637150710752272>.
7. Drago William, Geisler Eliezer. Business process re-engineering: lessons from the past // Industrial management and data systems. — 1997. — dec. — Vol. 97, no. 8. — P. 297–303. — URL: <http://dx.doi.org/10.1108/02635579710195019>.
8. Cao Guangming, Clarke Steve, Lehane Brian. A critique of BPR from a holistic perspective // Business process management journal. — 2001. — oct. — Vol. 7, no. 4. — P. 332–339. — URL: <http://dx.doi.org/10.1108/EUM0000000005732>.
9. Ranganathan C., Dhaliwal Jasbir S. A survey of business process reengineering practices in Singapore // Information and management. — 2001. — dec. — Vol. 39, no. 2. — P. 125–134. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00087-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00087-8).

Information about authors:

Sergey Valentinovich Boldin — Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, faculty of Information Technology of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University”, 603950, Nizhny Novgorod, Russia.

E-mail: enstek@inbox.ru

ORCID iD  0000-0001-6859-8115

Web of Science ResearcherID  AAG-2166-2020

SCOPUS ID  57216587387

Alexey Ivanovich Satushev — student of the faculty of Information Technology of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University”, 603950, Nizhny Novgorod, Russia.

E-mail: aleksejsatushev@gmail.com

ORCID iD  0009-0008-7182-4628

Web of Science ResearcherID  LPP-6534-2024

Nikita Aleksandrovich Sheronov — student of the faculty of Information Technology of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University”, 603950, Nizhny Novgorod, Russia.

E-mail: niksheron@yandex.ru

ORCID iD  0009-0006-3058-2672

Web of Science ResearcherID  LPP-6298-2024

Секция 3

Науки об образовании

3.1 Теория и методика обучения и воспитания

Научная статья

УДК 378.147

ББК 74.489

ГРНТИ 14.35.09

ВАК 5.8.2.

RACS 01.40.-d

OCIS 000.2060

MSC 00A79

Педагогическое проектирование учебной дисциплины по методам исследовательской и проектной деятельности

К. К. Алтунин  ¹

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

Поступила в редакцию 22 ноября 2024 года

После переработки 26 ноября 2024 года

Опубликована 28 декабря 2024 года

Аннотация. Рассматривается процесс проектирования учебной дисциплины по методам исследовательской и проектной деятельности в педагогическом университете, что напрямую влияет на качество образования по педагогическому образованию и конкурентоспособность выпускников бакалавриата по педагогическому образованию. Результаты включают создание педагогической модели проектирования учебной дисциплины по методам исследовательской и проектной деятельности в бакалавриате по педагогическому образованию, определение возможности применения в практике педагогического университета для совершенствования образовательных программ бакалавриата педагогического образования в области физико-математического образования.

Ключевые слова: курс, учебная дисциплина, методы исследовательской деятельности, методы проектной деятельности, профессиональные компетенции

¹E-mail: kostya_altunin@mail.ru

Введение

Педагогическое проектирование учебной дисциплины по методам исследовательской и проектной деятельности направлено на развитие навыков студентов в области научного поиска, анализа и решения физических проблем. В условиях быстро изменяющегося общества и развития современных технологий становится актуальным внедрение в образовательный процесс методов исследовательской и проектной деятельности. Эти методы способствуют не только формированию у студентов различных профессиональных компетенций, но и повышают их активность, креативность и самостоятельность. Актуальность исследования обусловлена необходимостью подготовки высококвалифицированных педагогов, способных адаптироваться к изменениям в профессиональной среде и эффективно применять навыки анализа, синтеза и критического мышления для решения задач по развитию навыков исследовательской и проектной деятельности у студентов, которые являются основой для успешной профессиональной самореализации и адаптации к быстро меняющимся условиям современного общества.

Цель исследования заключается в разработке и обосновании педагогического проектирования учебной программы по методам исследовательской и проектной деятельности, которая будет способствовать формированию у студентов компетенций, необходимых для успешной исследовательской и проектной деятельности в системе высшего образования. Задачи исследования состоят в том, чтобы написать обзор литературы по существующим подходам к проектированию учебных дисциплин по методам исследовательской и проектной деятельности в физике, проанализировать существующие подходы к обучению методам исследовательской и проектной деятельности, определить ключевые компоненты и этапы реализации методов исследовательской и проектной деятельности в учебной дисциплине, разработать модульную структуру и содержание учебной дисциплины, включающей методы исследовательской и проектной деятельности, необходимой для внедрения практико-ориентированных проектов по физике в физико-математическое образование. Объектом исследования является курс по методам исследовательской и проектной деятельности, направленный на преподавание методологии научных исследований и проектной деятельности на педагогическом направлении подготовки физико-математического профиля. Предметом исследования является процесс педагогического проектирования содержания и структуры учебной дисциплины, интегрирующей методы исследовательской и проектной деятельности, а также методы и формы организации учебного процесса, направленные на формирование компетенций у студентов в области исследовательской и проектной деятельности.

Методы исследования включают в себя анализ научной литературы по педагогическому опыту и практикам обучения методам исследовательской и проектной деятельности для выявления существующих подходов к проектированию учебных дисциплин по методам исследовательской и проектной деятельности в физике, кейс-метод, используемый для анализа практического применения методов проектной и исследовательской деятельности в различных образовательных контекстах, педагогический эксперимент, используемый для проверки эффективности разработанной модели учебной дисциплины по методам исследовательской и проектной деятельности в образовательной практике подготовки студентов педагогического направления подготовки физико-математического профиля.

Материалы исследования включают в себя результаты анализа научной литературы по теории и методологии обучения методам исследовательской и проектной деятельности, доступные в авторитетных рецензируемых изданиях и научных журналах, учебные планы и программы, внедряющие проектные и исследовательские методы в процесс обучения методам исследовательской и проектной деятельности, данные педагогического эксперимента по апробации курса по методам исследовательской и проектной деятель-

ности в педагогическом университете.

Научная новизна исследования заключается в разработке нового подхода к проектированию учебной дисциплины по методам исследовательской и проектной деятельности, основанного на интеграции теоретических знаний и практических навыков, а также в определении оптимальных методов и форм организации учебного процесса на основе интеграции методов исследовательской и проектной деятельности.

Теоретическая значимость исследования заключается в систематизации теоретических знаний о проектировании учебных дисциплин по методам исследовательской и проектной деятельности, обобщении существующих подходов к обучению методами исследовательской и проектной деятельности, а также в разработке структуры и содержания учебной дисциплины, учитывающей особенности этой деятельности, добавлении инновационных методов разработки эффективных моделей образования по методам исследовательской и проектной деятельности. Практическая значимость исследования включает возможность использования разработанной учебной дисциплины в практике обучения методами исследовательской и проектной деятельности в педагогическом университете, что позволит повысить качество образования и подготовить уровень подготовки студентов к успешной профессиональной деятельности в области педагогического образования. Практическая значимость исследования заключается в выявлении возможности эффективного проектирования учебной дисциплины по методам исследовательской и проектной деятельности в физике, что позволяет преподавателям более целенаправленно готовить студентов к реальным жизненным и профессиональным вызовам.

Обзор

Педагогический дизайн университетских курсов физики подчеркивает инновационные стратегии для повышения вовлеченности и компетенций студентов. Исследования подчеркивают интеграцию концептуального понимания, решения проблем и практической лабораторной работы как важнейшие компоненты эффективного обучения, особенно для нефизических специальностей [1]. В работе [1] иллюстрируются исследования, проведенные скоординированным образом по различным аспектам, с одной и той же точки зрения, с использованием одного и того же исследовательского подхода и с помощью последовательных методов, чтобы способствовать инновациям в преподавании физики на университетском уровне. Инновационный педагогический дизайн в университетской физике объединяет концептуальное понимание, решение проблем и лабораторную работу, фокусируясь на улучшении активного обучения для всех студентов, включая студентов, не являющихся специалистами в области физики [1]. Педагогический дизайн служит методологической основой, которая оптимизирует методы и инструменты обучения, обеспечивая качественное образование посредством структурированных действий, направленных на достижение конкретных образовательных результатов [2]. В работе [2] на основе анализа научных достижений отечественных и зарубежных авторов раскрываются возможности педагогического проектирования как важного методического ресурса реализации стратегии повышения качества подготовки будущих специалистов по избранной профессии. Педагогическое проектирование в вузовской физике предполагает структурированные действия по совершенствованию методов и средств обучения, оптимизации подготовки студентов к профессиональным компетенциям по дисциплине. Кроме того, были приняты инновационные модели обучения, такие как двухмерные подходы, для приведения физического образования в соответствие с современными когнитивными требованиями, способствуя приобретению знаний и развитию навыков. Реализация курсов, ориентированных на инновационные методы обучения, дополнительно поддерживает профессиональный рост будущих пе-

дагогов, подчеркивая важность контекстного обучения и рефлексивных способностей [3]. В статье [3] предложен курс по основам инновационного обучения физике, который определяется как акмеологическая технология обучения на контекстной основе, на основе анализа деятельности учителя физики по проектированию и внедрению новых технологий обучения обосновывается, что содержание и структура учебного курса в аспекте формирования профессиональных знаний, умений и навыков инновационной деятельности должны разрабатываться на основе деятельностного подхода. Педагогическое проектирование дисциплины физика должно ориентироваться на инновационные технологии обучения, интегрирующие профессиональные знания, умения и рефлексивные способности в контекстно-деятельностном плане. В работе [4] представлены данные из различных исследований, демонстрирующие потенциальное положительное влияние исследований в области преподавания и изучения физики на понимание физики учащимися. Исследования в области физического образования способствуют эффективно-му педагогическому проектированию путём улучшения последовательности обучения, улучшения понимания учащимися и решения практических задач в области университетского физического образования. В работе [5] представлены результаты основополагающих исследований в области физического образования, касающихся обучения студентов, которые влияют на глобальную практику и мотивируют изменения в содержании, контексте, инструментах и способах преподавания и изучения физики. Эффективный педагогический дизайн в университетской физике делает акцент на активном обучении, практическом опыте и интеграции научно-исследовательских практик для повышения вовлечённости студентов и понимания ими фундаментальных концепций [5].

Результаты проектирования курса

Целью изучения учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» является формирование у студентов представлений о методологии исследовательской и проектной деятельности в предметной области по физике.

Объём учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» составляет 3 зачётные единицы. Аудиторную нагрузку по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» составляют лекции в объёме 18 часов и практические занятия в объёме 30 часов.

Тематическое планирование в третьем семестре по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» включает изучение пяти тем.

Тема 1 учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» посвящена изучению методологии исследовательской деятельности как научного понятия. Лекция 1 по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» посвящена изучению методологии исследовательской деятельности как научного понятия. Практическое занятие 1 по учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» посвящено изучению методологии исследовательской деятельности как научного понятия. Практическое занятие 2 по учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» посвящено изучению методологии исследовательской деятельности как научного понятия. Практическое занятие 3 по учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» посвящено изучению методологии исследовательской деятельности как научного понятия.

Тема 2 учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» посвящена изучению специфики научно-исследовательской деятельности. Лекция 2 по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» посвящена изучению специфики научно-исследовательской деятельности. Лекция 3 по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» посвящена изучению специфики научно-исследовательской деятельности. Практическое занятие 3 по учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» посвящено изучению специфики научно-исследовательской деятельности. Практическое заня-

Практическое занятие 14 по учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» посвящено изучению организации проектно-исследовательской деятельности школьника в процессе обучения физике. Практическое занятие 15 по учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» посвящено изучению организации проектно-исследовательской деятельности школьника в процессе обучения физике.

Результаты педагогического эксперимента

Педагогический эксперимент по чтению учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» проводился в группе ФМ-22 с 7 сентября 2023 года по 29 декабря 2023 года в педагогическом университете города Ульяновска. В педагогическом университете используется рейтинговая система оценивания. Общая трудоёмкость учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» составляет 3 зачётные единицы. В соответствии с рейтинговой системой оценивания максимальная рейтинговая отметка по учебной дисциплине составляет 300 баллов.

Студент ФМ-22-01 посетил 6 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-02 посетил 9 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-03 посетил 5 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-04 посетил 3 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-05 посетил 7 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-06 посетил 7 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-08 посетил 9 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-09 посетил 9 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-10 посетил 4 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-11 посетил 9 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-12 посетил 4 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-13 посетил 7 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-14 посетил 6 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-19 посетил 6 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-20 посетил 7 из 9 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности».

Студент ФМ-22-01 посетил 13 из 15 практических занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-02 посетил 12 из 15 практических занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-03 посетил 9 из 15 практических занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-04 посетил 5 из 15 практических занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-05 посетил 12 из 15 практических занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-06 посетил 13 из 15 практических занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-08 посетил 11 из 15 практических занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-22-09 посетил 14 из 15 практических занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельно-

ставила 53.3 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности студентов по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» в группе ФМ-22 составила 55.5 %, что соответствует допустимому уровню степени обученности студентов. Высший уровень требований по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» в группе ФМ-22 составил 53.3 %. Средний уровень требований по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» в группе ФМ-22 составил 30.1 %. Низший уровень требований по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» в группе ФМ-22 составил 13.9 %. Экспериментальное значение χ^2 равно 6.0, что меньше критического значения $\chi_{0.010,5}^2 = 15.08627$, что свидетельствует о попадании значения в зону значимости, следовательно, принимается первая гипотеза о справедливости применяемой методики проведения занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» в группе ФМ-22.

Вторая часть педагогического эксперимента по чтению учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» проводилась в группе ФМ-20 с 10 апреля 2024 года по 21 мая 2024 года в педагогическом университете города Ульяновска. В педагогическом университете используется рейтинговая система оценивания. Общая трудоёмкость учебной дисциплины «Методы исследовательской и проектной деятельности» составляет 2 зачётные единицы. В соответствии с рейтинговой системой оценивания максимальная рейтинговая отметка по учебной дисциплине составляет 200 баллов.

Студент ФМ-20-01 посетил 4 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-04 посетил 6 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-06 посетил 6 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-07 посетил 4 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-13 посетил 5 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-14 посетил 2 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-17 посетил 5 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-02 посетил 6 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-03 посетил 6 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-08 посетил 1 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-10 посетил 6 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-12 посетил 6 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-17 посетил 4 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-19 посетил 6 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-20 посетил 6 из 6 лекций по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности».

Студент ФМ-20-01 посетил 6 из 10 практических занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-04 посетил 8 из 10 практических занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-06 посетил 10 из 10 практических занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-07 посетил 6 из 10 практических занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности». Студент ФМ-20-13 посетил 4 из 10

200 баллов по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности», что соответствует отметке «хорошо».

Абсолютная успеваемость по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» в группе ФМ-20 составила 93.3 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» в группе ФМ-20 составила 53.3 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности студентов по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» в группе ФМ-20 составила 61.6 %, что соответствует допустимому уровню степени обученности студентов. Высший уровень требований по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» в группе ФМ-20 составил 60.5 %. Средний уровень требований по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» в группе ФМ-20 составил 34.9 %. Низший уровень требований по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» в группе ФМ-20 составил 16.8 %. Экспериментальное значение χ^2 равно 8.666, что меньше критического значения $\chi^2_{0.010,5} = 15.08627$, что свидетельствует о попадании значения в зону значимости, следовательно, принимается первая гипотеза о справедливости применяемой методики проведения занятий по учебной дисциплине «Методы исследовательской и проектной деятельности» в группе ФМ-20.

Заключение

В ходе исследования было выявлено, что педагогическое проектирование учебной дисциплины по методам исследовательской и проектной деятельности с использованием интерактивных методов исследовательской и проектной деятельности создает условия для активного и глубокого усвоения теоретических знаний, способствуя формированию компетенций у педагогов, необходимых в современном мире. Реализация предложенной модели позволяет повысить качество образования и увеличить интерес студентов к процессу обучения, что, в свою очередь, в значительной мере влияет на их профессиональную готовность.

Разработана и внедрена учебная дисциплина «Методы исследовательской и проектной деятельности», направленная на формирование компетенций у студентов в области поиска решений научных проблем в области физики. Структура и содержание учебной дисциплины включают теоретические основы исследовательской и проектной деятельности, практические задания и проекты, а также методы организации учебного процесса. Результаты исследования показали эффективность разработанной учебной дисциплины, что подтверждается повышением уровня успеваемости студентов, а также ростом их интереса к исследовательской и проектной деятельности.

Гипотеза исследования подтвердилась, так как разработанная учебная дисциплина способствует формированию компетенций студентов в области исследовательской и проектной деятельности, что является основой для успешной профессиональной самореализации и адаптации к современным условиям.

Разработанная учебная дисциплина может быть использована в практике обучения методам исследовательской и проектной деятельности, что повысит качество образования и подготовит учащихся к успешной профессиональной деятельности в области педагогического образования. Результаты исследования систематизировали и обобщили существующие подходы к обучению методам исследовательской и проектной деятельности, а также разработали структуру и содержание учебной дисциплины, учитывающую особенности этой деятельности. Результаты исследования могут быть использованы при разработке учебных курсов, направленных на формирование компетенций у студентов в области исследовательской и проектной деятельности.

Список использованных источников

1. Discipline-based educational research to improve active learning at university / Daniele Buongiorno [et al.] // Engaging with contemporary challenges through science education research. — Springer International Publishing, 2021. — P. 305–316. — ISBN: 9783030744908. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-74490-8_24.
2. Pedagogical design: methodological resource improving the quality of university education / Lidia Kondrashova [et al.] // Nuances: Estudos sobre Educaçao. — 2022. — mar. — P. e022017. — URL: <http://dx.doi.org/10.32930/nuances.v33i00.9495>.
3. Lisina L. Methodical features of the development and implementation of the course “The basis of innovative teaching of physics” // Scientific papers of Berdiansk State Pedagogical University Series Pedagogical sciences. — 2018. — dec. — Vol. 1, no. 3. — P. 37–44. — URL: <http://dx.doi.org/10.31494/2412-9208-2018-1-3-37-44>.
4. Guisasola Jenaro. How physics education research contributes to designing teaching sequences // Frontiers of fundamental physics and physics education research. — Springer International Publishing, 2014. — P. 397–406. — ISBN: 9783319002972. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-00297-2_39.
5. Research and innovation in physics education: transforming classrooms, teaching, and student learning at the tertiary level / Pratibha Jolly [et al.] // AIP conference proceedings. — AIP, 2009. — P. 52–58. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.3137908>.

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

IstinaResearcherID  66185348

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

Pedagogical design of an academic discipline using research and project activities

K. K. Altunin 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted November 22, 2024

Resubmitted November 26, 2024

Published December 28, 2024

Abstract. The process of designing an academic discipline using research and design methods at the pedagogical university is considered, which directly affects the quality of education in teacher education and the competitiveness of bachelor's degree graduates in teacher education. The results include the creation of a pedagogical model for designing an academic discipline on the methods of research and project activities in the bachelor's degree in pedagogical education, determining the possibility of application in the practice of a pedagogical university to improve educational programs of the bachelor's degree in pedagogical education in the field of physics and mathematics education.

Keywords: course, academic discipline, research methods, project methods, professional competencies

References

1. Discipline-based educational research to improve active learning at university / Daniele Buongiorno [et al.] // Engaging with contemporary challenges through science education research. — Springer International Publishing, 2021. — P. 305–316. — ISBN: 9783030744908. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-74490-8_24.
2. Pedagogical design: methodological resource improving the quality of university education / Lidia Kondrashova [et al.] // Nuances: Estudos sobre Educação. — 2022. — mar. — P. e022017. — URL: <http://dx.doi.org/10.32930/nuances.v33i00.9495>.
3. Lisina L. Methodical features of the development and implementation of the course “The basis of innovative teaching of physics” // Scientific papers of Berdiansk State Pedagogical University Series Pedagogical sciences. — 2018. — dec. — Vol. 1, no. 3. — P. 37–44. — URL: <http://dx.doi.org/10.31494/2412-9208-2018-1-3-37-44>.
4. Guisasola Jenaro. How physics education research contributes to designing teaching sequences // Frontiers of fundamental physics and physics education research. — Springer International Publishing, 2014. — P. 397–406. — ISBN: 9783319002972. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-00297-2_39.

5. Research and innovation in physics education: transforming classrooms, teaching, and student learning at the tertiary level / Pratibha Jolly [et al.] // AIP conference proceedings. — AIP, 2009. — P. 52–58. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.3137908>.

Information about authors:

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

E-mail: kostya.altunin@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

IstinaResearcherID  66185348

Научная статья
УДК 378.147
ББК 74.489
ГРНТИ 14.35.09
ВАК 5.8.2.
PACS 01.40.Di
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Разработка дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе

Е. А. Илюшкина  ¹

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

Поступила в редакцию 22 ноября 2024 года

После переработки 26 ноября 2024 года

Опубликована 28 декабря 2024 года

Аннотация. Представлены результаты разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE. Описана модульная структура дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE. Представлены результаты разработки основных элементов дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE.

Ключевые слова: курс, дистанционный курс, радиотехническое устройство, система управления обучением, методика дистанционного обучения радиотехнике

Введение

В последние десятилетия наблюдается активное развитие интерактивных и дистанционных технологий. Происходит интеграция интерактивных и дистанционных технологий в образовательный процесс, что обусловлено необходимостью предметной подготовки обучающихся. Разработка дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе представляет собой актуальную задачу, поскольку обеспечивает доступ к современным знаниям и навыкам в области радиотехники и электроники. Актуальность исследования обусловлена необходимостью формирования у обучающихся технического мышления и навыков работы с радиотехническими устройствами в связи растущим спросом на качественное образование в области радиотехники и электроники, что, в свою очередь, повышает их конкурентоспособность на рынке труда. Актуальность разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам подтверждается возрастающим интересом обучающихся к радиотехнике и отсутствием доступных учебных материалов по радиотехнике в формате систем дистанционного обучения.

¹E-mail: elenailuskina2004@gmail.com

Целью работы является научно-методическое обоснование процесса разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE. Задачей работы является описание процесса разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления обучением MOODLE.

Объектом исследования является дистанционный курс по радиотехническим устройствам в школе. Предметом исследования является процесс разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE.

Методы исследования включают анализ существующих дистанционных курсов по радиотехнике и электронике, разработку структуры и содержания нового дистанционного курса. Материалы исследования включают учебные материалы для наполнения дистанционного курса по радиотехнике.

Научная новизна исследования заключается в разработке нового дистанционного курса по радиотехническим устройствам для обучающихся, который будет включать в себя интерактивные лекции, практические задания, тесты и обратную связь от преподавателей.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что исследование способствует углублению представлений о методах и формах дистанционного обучения в области обучения радиотехнике, формированию системного подхода к обучению радиотехнике, развитию методики дистанционного обучения радиотехнике. Практическая значимость исследования заключается в том, что результаты исследования могут быть внедрены в практику других университетов для повышения качества обучения радиотехнике на педагогических направлениях подготовки.

Обзор

Дистанционные курсы по радиотехнике всё чаще поддерживаются разработкой цифровых образовательных платформ и удаленных лабораторий, которые облегчают интерактивное и практическое обучение. Например, в работе [1] подчеркивается важность электронных образовательных ресурсов, которые обеспечивают эффективное информационное взаимодействие между студентами и преподавателями, особенно во время ограничений, связанных с пандемией. В статье [2] описана клиент-серверная архитектура для цифровой платформы, которая позволяет студентам получать доступ к учебным материалам и проводить виртуальные лабораторные эксперименты на радиосистемах ультравысоких частот и экстремально высоких частот, эффективно заменяя дорогостоящее физическое оборудование. Кроме того, Европейская лаборатория удаленной радиосвязи предоставляет удаленный доступ к дорогостоящим устройствам для экспериментов в области высокочастотных и сверхвысокочастотных систем, интегрируя эту систему в различные учебные программы [3]. Кроме того, инновационные методики обучения микроволновой технике, такие как практические проекты, проводимые виртуально, демонстрируют потенциал для всестороннего обучения в этой области [4]. Наконец, в статье [5] представлена удаленная веб-лаборатория, которая улучшает образование в области радиотехники с помощью удобных интерфейсов и измерительных инструментов, способствуя экономически эффективной среде обучения. В статье [5] обсуждается удаленная веб-лаборатория для обучения инженерному делу в области радиотехники, которая позволяет осуществлять дистанционное обучение с помощью удобных интерфейсов для управления испытательным оборудованием и анализа результатов, тем самым предоставляя эффективную альтернативу традиционным лабораторным средам для изучения радиотехнических устройств. В работе [6] рассматривается удаленный доступ к радиоэлектронным устройствам через Интернет, позволяющий осуществлять

управление и мониторинг, что может быть полезным для дистанционного обучения по радиотехнике, позволяя студентам проводить эксперименты с уникальным оборудованием на расстоянии. Удалённый доступ к радиоэлектронным устройствам и системам по телекоммуникационным каналам позволяет осуществлять управление и мониторинг их характеристик в случаях, когда непосредственное присутствие оператора вблизи приборов невозможно по ряду причин. В работе [7] обсуждаются этапы проектирования и разработки удалённой лабораторной среды по радиосвязи, Европейской удалённой радиолаборатории, а также структура программного обеспечения, целевые группы и экспериментальные установки Европейской удалённой радиолаборатории. Инициатива Европейской удалённой радиолаборатории предлагает удалённый доступ к высокотехнологичному радиочастотному оборудованию и экспериментальным установкам для студентов и инженеров в области радиосвязи, облегчая дистанционное обучение посредством практических занятий и практического опыта работы с передовыми приборами в радиотехнических устройствах. В работе [8] рассматривается моделирование радиотехнических устройств для виртуальной лаборатории, что может быть полезно для курсов дистанционного обучения. Она включает в себя СВЧ-транзисторный усилитель и векторный анализатор цепей, что расширяет возможности дистанционного изучения конфигураций и работы этих устройств. В работе [8] рассматривается разработка СВЧ-транзисторного усилителя и его интеграция в виртуальную лабораторию, а также подключение его модели к модели векторного анализатора цепей с полностью реалистичным интерфейсом. В работе [9] рассматривается дистанционный лабораторный комплекс для обучения радиотехнике, позволяющий проводить практические лабораторные работы с использованием реальных электронных компонентов. Дистанционный лабораторный комплекс включает семь лабораторных работ, согласованных с методическими пособиями, что позволяет проводить дистанционное обучение по радиотехнике без использования виртуальных приборов и моделирования. В статье [9] представлен подход к организации дистанционных лабораторных работ по основам радиотехники, основанный на использовании реальных электронных компонентов и оборудования и исключающий необходимость использования виртуальных приборов и компьютерного моделирования. В работе [10] основное внимание уделяется аналоговым самообучающимся автоматам и их применению в радиотехнике, подчеркивая эффективность и надежность в распределенных сетях управления, а не образовательных программах. В работе [10] определяются принципы аналоговых самообучающихся автоматов на основе киберфизических сетей и их применение в радиотехнических устройствах, а также представлена модель, которая генерирует параметрическую, структурную и потоковую динамику изменения состояний технической системы. В статье [11] основное внимание уделяется курсу по выбору для старших курсов и аспирантов, разработанному для очного обучения, с упором на практический опыт в методах проектирования радиоприемников и передатчиков. В статье [11] описана разработка курса по проектированию радиочастот с упором на принципы проектирования и их реализацию в оборудовании. В статье [11] описывается базовая философия этого курса и представлена учебная программа с соответствующими лабораторными упражнениями. В работе [12] обсуждается опыт авторов в области дистанционного обучения на двух курсах по электротехнической технологии, каждый из которых имеет лабораторный компонент, и даются предложения по улучшению доставки как лекций, так и локального предложения лабораторных работ дистанционного курса. В работе [12] основное внимание уделяется опыту дистанционного обучения на курсах по электротехнической технологии с лабораторными компонентами, подчёркиваются проблемы и предложения по эффективной доставке курса.

Результаты проектирования курса

Рассмотрим особенности процесса разработки модульной структуры и избранных элементов дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE. Приведём краткое описание процесса создания дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE.

Опишем основные этапы разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE. Первым этапом разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE является определение целей и задач дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, выявление целевой аудитории, определение содержания и модульной структуры дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, требований к результатам обучения и оценке знаний студентов, изучающих курс по радиотехническим устройствам в школе. Вторым этапом разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE является разработка модульной структуры курса, включающая определение модулей и тем дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, последовательности и взаимосвязи элементов в тематических модулях дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе. Третьим этапом разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE является разработка учебных материалов дистанционного курса по радиотехническим устройствам, включающих текстовые учебные материалы, видео-материалы, аудио-материалы, презентации к лекциям, тесты и задания для проверки теоретических знаний по курсу. Четвёртым этапом разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE является оформление элементов дистанционного курса в системе управления обучением MOODLE, включающее импорт созданных учебных материалов курса в систему управления обучением MOODLE, настройку навигации дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, добавление интерактивных элементов в виде форумов, чатов, опросов по материалам дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе. Пятым этапом разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE является тестирование дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, включающее проверку работоспособности всех элементов дистанционного курса. Шестым этапом разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE является запуск дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, включающее приглашение участников и начало обучения на сервере MOODLE. Седьмым этапом разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE является мониторинг и поддержка дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, включающие отслеживание успехов участников курса, предоставление помощи и консультаций, обновление учебных материалов курса и корректировка дистанционного курса при необходимости. Восьмым этапом разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE является анализ результатов обучения, включающий оценку эффективности дистанционного курса, выявление сильных и слабых сторон, определение возможностей для улучшения и корректировки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE. Девятым этапом разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE является обновление и совершенствование дистанци-

онного курса, включающее внесение изменений и дополнений в дистанционный курс на основе анализа результатов обучения, учёт отзывов и предложений участников дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE. Десятым этапом разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе в системе управления обучением MOODLE является закрытие дистанционного курса, включающее завершение работы над дистанционным курсом после достижения поставленных целей или по истечении определённого периода времени.

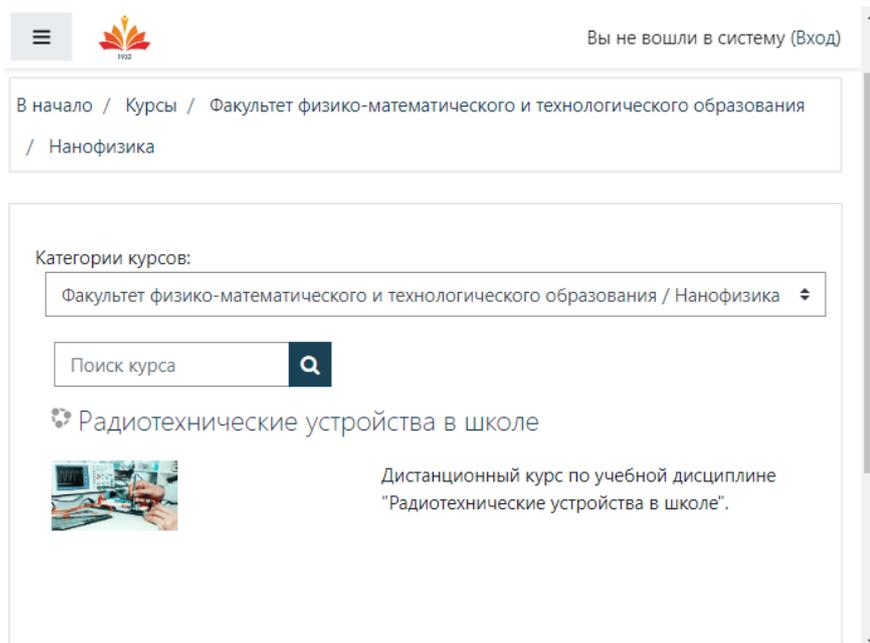


Рис. 1. Входная страница дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 1 изображена входная страница дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 2 изображена страница с тематическими модулями первой зачётной единицы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 3 изображена страница с тематическими модулями второй зачётной единицы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 4 изображена страница с избранными элементами первой темы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 5 изображена страница с избранными элементами второй темы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 6 изображена страница с избранными элементами третьей темы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 7 изображена страница с избранными элементами четвёртой темы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управ-

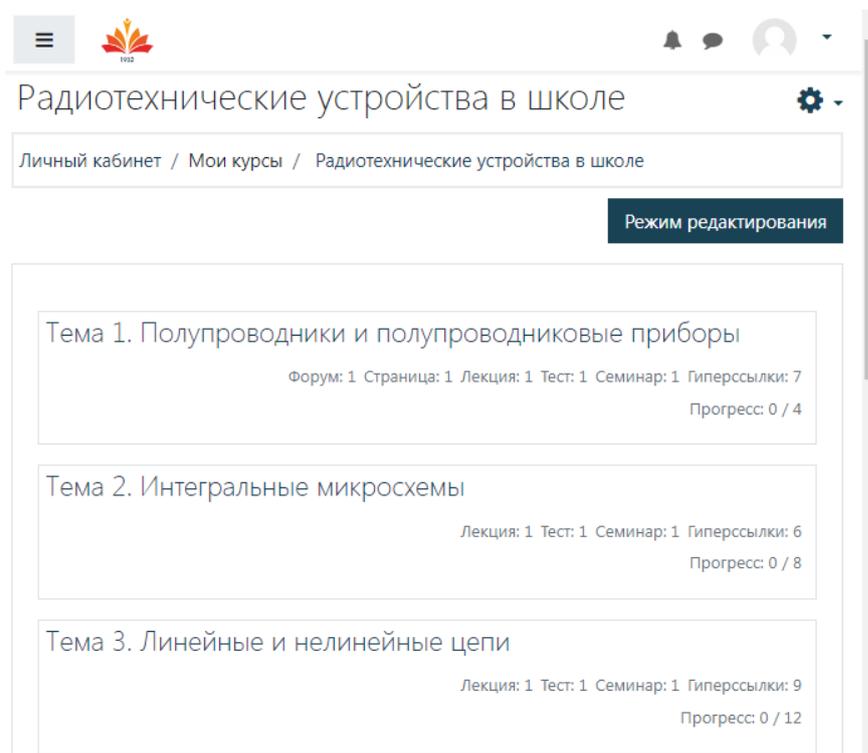


Рис. 2. Страница с тематическими модулями первой зачётной единицы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

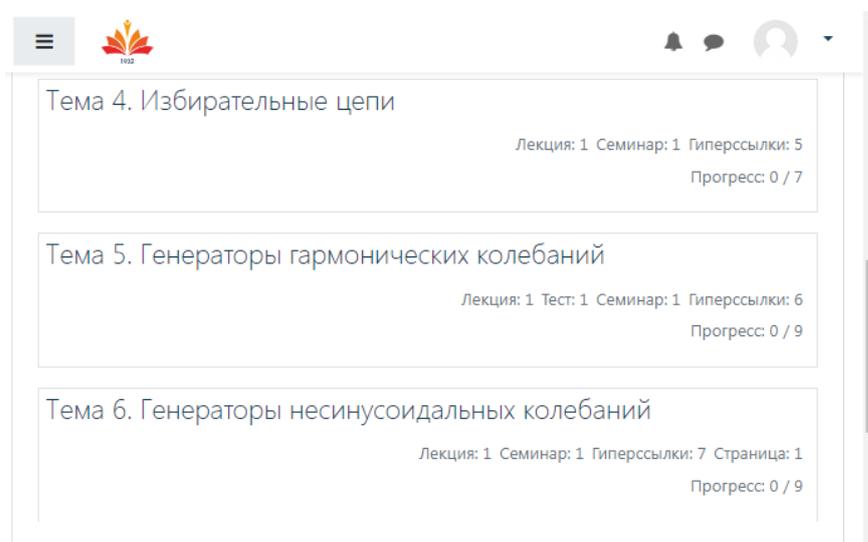


Рис. 3. Страница с тематическими модулями второй зачётной единицы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

ления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 8 изображена страница с избранными элементами пятой темы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 9 изображена страница с избранными элементами шестой темы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

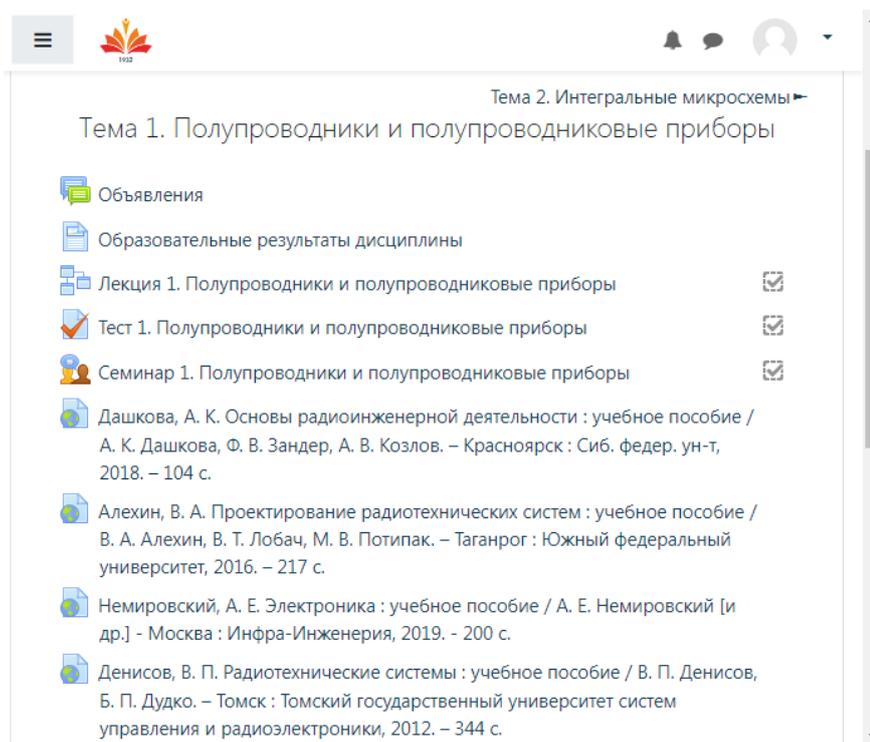


Рис. 4. Страница с избранными элементами первой темы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

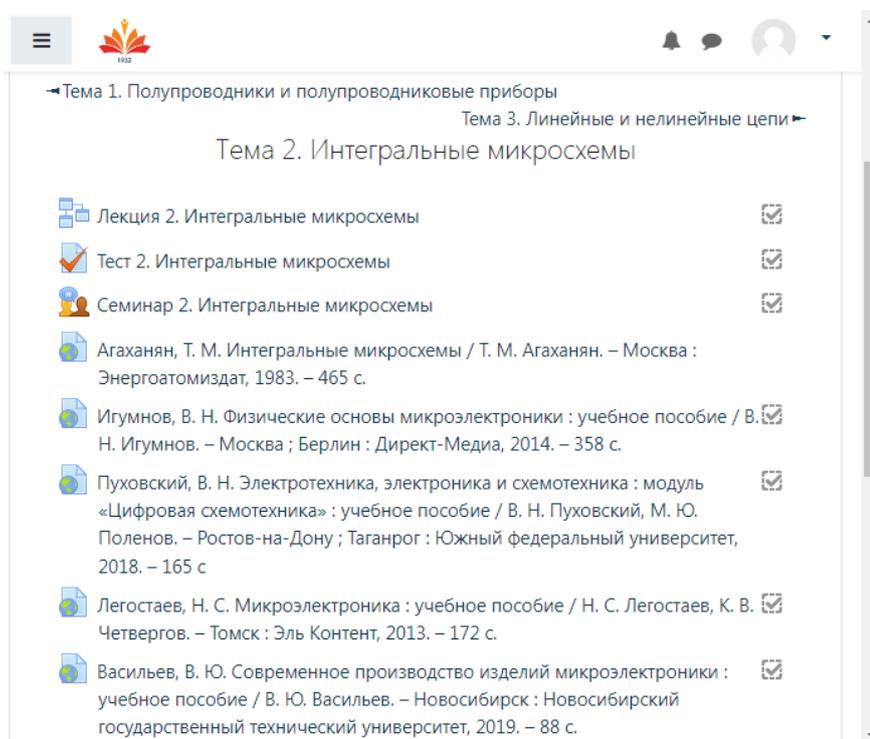


Рис. 5. Страница с избранными элементами второй темы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

Банк тестовых заданий по дистанционному курсу по радиотехническим устройствам в школе, созданный в системе управления обучением MOODLE, включает следующие

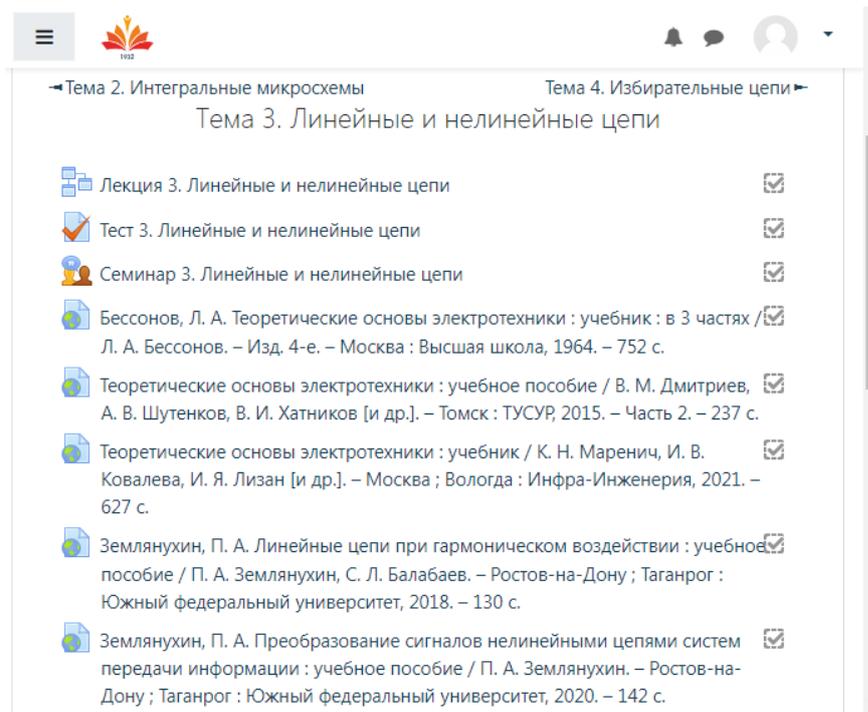


Рис. 6. Страница с избранными элементами третьей темы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

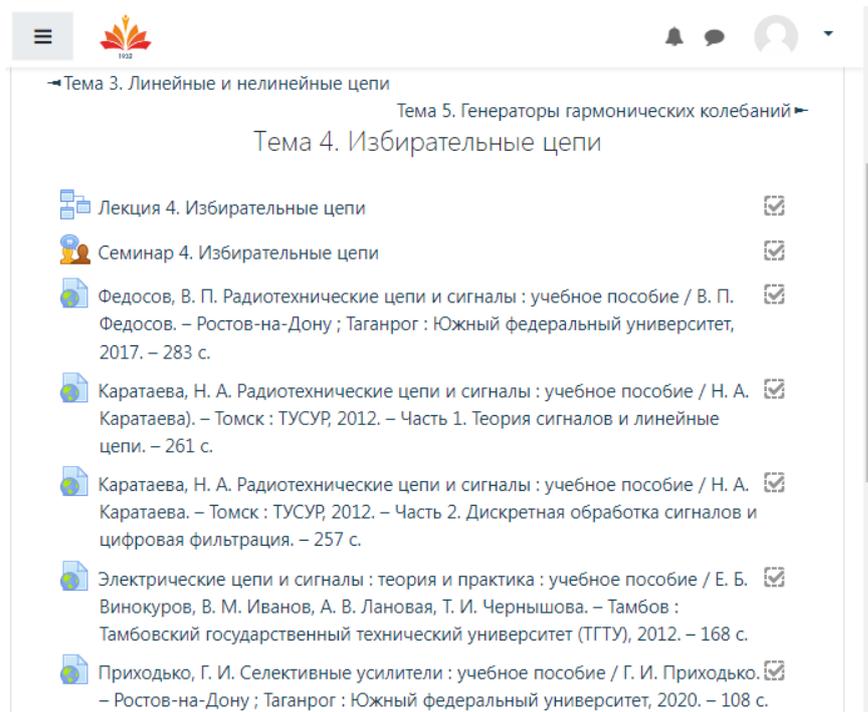


Рис. 7. Страница с избранными элементами четвертой темы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

типы вопросов: множественный выбор, когда студент выбирает один или несколько правильных ответов из предложенных вариантов, верно или неверно, когда студент должен определить, является ли утверждение верным или неверным, вопрос на соответствие, когда студенту необходимо сопоставить элементы из двух групп, вопрос с короткими

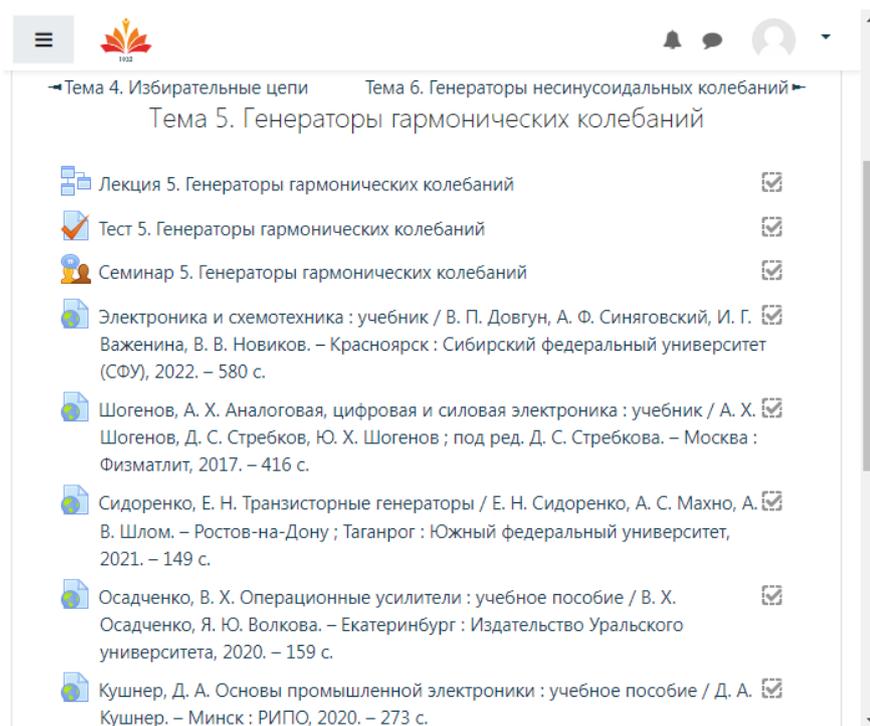


Рис. 8. Страница с избранными элементами пятой темы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

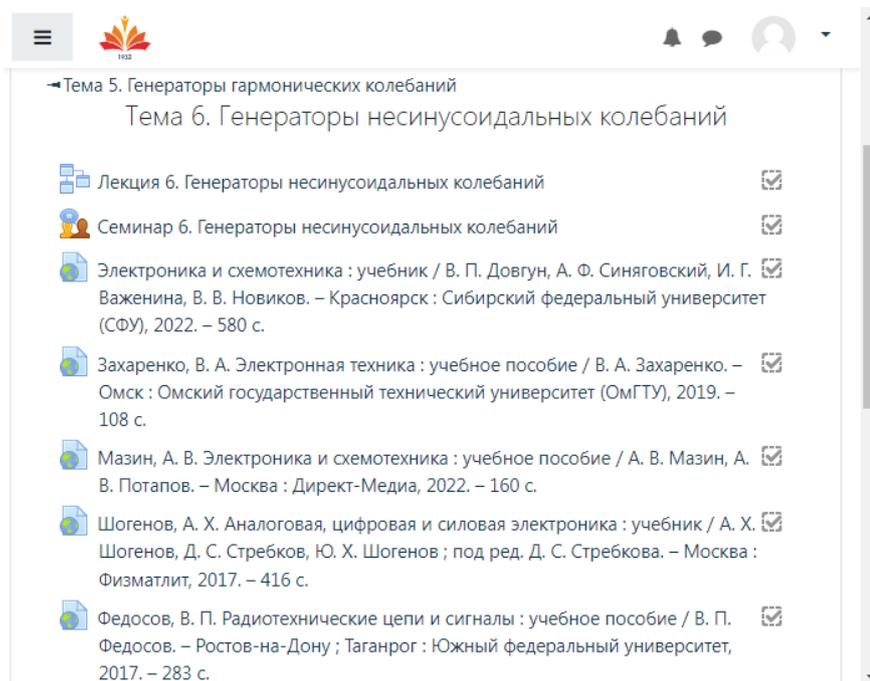


Рис. 9. Страница с избранными элементами шестой темы дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

ответами, которые студент вводит в ответ на вопрос задания, числовой вопрос, когда студент выполняет вычислительные операции и вводит числовой ответ с заданным интервалом погрешности, вопрос в виде эссе, когда студент кратко излагает свой взгляд на рассматриваемую проблему.

В качестве примера задания с кратким ответом может быть задание на определение основных характеристик радиотехнических устройств, используемых в системах связи, таких как передатчики, приёмники и антенны.

Заключение

Разработанный дистанционный курс по радиотехническим устройствам в школе является эффективным инструментом для обучения студентов педагогических университетов, способствует развитию их навыков и компетенций в области радиотехники и электроники, а также повышает доступность и качество образования студентов педагогических университетов. Дистанционный курс по радиотехническим устройствам может существенно повысить уровень подготовки студентов, предоставляя доступ к образовательным ресурсам независимо от места нахождения участников дистанционного курса. Проведённое исследование процесса разработки дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе способствует углублению представлений о методах и формах дистанционного обучения по радиоэлектронике и радиотехнике, формированию системного подхода к процессу обучения радиоэлектронике и радиотехнике, развитию методики дистанционного обучения радиоэлектронике и радиотехнике. Показано, что разработка дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе, включающего в себя лекции, задания, тесты и обратную связь от преподавателей, является актуальной проблемой для современного образования студентов педагогического направления подготовки в университетах. Использование дистанционного курса по радиотехническим устройствам в школе способствует интенсификации учебного процесса на педагогическом направлении подготовки и более осмысленному изучению теоретического материала курса, приобретению навыков самоорганизации и превращению систематических знаний в системные знания по курсу, помогает развитию познавательной деятельности студентов и интереса к радиотехническим устройствам. Дистанционный курс по радиотехническим устройствам в школе позволяет эффективно планировать, организовывать и проводить изучение радиотехнических устройств. Результаты исследования могут быть внедрены в практику других университетов для повышения качества обучения радиоэлектронике и радиотехнике на педагогических направлениях подготовки. Таким образом, дальнейшее исследование и развитие дистанционного курса по радиотехническим устройствам позволит сделать его ещё более эффективным и актуальным для образовательного процесса в педагогическом университете.

Список использованных источников

1. Development of e-learning resources for distance learning in the field of radio engineering / A. I. Galkina [et al.] // *Journal of physics: conference series*. — 2022. — dec. — Vol. 2373, no. 2. — P. 022018. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/2373/2/022018>.
2. Development of a digital educational platform for studying radio engineering courses / Y. A. Daineko [et al.] // *Recent contributions to physics*. — 2022. — sep. — Vol. 82, no. 3. — URL: <http://dx.doi.org/10.26577/rcph.2022.v82.i3.10>.
3. Design and development of a remote and virtual environment for experimental training in Electrical and Electronics Engineering / M. Kara [et al.] // *2010 9th International conference on information technology based higher education and training (ITHET)*. — IEEE, 2010. — P. 194–200. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ITHET.2010.5480040>.
4. Besnoff Jordan, Ricketts David S. Teaching 100 remote students hands-on microwave design: building a 16 QAM radio at home by hand // *2021 51st European microwave*

- conference (EuMC). — IEEE, 2022. — apr. — P. 1–4. — URL: <http://dx.doi.org/10.23919/eumc50147.2022.10050251>.
5. Kang Wonshil, Ku Hyunchul. Development of web-based remote laboratory for education and research on RF engineering // Advances in web-based learning - ICWL 2011. — Springer Berlin Heidelberg, 2011. — P. 283–288. — ISBN: 9783642258138. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-25813-8_30.
 6. Sorotsky V. A. Radio electronic devices control and monitoring via Internet // ICCSC'02. 1st IEEE International conference on circuits and systems for communications. Proceedings (IEEE Cat. No.02EX605). — ICCSC-02. — St. Petersburg State Polytechnic University, 2002. — P. 246–249. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ICCSC.2002.1029088>.
 7. A remote laboratory for training in radio communications: ERRL / Ali Kara [et al.] // 2007 IEEE 18th International symposium on personal, indoor and mobile radio communications. — IEEE, 2007. — P. 1–5. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/PIMRC.2007.4394833>.
 8. Creating computer models of radio engineering devices for a virtual laboratory / Dmitry S. Gubsky [et al.] // 2020 International conference on actual problems of electron devices engineering (APEDE). — IEEE, 2020. — sep. — P. 295–297. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/APEDE48864.2020.9255421>.
 9. Complex for remote execution of laboratory work on radioelectronics / Yuriy Davydov [et al.] // 2022 IEEE International multi-conference on engineering, computer and information sciences (SIBIRCON). — IEEE, 2022. — nov. — P. 1300–1304. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/SIBIRCON56155.2022.10017044>.
 10. Dembitsky N. L. Analog self-learning automata of radio engineering devices based on cyber-physical networks // 2022 Systems of signals generating and processing in the field of on board communications. — IEEE, 2022. — mar. — P. 1–5. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ieeconf53456.2022.9744350>.
 11. Ferris C. D. Development of a practice-oriented radio-frequency design course // IEEE transactions on education. — 1991. — Vol. 34, no. 1. — P. 118–122. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/13.79891>.
 12. Taylor K. D., Honchell J. W., DeWitt W. E. Distance learning in courses with a laboratory // Technology-based re-engineering engineering education proceedings of frontiers in education FIE'96 26th annual conference. — Vol. 1 of FIE-96. — IEEE, 1996. — P. 44–46. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/FIE.1996.567984>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: elenailuskina2004@gmail.com

ORCID iD  0009-0001-2593-9829

Web of Science ResearcherID  JRW-6162-2023

Original article
PACS 01.40.Di
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Development of a distance learning course on radio engineering devices at school

E. A. Ilyushkinan 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted November 22, 2024
Resubmitted November 26, 2024
Published December 28, 2024

Abstract. The results of the development of a distance course on radio engineering devices at school in the learning management system MOODLE are presented. The modular structure of the distance course on radio engineering devices at school in the learning management system MOODLE is described. The results of the development of the main elements of the distance course on radio engineering devices at school in the learning management system MOODLE are presented.

Keywords: course, distance course, radio engineering device, learning management system, distance learning methodology for radio engineering

References

1. Development of e-learning resources for distance learning in the field of radio engineering / A. I. Galkina [et al.] // *Journal of physics: conference series*. — 2022. — dec. — Vol. 2373, no. 2. — P. 022018. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/2373/2/022018>.
2. Development of a digital educational platform for studying radio engineering courses / Y. A. Daineko [et al.] // *Recent contributions to physics*. — 2022. — sep. — Vol. 82, no. 3. — URL: <http://dx.doi.org/10.26577/rcph.2022.v82.i3.10>.
3. Design and development of a remote and virtual environment for experimental training in Electrical and Electronics Engineering / M. Kara [et al.] // *2010 9th International conference on information technology based higher education and training (ITHET)*. — IEEE, 2010. — P. 194–200. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ITHET.2010.5480040>.
4. Besnoff Jordan, Ricketts David S. Teaching 100 remote students hands-on microwave design: building a 16 QAM radio at home by hand // *2021 51st European microwave conference (EuMC)*. — IEEE, 2022. — apr. — P. 1–4. — URL: <http://dx.doi.org/10.23919/eumc50147.2022.10050251>.
5. Kang Wonshil, Ku Hyunchul. Development of web-based remote laboratory for education and research on RF engineering // *Advances in web-based learning - ICWL 2011*. — Springer Berlin Heidelberg, 2011. — P. 283–288. — ISBN: 9783642258138. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-25813-8_30.

6. Sorotsky V. A. Radio electronic devices control and monitoring via Internet // ICCSC'02. 1st IEEE International conference on circuits and systems for communications. Proceedings (IEEE Cat. No.02EX605). — ICCSC-02. — St. Petersburg State Polytechnic University, 2002. — P. 246–249. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ICCSC.2002.1029088>.
7. A remote laboratory for training in radio communications: ERRL / Ali Kara [et al.] // 2007 IEEE 18th International symposium on personal, indoor and mobile radio communications. — IEEE, 2007. — P. 1–5. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/PIMRC.2007.4394833>.
8. Creating computer models of radio engineering devices for a virtual laboratory / Dmitry S. Gubsky [et al.] // 2020 International conference on actual problems of electron devices engineering (APEDE). — IEEE, 2020. — sep. — P. 295–297. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/APEDE48864.2020.9255421>.
9. Complex for remote execution of laboratory work on radioelectronics / Yuriy Davydov [et al.] // 2022 IEEE International multi-conference on engineering, computer and information sciences (SIBIRCON). — IEEE, 2022. — nov. — P. 1300–1304. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/SIBIRCON56155.2022.10017044>.
10. Dembitsky N. L. Analog self-learning automata of radio engineering devices based on cyber-physical networks // 2022 Systems of signals generating and processing in the field of on board communications. — IEEE, 2022. — mar. — P. 1–5. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ieeeeconf53456.2022.9744350>.
11. Ferris C. D. Development of a practice-oriented radio-frequency design course // IEEE transactions on education. — 1991. — Vol. 34, no. 1. — P. 118–122. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/13.79891>.
12. Taylor K. D., Honchell J. W., DeWitt W. E. Distance learning in courses with a laboratory // Technology-based re-engineering engineering education proceedings of frontiers in education FIE'96 26th annual conference. — Vol. 1 of FIE-96. — IEEE, 1996. — P. 44–46. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/FIE.1996.567984>.

Information about authors:

Elena Alekseevna Ilyushkina — 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: elenailuskina2004@gmail.com

ORCID iD  0009-0001-2593-9829

Web of Science ResearcherID  JRW-6162-2023

Научная статья
УДК 372.8
ББК 74.262.0
ГРНТИ 14.25.09
ВАК 5.8.2.
PACS 01.40.-d
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Применение демонстрационного эксперимента по механике в лицее с использованием оборудования технопарка

В. А. Клопкова , В. В. Шишкарев  ¹

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

Поступила в редакцию 19 июня 2024 года

После переработки 26 сентября 2024 года

Опубликована 28 декабря 2024 года

Аннотация. Представлены результаты апробации системы демонстрационных экспериментов по механике в лицее с использованием оборудования технопарка. Показано, что если применять систему демонстрационных экспериментов по механике с использованием демонстрационного оборудования технопарка, то можно повысить успеваемость учащихся профильных технологических классов лицея в процессе подготовки учащихся к единому государственному экзамену по физике.

Ключевые слова: физика, механика, демонстрационный эксперимент, физический эксперимент, технопарк, учащиеся лицея, оборудование, процесс подготовки

Введение

В настоящее время важным аспектом в обучении учащихся является успешная подготовка к государственной итоговой аттестации для поступления в высшее учебное заведение. Сейчас век информационных технологий и техника с каждым годом меняется, для более эффективной наглядности учёные и конструкторы создают новое физическое оборудование. В школах России с каждым днём открываются новые технопарки, на их основе учащиеся более эффективно могут обучаться физике, информатике и другим учебным дисциплинам. Новое физическое оборудование позволяет вовлечь учащихся в активное обучение физике для подготовки к государственной итоговой аттестации и повысить познавательный интерес учащихся к физике. В настоящее время в образовательных организациях открылись технопарки, в которых созданы комфортные условия для обучения экспериментальной физики. В основе изучения физики лежит физический эксперимент. Важную роль в обучении физике имеет технопарк, на базе которого учащиеся лицея могут получить практические навыки работы с новым физическим оборудованием и экспериментальными установками по физике.

¹E-mail: svulgpu@mail.ru

Целью работы является разработка серии демонстрационных экспериментов по механике для учащихся технологических классов с целью повышения познавательной активности учащихся лица на базе технопарка.

В соответствии целью работы были поставлены следующие задачи работы:

1. составление литературного обзора по современным основам проведения демонстрационных экспериментов по механике в технопарке и анализ литературы по подготовке и проведению демонстрационных опытов по физике в рамках раздела по механике для учащихся профильных технологических классов с углубленным изучением физики в условиях технопарка;
2. выявление возможности применения системы демонстрационных экспериментов на базе технопарка для развития функциональной грамотности учащихся технологических классов в области физического эксперимента, способствующей повышению познавательной активности учащихся для повышения качества предметной подготовки учащихся по физике в классе технологического профиля;
3. проведение педагогического эксперимента для развития функциональной грамотности учащихся технологических классов в области физического эксперимента с использованием демонстрационного оборудования технопарка.

Объектом исследования является демонстрационный эксперимент по механике в условиях технопарка.

Предметом исследования является система демонстрационных экспериментов по механике для учащихся профильных технологических классов в технопарке.

Гипотеза исследования состоит в том, что если применять систему демонстрационных экспериментов по механике с использованием демонстрационного оборудования технопарка, то можно повысить успеваемость учащихся профильных технологических классов лица в процессе подготовки учащихся к единому государственному экзамену по физике.

Обзор

Демонстрационные эксперименты по школьной механике могут значительно улучшить понимание учащимися фундаментальных концепций с помощью увлекательных и интерактивных методов. Например, вычислительные демонстрации проблем вибрации, таких как вибрационная система с двумя степенями свободы, позволяют учащимся визуализировать и анализировать гармонические колебания с помощью Python и Jupyter Notebook, эффективно иллюстрируя такие явления, как антирезонанс [1]. Кроме того, 3D-печатное демонстрационное устройство силы отклонения объединяет механические структуры с электронными схемами, способствуя любопытству и более глубокому пониманию сил смещения посредством практического исследования [2]. Простые механические эксперименты, такие как эксперименты с вынужденными колебаниями, могут быть структурированы для соревнований начальной школы, обеспечивая практический опыт работы с физическими концепциями [3]. Кроме того, демонстрационные работы по механике твёрдого тела в классе с использованием повседневных материалов позволяют учащимся проводить испытания на растяжение и исследовать концентрации напряжений, закрепляя теоретические знания с помощью практического применения. Наконец, демонстрации без трения с использованием мелких пластиковых шариков облегчают преподавание различных законов механики, способствуя систематическому пониманию с минимальной ошибкой [4].

В статье [5] представлены демонстрационные материалы для занятий в классе, в частности метод демонстрации, заданий и оценки, который включает практические упражнения для обучения ключевым понятиям статики, таким как равновесие и центр

тяжести, эффективно вовлекая студентов первого курса инженерного факультета в изучение механики. В работе [6] обсуждается использование видеодемонстраций по механике материалов, улучшающих обучение в классах. В работе [6] освещаются три конкретные темы: тепловые эффекты, поперечный сдвиг при изгибе и комбинированная нагрузка, идеально подходящие для оценки результатов обучения как на вводных, так и на продвинутых курсах. В статье [7] предлагается экспериментальный и теоретический опыт обучения чистому кручению в упругих балках для решения этой проблемы и содействия развитию навыков работы в команде у студентов и их способности проводить эксперименты и делать выводы на основе результатов. В статье [7] описывается экспериментальный опыт обучения механике твёрдого тела, в котором 81 студент использовал недорогой торсиометр и корреляцию цифровых изображений для изучения чистого кручения в упругих балках, что улучшило их понимание и навыки совместной работы. В статье [8] описывается демонстрационный эксперимент с использованием большого маятника над полосой вощёной бумаги, позволяющий студентам вычислять скорости, кинетическую и потенциальную энергию и визуализировать сохранение механической энергии с помощью построенных кривых, что повышает вовлеченность и понимание механики. В статье [8] маятник использовался для непрерывных вычислений студентами инженерного факультета в общей физике и состоит из большого маятника, качающегося над полосой вощёной бумаги, были вычислены скорости шара в ряде положений, кинетическая и потенциальная энергия были рассчитаны для каждого положения и нанесены на график в зависимости от угла смещения маятника.

Результаты педагогического эксперимента

Проведём анализ эффективности системы демонстрационных экспериментов по механике в классе технологического профиля лицея в условиях технопарка.

В ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова» открылся технопарк, в котором могут проводиться ряд демонстрационных физических экспериментов по механике. Система демонстрационных экспериментов по механике для учащихся технологических классов в условиях технопарка была реализована в учебном процессе в десятых классах лицея УлГПУ имени И. Н. Ульянова. Целью педагогического эксперимента является апробация системы демонстрационных экспериментов по механике в условиях технопарка для учащихся технологических классов. Задачей педагогического эксперимента является выявлением эффективности разработанной системы демонстрационных экспериментов по механике в условиях технопарка в десятых классах.

В технопарке представлены три пособия для углубленного изучения физики. Компьютеризированный практикум по механике, написанный О. А. Поляевым, в котором описываются четыре лабораторные работы. Работы направлены на изучение и исследование ускорения свободного падения, динамики движения связанных тел, преобразование энергии и колебаний груза на пружинах [9]. Также в технопарке есть наборы для выполнения лабораторных работ по механике, в которых представлены руководства по их выполнению. Для демонстрационных экспериментов по механике в технопарке представлен отдельный набор для учителя, также со своим методическим пособием, где подробно описаны компьютеризированные эксперименты по физике. Методическое пособие состоит из описания шести разделов механики, а именно, кинематика, равномерное и неравномерное движение, поступательное движение с постоянным ускорением, динамика, законы сохранения, механические колебания и статика [10]. На сегодняшний день с каждым днём разрабатывается новое физическое оборудование, с его помощью можно воспроизводить как реальные, так и виртуальные эксперименты с помощью ноутбуков и компьютеров в рамках технопарка, а также в условиях дистанционного обучения [11].

При демонстрации физических экспериментов и опытов учителю необходимо придерживаться некоторых правил: установка должна быть видна каждому учащемуся, правильно описана, показываться в нужный момент урока, быть ёмкой, краткой, не занимать много времени от урока и быть понятной для учащихся [12]. Учителю необходимо перед уроком заранее самостоятельно проделать опыт, для достижения необходимого результата. Проверить приборы на исправность для достоверности результатов. В том случае, если установка будет неисправной или не рабочей, то у учащихся может пропасть интерес к предмету и доверие к учителю, поэтому очень важно учителю заранее проверить приборы на исправность [13]. Показывая демонстрационный эксперимент, учитель также обучает учащихся правилам техники безопасности и сборке установки. Так как в программе также рассчитаны и самостоятельные лабораторные работы по физике, на которых ученики будут сами собирать установки и формулировать выводы. По окончании демонстрационного эксперимента на уроке учителю важно обсудить с учащимися проделанный опыт, подвести их к самостоятельным выводам и определённым умозаключениям о физических явлениях. При необходимости и возможности учитель может проделать опыт ещё раз, например, с другого ракурса для фиксации других основных моментов, которые возможно ещё не были озвучены [14]. Во время физических экспериментов у учащихся развиваются отдельные черты характера личности, например, умение наблюдать за физическими явлениями, выделять существенные признаки физических явлений, аккуратность в работе, настойчивость в достижении поставленных целей, тщательность в получении достоверных результатов и формулирование выводов по окончании опытов [15]. На уроках физики для объяснения нового понятия или же для закрепления изученного материала учитель использует демонстрационный эксперимент для наглядности. Физическая демонстрация — это показ учителем физических явлений и связей между ними, которые предназначаются для одновременного восприятия учащимися. Наблюдая за научными демонстрациями, учащиеся развивают мышление, а также способность к самостоятельному анализу. Демонстрационные эксперименты могут повысить интерес учащихся к изучению предмета, а также развитию их функциональной грамотности [15].

При изучении физики главную роль играет демонстрационный эксперимент, именно благодаря демонстрационному эксперименту лучше усваивается теоретический материал по физике. Физические опыты способствуют развитию у учащихся мышления, логики и функциональной грамотности. При проведении демонстрационных опытов по физике следует придерживаться ряду правил, как учителю, так и учащимся. Необходимо инструктировать по технике безопасности при нахождении в физическом кабинете, установка должна быть понятна и видна всем учащимся, состоять исключительно из исправных физических приборов. Перед работой в физическом кабинете учителю необходимо провести инструктаж по технике безопасности поведения учащихся в данном кабинете. Нужно указать на установки, приборы и их скорость передвижения, чтобы обезопаситься. Большую опасность представляют электрические приборы, подключающиеся к сети, а также наиболее громоздкие установки при их передвижении по кабинету. Например, у электрических приборов не должно быть оголённых проводов, все провода должны быть заизолированы, необходимо следить за целостностью приборов. Прикасаться к оголённым проводам строго запрещено при включённом приборе в розетку. Не только учитель, но и учащиеся пользуются физическим оборудованием, поэтому важно учителю обратить на качество электрических проводов. Учителю физики необходимо владеть определёнными навыками и умениями для проведения демонстрационных экспериментов. Учителю должен знать и уметь преподносить учебный материал учащимся, уметь объяснять суть эксперимента. Учителю важно знать все используемые в работе приборы, их принцип действия и совместимость с другими приборами.

Демонстрационный эксперимент должен проводиться в подходящее время от урока. Учителю необходимо продумать, в какой части урока лучше всего его провести. Это может быть, как в начале, для заинтересованности учащихся, а также после объяснения теоретического материала для его закрепления. Основываясь на план урока учителю необходимо следить за временем, демонстрация должна быть ёмкой и не занимать большее время от урока. Демонстрация предполагает фиксирование теоретической значимости, проведение самого опыта и запись вывода, который можно сделать после демонстрации. По возможности демонстрация должна быть воспроизводимой, то есть возможность проделывать опыт несколько раз, для лучшего усвоения материала, если во время первого раза было что-то упущено. Каждый эксперимент должен нести за собой физический смысл и отражать природу. Опыт должен быть убедительным и содержательным, не должен вызывать сомнения поводов к неверным толкованиям.

В педагогическом эксперименте предполагалось сравнение текущих оценок за период изучения механики в десятых классах физико-математического профиля 2022 года обучения, класса химико-биологического профиля 2023 года обучения и класса физико-математического профиля 2023 года обучения. У третьего класса производилось обучение с использованием экспериментальных установок технопарка. После изучения раздела по механике проводился анализ успеваемости учащихся технологического класса в 2022 и 2023 годах и химико-биологического класса в 2023 году. Учащиеся технологического класса в результате изучения раздела по механике в 2022 году получили 29 % отметок «отлично», 39 % отметок «хорошо», 32 % отметок «удовлетворительно». Учащиеся технологического класса в результате изучения раздела по механике в 2023 году получили 33 % отметок «отлично», 42 % отметок «хорошо», 25 % отметок «удовлетворительно». Можно отметить, что количество оценок «удовлетворительно» уменьшилось, а количество оценок «хорошо» и «отлично» возросло. Это показывает, что разработанная система с физическим оборудованием технопарка работает наиболее эффективно, так как ученики технологического класса лица более вовлечены в учебный процесс.

Учащиеся класса химико-биологического профиля в результате изучения раздела по механике в 2023 году получили 25 % отметок «отлично», 45 % отметок «хорошо», 30 % отметок «удовлетворительно». Учащиеся класса физико-математического профиля в результате изучения раздела по механике в 2023 году получили 33 % отметок «отлично», 42 % отметок «хорошо», 25 % отметок «удовлетворительно». Можно отметить, что успеваемость в физико-математическом классе выше, чем в химико-биологическом, основываясь на том, что в технологических классах было более углубленное изучение предмета в условиях технопарка, а в классе химико-биологического профиля проводилось стандартное обучение по учебнику физики без использования оборудования технопарка.

Заключение

Представлены результаты апробации эффективности системы демонстрационных экспериментов по механике в условиях технопарка на экспериментальной группе из учащихся десятых классов лица УлГПУ имени И. Н. Ульянова при проведении занятий по физике с использованием физического оборудования технопарка. Стоит отметить, при изучении физики в школе важен демонстрационный эксперимент, так как физика экспериментальная наука. Именно в школе учащиеся знакомятся с основами физики, изучают как теоретические основы науки, также и закрепляют их на практике в виде решения задач, проведения экспериментов и лабораторных практиках. Важно, чтобы физическое оборудование было современным, так как техника обновляется с каждым годом. В связи с этим открываются технопарки, в которых современное поколение детей может наиболее эффективно обучаться и изучать новое.

Осуществлена разработка и совершенствование системы демонстрационных экспериментов по механике учащихся технологических классов следующих разделов: равномерное и неравномерное движение, кинематика, динамика и законы сохранения, способствующая развитию функциональной грамотности учащихся, самостоятельности и ответственности в области проведения физического эксперимента. Система демонстрационных экспериментов разработана на базе технопарка.

Проведена диагностика эффективности разработанной системы демонстрационных экспериментов по механике в условиях технопарка между прошедшим учебным годом текущим учебным годом, а также сравнение успеваемости химико-биологического и физико-математического классов. В результате сравнения сделан вывод, что разработанная система демонстрационных экспериментов позволяет эффективно усвоению материала на уроке с использованием оборудования технопарка. Система демонстрационных экспериментов по механике для технологических классов показала свою эффективность в процессе изучения механики с использованием оборудования технопарка.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если применять систему демонстрационных экспериментов по механике с использованием демонстрационного оборудования технопарка, то можно повысить успеваемость учащихся профильных технологических классов лицея в процессе подготовки учащихся к единому государственному экзамену по физике, подтверждена полностью.

Показано, что успеваемость учащихся технологического класса лицея повысилась за счёт применения системы демонстрационных экспериментов с использованием физического оборудования технопарка по механике. На основе выше сказанного можно сделать вывод о том, что разработанная система демонстрационных экспериментов по механике в условиях технопарка положительно сказывается на учебном процессе, успеваемость и эффективность изучения учащихся повысилась, по сравнению с предыдущим учебным годом и классом с другим уклоном. В условиях технопарка была апробирована система демонстрационных экспериментов по механике для учащихся технологических классов с использованием оборудования технопарка и экспериментально доказана эффективность системы подготовки по физике с использованием физического оборудования технопарка.

Список использованных источников

1. Sarkar Abhijit. Computational demonstration for classroom teaching of classical mechanics // *Engineering pedagogy*. — Springer Nature Singapore, 2023. — P. 79–99. — ISBN: 9789811980169. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-19-8016-9_7.
2. Yu Mingsheng, Mao Chunyu, Sun Xirui. Research on deviation force demonstration device based on 3D printing technology // *Proceedings of the 2018 8th International conference on management, education and information (MEICI 2018)*. — meici-18. — Atlantis Press, 2018. — URL: <http://dx.doi.org/10.2991/MEICI-18.2018.199>.
3. Rovsek Barbara. Simple mechanical experiment on forced oscillations // *Physics education*. — 2020. — jul. — Vol. 55, no. 5. — P. 055006. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6552/AB9322>.
4. Frictionless demonstration using fine plastic beads for teaching mechanics / K. Ishii [et al.] // *AIP Conference Proceedings*. — AIP, 2010. — P. 179–182. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.3479863>.
5. Kim Yoonsoo. Learning statics through in-class demonstration, assignment and evaluation // *International journal of mechanical engineering education*. — 2015. — jan. — Vol. 43, no. 1. — P. 23–37. — URL: <http://dx.doi.org/10.1177/0306419015574643>.

6. Dietzler Michael, Crone Wendy C. Video demonstrations to enhance learning of mechanics of materials inside and outside the classroom // *Experimental and applied mechanics*, Volume 6. — Springer New York, 2011. — P. 697–702. — ISBN: 9781441997920. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-9792-0_98.
7. Development of experimental and collaborative work skills in the students of mechanics of solids by implementing a low-cost torsionmeter and digital image correlation / Jose M. Benjumea [et al.] // *IEEE Revista iberoamericana de tecnologías del aprendizaje*. — 2023. — feb. — Vol. 18, no. 1. — P. 10–18. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/RITA.2023.3249560>.
8. Blisard Thomas J., Duursema Charles H. A demonstration of the transformation of mechanical energy for student computation // *American journal of physics*. — 1952. — dec. — Vol. 20, no. 9. — P. 559–561. — URL: <http://dx.doi.org/10.1119/1.1933323>.
9. Поваляев О. А., Ханнанов Н. К., Хоменко С. В. Компьютеризированный практикум по механике: методические рекомендации. — Москва : Де’Либри, 2022. — 40 с.
10. Поваляев О. А., Ханнанов Н. К., В. Хоменко С. Механические явления: методические рекомендации. — Москва : Де’Либри, 2020. — 82 с.
11. Попова Е. И., Баландин А. А., Д. Дедюхин Д. Дистанционное образование: современные реалии и перспективы // *Образование и право*. — 2020. — № 7. — С. 203–209.
12. Березин Н. Ю., Петров Н. Ю. Физика в лекционных демонстрациях. Механика: учебное пособие. — Новосибирск : Издательство НГТУ, 2021. — 64 с.
13. Казаков А. В. Планирование эксперимента и измерение физических величин: учебное пособие. — Пермь : Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2014. — 89 с.
14. Федерова Н. Б., Кузнецова Щ. В., Ельцов А. В. Школьный физический эксперимент. Демонстрационные опыты: учебно-методическое пособие. — Рязань : Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина, 2017. — 180 с.
15. Кириков М. В., Шитова А. М. Лаборатория учебного демонстрационного эксперимента по физике: учебное пособие. — Ярославль : Ярославский государственный университет имени П. Г. Демидова, 2009. — 108 с.

Сведения об авторах:

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

E-mail: klopkova.vera@yandex.ru

ORCID iD  0009-0000-3693-7311

Web of Science ResearcherID  JKI-1209-2023

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

E-mail: svulgpu@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-6340-7620

Web of Science ResearcherID  AAW-8459-2021

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

Application of a demonstration experiment on mechanics in the lyceum using the equipment of the technology park

V. A. Klopkova , V. V. Shishkarev 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted June 19, 2024
Resubmitted September 26, 2024
Published December 28, 2024

Abstract. The results of testing the system of demonstration experiments in mechanics in the lyceum using the equipment of the technology park are presented. It is shown that if the system of demonstration experiments in mechanics is applied using the demonstration equipment of the technology park, then it is possible to improve the academic performance of students in specialized technological classes of the lyceum in the process of preparing students for the unified state exam in physics.

Keywords: physics, mechanics, demonstration experiment, physical experiment, technology park, lyceum students, equipment, preparation process

References

1. Sarkar Abhijit. Computational demonstration for classroom teaching of classical mechanics // Engineering pedagogy. — Springer Nature Singapore, 2023. — P. 79–99. — ISBN: 9789811980169. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-19-8016-9_7.
2. Yu Mingsheng, Mao Chunyu, Sun Xirui. Research on deviation force demonstration device based on 3D printing technology // Proceedings of the 2018 8th International conference on management, education and information (MEICI 2018). — meici-18. — Atlantis Press, 2018. — URL: <http://dx.doi.org/10.2991/MEICI-18.2018.199>.
3. Rovsek Barbara. Simple mechanical experiment on forced oscillations // Physics education. — 2020. — jul. — Vol. 55, no. 5. — P. 055006. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6552/AB9322>.
4. Frictionless demonstration using fine plastic beads for teaching mechanics / K. Ishii [et al.] // AIP Conference Proceedings. — AIP, 2010. — P. 179–182. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.3479863>.
5. Kim Yoonsoo. Learning statics through in-class demonstration, assignment and evaluation // International journal of mechanical engineering education. — 2015. — jan. — Vol. 43, no. 1. — P. 23–37. — URL: <http://dx.doi.org/10.1177/0306419015574643>.

6. Dietzler Michael, Crone Wendy C. Video demonstrations to enhance learning of mechanics of materials inside and outside the classroom // *Experimental and applied mechanics*, Volume 6. — Springer New York, 2011. — P. 697–702. — ISBN: 9781441997920. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-9792-0_98.
7. Development of experimental and collaborative work skills in the students of mechanics of solids by implementing a low-cost torsionmeter and digital image correlation / Jose M. Benjumea [et al.] // *IEEE Revista iberoamericana de tecnologías del aprendizaje*. — 2023. — feb. — Vol. 18, no. 1. — P. 10–18. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/RITA.2023.3249560>.
8. Blisard Thomas J., Duursema Charles H. A demonstration of the transformation of mechanical energy for student computation // *American journal of physics*. — 1952. — dec. — Vol. 20, no. 9. — P. 559–561. — URL: <http://dx.doi.org/10.1119/1.1933323>.
9. Povalyaev O. A., Khannanov N. K., Khomenko S. V. Computerized practical course in mechanics: methodological recommendations. — Moscow : De'Libri, 2022. — 40 p.
10. Povalyaev O. A., Khannanov N. K., V. Khomenko S. Mechanical phenomena: methodological recommendations. — Moscow : De'Libri, 2020. — 82 p.
11. Popova E. I., Balandin A. A., D. Dedyukhin D. Distance education: modern realities and prospects // *Education and law*. — 2020. — no. 7. — P. 203–209.
12. Berezina N. Yu., Petrov N. Yu. Physics in lecture demonstrations. Mechanics: a tutorial. — Novosibirsk : NSTU Publishing House, 2021. — 64 p.
13. Kazakov A. V. Experimental planning and measurement of physical quantities: a tutorial. — Perm : Perm National Research Polytechnic University Publishing House, 2014. — 89 p.
14. Federova N. B., Kuznetsova Shch. V., Eltsov A. V. School physical experiment. Demonstration experiments: a tutorial. — Ryazan : Ryazan State University named after S. A. Yesenin, 2017. — 180 p.
15. Kirikov M. V., Shitova A. M. Laboratory of educational demonstration experiment in physics: a tutorial. — Yaroslavl : P. G. Demidov Yaroslavl State University, 2009. — 108 p.

Information about authors:

Vera Alekseevna Klopko — 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: klopko.vera@yandex.ru

ORCID iD  0009-0000-3693-7311

Web of Science ResearcherID  JKI-1209-2023

Viktor Vyacheslavovich Shishkarev — Head of the Department of Physics and Technical Disciplines, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: svulgpu@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-6340-7620

Web of Science ResearcherID  AAW-8459-2021

Научная статья
УДК 378.147
ББК 74.489
ГРНТИ 14.35.09
ВАК 5.8.2.
PACS 01.40.Di
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Разработка дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей

А. А. Родионова  ¹

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

Поступила в редакцию 22 ноября 2024 года

После переработки 26 ноября 2024 года

Опубликована 28 декабря 2024 года

Аннотация. Представлены результаты разработки дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей в системе управления обучением MOODLE. Описано распределение элементов по тематическим модулям дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей в системе управления обучением MOODLE. Разработанный дистанционный курс оказывает значительное влияние на процесс изучения микроэлектроники на основе создания эффективных образовательных инструментов для детей.

Ключевые слова: курс, дистанционный курс, микроэлектроника, развивающее игровое устройство, система управления обучением

Введение

Разработка дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей является актуальной задачей, так как это способствует развитию интереса к науке и технике у молодого поколения. Актуальность исследования обусловлена потребностью в создании эффективных дистанционных курсов и электронных образовательных ресурсов по микроэлектронике, предназначенных для студентов университетов, обучающихся на педагогическом направлении подготовки.

Цель исследования заключается в создании дистанционного курса, который будет доступен для студентов университетов разных уровней подготовки, а также будет способствовать развитию теоретических знаний студентов педагогических направлений подготовки в области микроэлектроники. Задачей исследования является разработка структуры и содержания дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, включая теоретические и практические задания.

¹E-mail: rod_nastay_0000@mail.ru

Объектом исследования является курс микроэлектроники в развивающих игровых устройствах для детей. Предметом исследования является описание свойств процесса разработки модульной структуры и содержания дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного с использованием дистанционных технологий в системе управления обучением MOODLE.

Методы исследования включают в себя анализ существующих методик разработки дистанционных курсов по микроэлектронике, компьютерные методы разработки дистанционного курса по микроэлектронике с использованием современных образовательных технологий. Материалы исследования включают в себя научные статьи и публикации по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей.

Научная новизна исследования заключается в том, что предложена новая структура дистанционного курса по микроэлектронике, основанная на принципах модульности и интерактивности.

Гипотеза исследования заключается в предположении о том, что разработанный дистанционный курс по микроэлектронике для детей будет способствовать развитию интереса к науке и технике, а также повышению уровня теоретических знаний студентов педагогических направлений подготовки в области микроэлектроники.

Теоретическая значимость исследования заключается в определении основных принципов и подходов к разработке дистанционного курса по микроэлектронике для детей, которые могут быть использованы в дальнейшем при создании аналогичных курсов по другим предметам. Практическая значимость исследования состоит в возможности применения разработанного курса в образовательной практике педагогического университета для повышения качества обучения студентов педагогических направлений подготовки микроэлектронике.

Обзор

Микроэлектроника играет ключевую роль в улучшении образовательных игровых устройств для детей, способствуя вовлечённости и обучению через интерактивный опыт. Такие устройства, как Little Professor и Speak and Spell, используют микроэлектронику для создания забавной, полезной среды, которая способствует развитию таких навыков, как арифметика и орфография, эффективно интегрируя игру с образованием [1]. Проект по образовательной электронике иллюстрирует это, объединяя аппаратное и программное обеспечение для обучения электронике с помощью практических занятий, позволяя детям строить схемы, наслаждаясь игровым опытом обучения [2]. В работе [2] представлен проект по образовательной электронике, новое игровое оборудование для знакомства детей с электроникой посредством увлекательной обучающей среды, основанной на обучении действием, ориентированное на учеников младших и средних школ, чтобы познакомить их с электроникой безопасным способом и по доступной стоимости для школ. В работе [2] описан проект по образовательной электронике, интегрирующий микроэлектронику через аппаратную платформу, которая позволяет детям безопасно строить электрические схемы. Проект по образовательной электронике объединяет мобильное приложение для интерактивного обучения с платой Arduino, повышая вовлечённость в обучение электронике посредством геймификации. Кроме того, разрабатываются недорогие технологии видеоигр для улучшения двигательных навыков детей, решая проблемы со здоровьем, связанные с малоподвижным образом жизни [3]. Кроме того, инновационные электронные игровые структуры используют микроконтроллеры и датчики для создания интерактивной игровой среды, повышая познавательную и физическую вовлечённость детей. Междисциплинарный подход к образованию в области микроэлектроники подчёркивает важность объединения технических навыков с социальными установками, способствуя созданию всеобъемлющей

среды обучения для учащихся [4]. в работе [4] повествовательный подход предлагается в качестве ключевого инструмента для проведения совместных исследований с участием учащихся старших классов под руководством эксперта для преодоления пробелов в знаниях учащихся. В работе [4] подчеркивается важность вовлечения учащихся старших классов в образование в области микроэлектроники посредством активного конструирования знаний и совместных исследований, которые могут быть применимы к образовательным игровым контекстам. Наконец, интеграция информационных компьютерных технологий в дошкольное образование подчеркивает необходимость адаптации к технологическим достижениям, гарантируя, что дети будут развивать основные навыки с раннего возраста [5]. В статье [5] рассматривается включение и использование информационно-коммуникационных технологий в дошкольном образовании, а также приводятся доказательства на основе обзора литературы, который в основном касается эффектов и результатов обучения детей дошкольного возраста, вовлечённых в современные электронные медиа и видеоигры. В статье [6] обсуждается интеграция микроэлектроники в образование, подчеркивая необходимость методов обучения, использующих микрокомпьютеры. Программа обучения микроэлектронике, упомянутая в статье [6], представляет собой программу обучения микроэлектронике для начального и среднего образования в Великобритании, которая направлена на помощь школам в подготовке детей к жизни в обществе, в котором устройства и системы, основанные на микроэлектронике, являются обычным явлением и широко распространены. В статье [7] основное внимание уделяется разработке обучающей мобильной игры, направленной на помощь в обучении грамоте посредством увлекательных занятий, а не технических аспектов микроэлектроники. В статье [7] описана разработка обучающей игры для мобильных устройств, направленной на помощь маленьким детям в процессе обучения грамоте, делая его игровым и увлекательным, пытаясь одновременно развлекать и обучать, поддерживая мотивацию учащихся и, в лучшем случае, побуждая их учиться самостоятельно. В статье [8] исследовалось влияние планшетных электронных игр на самооценку детей, и общие результаты не показали никаких улучшений в самооценке для экспериментальной группы и никаких различий между группами, за исключением области любопытства, где дети контрольной группы испытали рост до и после теста. В статье [8] основное внимание уделяется влиянию планшетных электронных игр на самооценку детей, а не технологическим компонентам этих устройств. В работе [9] представлена концептуальная разработка серьезной игры для обучения естественным наукам на основе геймификации, основанной на использовании технологий, которая использует структуру игры в образовательных целях, подкрепленных использованием технологий для создания дидактических ресурсов. В работе [9] основное внимание уделяется использованию геймификации и технологий при создании дидактических ресурсов для обучения естественным наукам. В работе [10] основное внимание уделяется настраиваемой образовательной игре, разработанной для пользователей с нарушениями зрения, с упором на удобство использования и образовательный потенциал, а не на технические аспекты микроэлектроники. В работе [10] описан движок, который может создавать игры для людей с нарушениями зрения или без них с большим потенциалом для использования в образовательных целях. В работе [11] представлены строительные блоки, оснащённые электроникой для образовательных целей, которые неявно поддерживают развитие предчисловых навыков у детей дошкольного возраста, не умаляя при этом основной ценности игрушек. В работе [11] обсуждаются строительные блоки, оснащенные электроникой, включая изменяемые цвета и простой светодиодный экран, для улучшения образовательной игры. Эти функции поддерживают предчисловые навыки у детей дошкольного возраста, сохраняя при этом основную функцию построения структур, интегрируя микроэлектронику в образовательную игру [11]. В статье [12] обсуждается

интеграция микроэлектроники в образование, подчеркивается необходимость разработки учебных программ и подготовки учителей. Хотя в ней не рассматриваются игровые устройства, в ней подчеркивается потенциал микроэлектронной технологии для улучшения обучения детей, в том числе с ограниченными возможностями. Поэтому требуется второй тип инновационной стратегии, в основном касающийся разработки технологических систем, которые подходят для использования независимыми учащимися, и призывающий к агентствам, которые могут определять потребности пользователей и передавать их поставщикам систем, которые в данный момент могут быть ориентированы на необразовательных пользователей. В работе [13] рассматривается роль игровых технологий в развитии коммуникативных навыков у дошкольников, при этом особое внимание уделяется социальным взаимодействиям и педагогическим моделям, а не техническим аспектам игровых устройств. В работе [13] обсуждается включение игровых технологий в образовательный процесс детского сада для содействия общению в этом очень чувствительном с точки зрения развития возрасте, где предлагается модель игровых технологий для развития социальных и коммуникативных навыков ребенка по следующим параметрам: качество; содержание; структура и функции. В работе [14] основное внимание уделяется глобальному распространению микроэлектроники через образование, подчеркивая необходимость улучшения образовательной инфраструктуры и ресурсов в развивающихся странах для улучшения внедрения технологий. Технология сложна, и только творческий перенос снизу вверх, обеспечиваемый образованием, может обеспечить устойчивость в принимающих странах, и её необходимо распространять в глобальном масштабе, а образование является лучшей парадигмой. В статье [15] рассматриваются принципы разработки обучающих игр для маленьких детей, при этом особое внимание уделяется целесообразности развития, учебным наукам и социальным контекстам, а не техническим аспектам микроэлектроники. В статье [15] приводятся данные из результатов исследований развития детей о том, что игры должны быть соответствующим развитием контентом и создавать баланс между игрой и возможностями обучения в реальном мире.

Результаты разработки курса

Рассмотрим особенности процесса разработки модульной структуры и избранных элементов дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 1 изображена страница тематических модулей первой зачётной единицы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

Первая тема первой зачётной единицы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE, связана с изучением полупроводников и полупроводниковых приборов. Вторая тема первой зачётной единицы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE, связана с изучением физических принципов работы интегральных микросхем. Третья тема первой зачётной единицы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE, связана с изучением физических принципов работы усилителей.

На рис. 2 изображена страница тематических модулей второй зачётной единицы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета. Четвёртая тема второй зачётной единицы дистанционного курса по

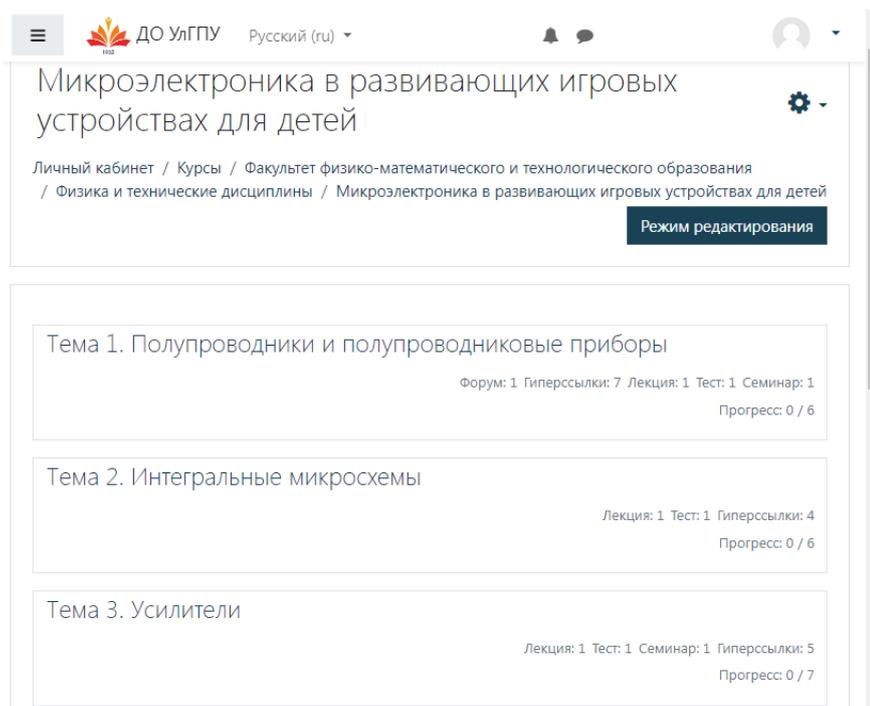


Рис. 1. Страница тематических модулей первой зачётной единицы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

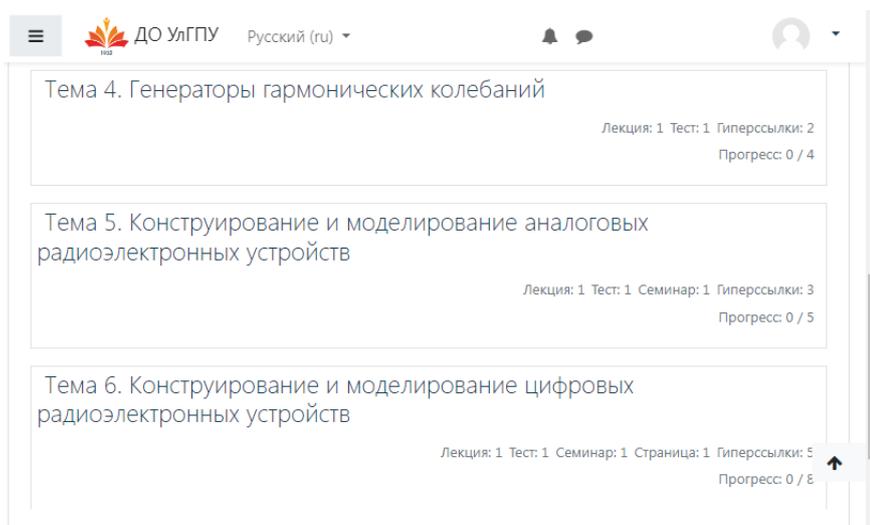


Рис. 2. Страница тематических модулей второй зачётной единицы страница дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE, связана с изучением физических принципов работы генераторов гармонических колебаний. Пятая тема второй зачётной единицы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE, связана с конструированием и моделированием аналоговых радиоэлектронных устройств. Шестая тема второй зачётной единицы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE, связана с конструированием и моделированием цифровых радиоэлектронных устройств.

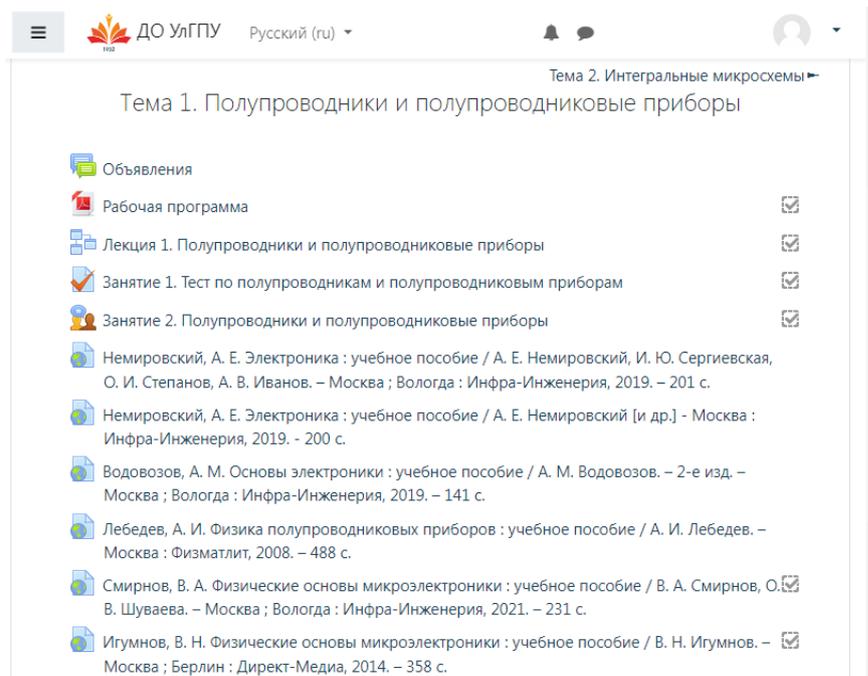


Рис. 3. Страница элементов первой темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 3 изображена страница элементов первой темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета. Элементы первой темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE, включают в себя форум, лекцию, тест, семинар по полупроводникам и полупроводниковым приборам.

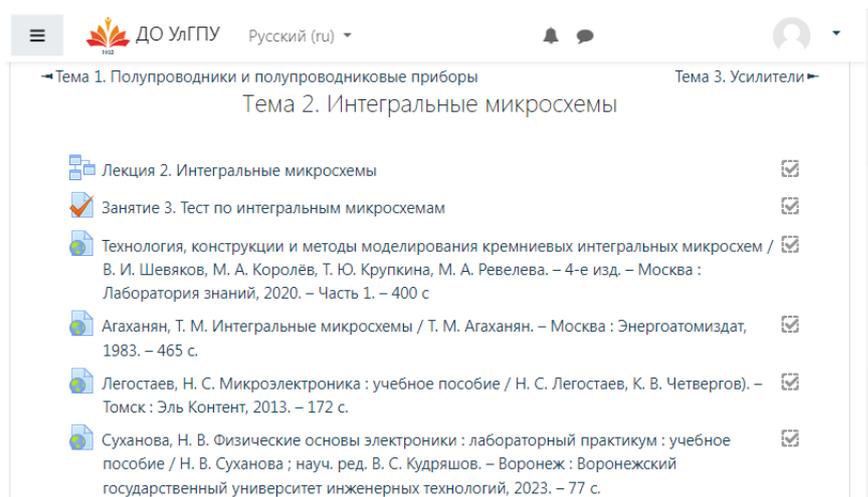


Рис. 4. Страница элементов второй темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 4 изображена страница элементов второй темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета. Элементы второй темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах

для детей, созданного в системе управления MOODLE, включают в себя лекцию, тест по интегральным микросхемам.

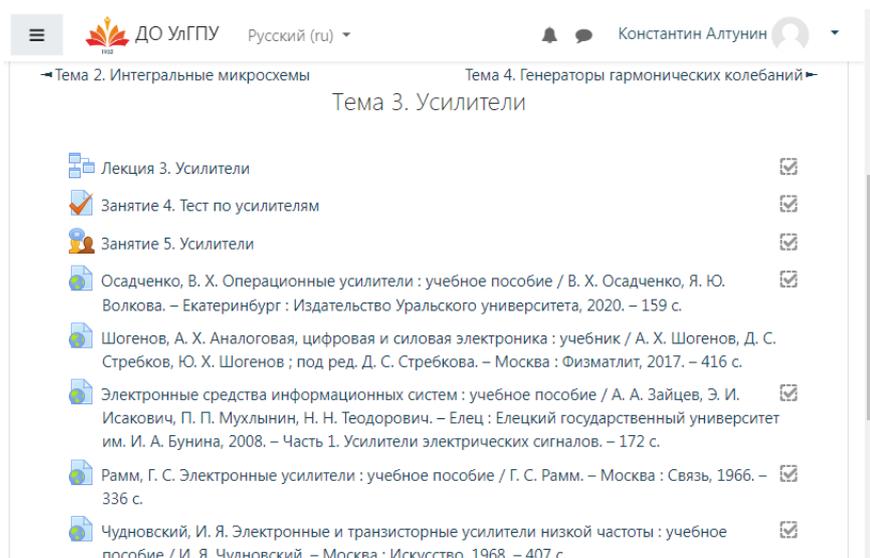


Рис. 5. Страница элементов третьей темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 5 изображена страница элементов третьей темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета. Элементы третьей темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE, включают в себя лекцию, тест, семинар по физическим принципам работы усилителей.

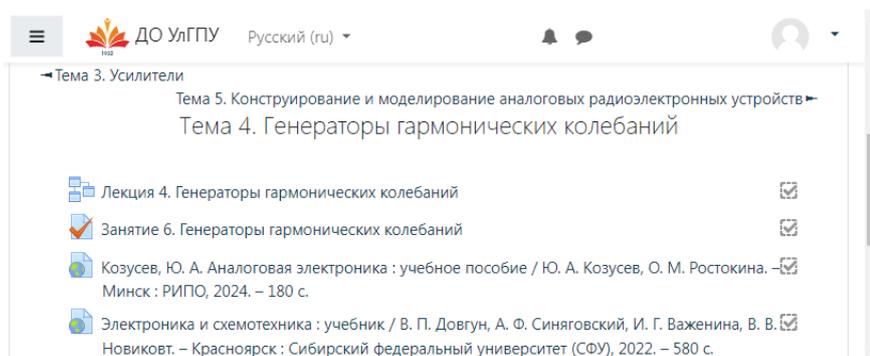


Рис. 6. Страница элементов четвёртой темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 6 изображена страница элементов четвёртой темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета. Элементы четвёртой темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE, включают в себя лекцию, тест по генераторам гармонических колебаний.

На рис. 7 изображена страница элементов пятой темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе

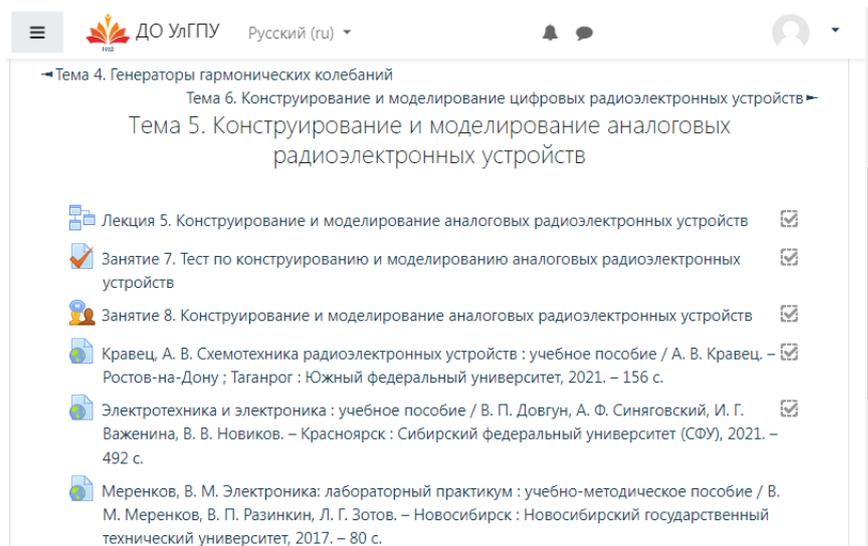


Рис. 7. Страница элементов пятой темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

управления MOODLE на образовательном портале университета. Элементы пятой темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE, включают в себя лекцию, тест, семинар по конструированию и моделированию аналоговых радиоэлектронных устройств.

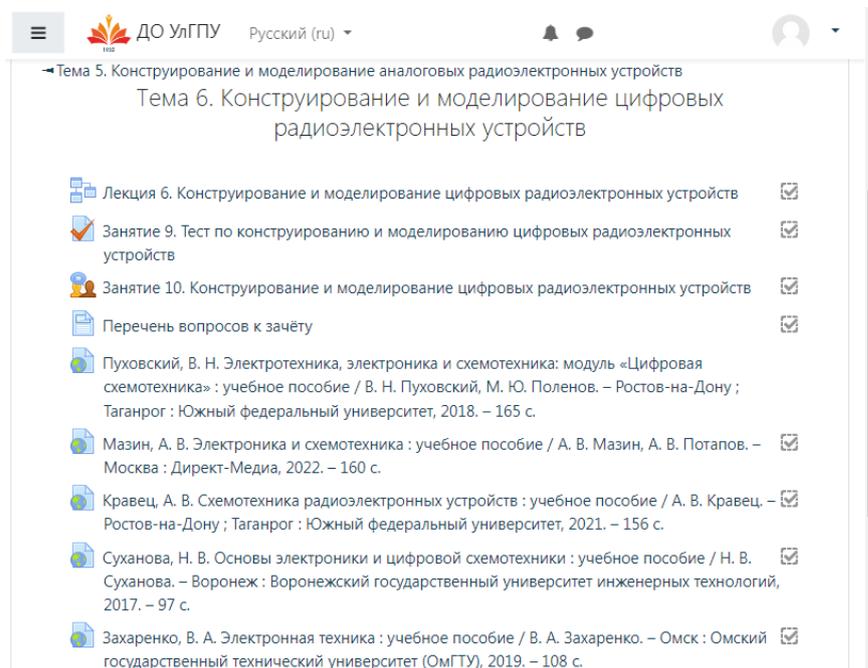


Рис. 8. Страница элементов шестой темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета.

На рис. 8 изображена страница элементов шестой темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей, созданного в системе управления MOODLE на образовательном портале университета. Элементы шестой темы дистанционного курса по микроэлектронике в развивающих игровых устрой-

ствах для детей, созданного в системе управления MOODLE, включают в себя лекцию, тест, семинар по конструированию и моделированию цифровых радиоэлектронных устройств.

Заключение

Разработанный дистанционный курс по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей показал свою готовность для использования в образовательном процессе педагогического университета. Разработанный дистанционный курс по микроэлектронике в развивающих игровых устройствах для детей будет способствовать развитию познавательного интереса студентов к микроэлектронике. Разработанный дистанционный курс будет оказывать значительное влияние на процесс изучения микроэлектроники на основе создания дистанционных образовательных инструментов. Показана возможность использования разработанного курса в образовательных программах бакалавриата педагогического направления подготовки для обучения студентов микроэлектронике.

Гипотеза исследования, заключающаяся в предположении о том, что разработанный дистанционный курс по микроэлектронике для детей будет способствовать развитию интереса к науке и технике, а также повышению уровня теоретических знаний студентов педагогических направлений подготовки в области микроэлектроники, подтверждена полностью.

Список использованных источников

1. Carter Michael. Microelectronics in education // Educational media international. — 1979. — jan. — Vol. 16, no. 2. — P. 13–14. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/09523987908548938>.
2. Edutronics: gamification for introducing kids to electronics / Dario Assante [et al.] // 2016 IEEE global engineering education conference (EDUCON). — IEEE, 2016. — apr. — P. 905–908. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/EDUCON.2016.7474659>.
3. Low cost video game technology to measure and improve motor skills in children / Carlos Delgado-Mata [et al.] // AFRICON 2009. — IEEE, 2009. — sep. — P. 1–6. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/AFRCON.2009.5308189>.
4. Mazzoni Valentina, Bertozzi Davide. Interdisciplinary design of a research experience on microelectronic systems for K-12 students // 10th European workshop on microelectronics education (EWME). — IEEE, 2014. — may. — P. 64–69. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/EWME.2014.6877397>.
5. Nousia Alexandra. The integration of new technologies and video games in preschool education // European journal of open education and e-learning studies. — 2023. — jan. — Vol. 8, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.46827/ejoe.v8i1.4633>.
6. Fothergill R., Anderson J. S. A. Strategy for the microelectronics education programme (MEP) // Programmed learning and educational technology. — 1981. — jan. — Vol. 18, no. 3. — P. 120–129. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/0033039810180302>.
7. Educating through mobile devices: the ABC game, a study case / Alessandro Brawerman [et al.] // International journal of recent contributions from engineering, science and IT (iJES). — 2014. — aug. — Vol. 2, no. 3. — P. 4. — URL: <http://dx.doi.org/10.3991/IJES.V2I3.3817>.

8. Moawad Ruba Abdel Matloub. Computer tablet games' effect on young children's self-concept // *International education studies*. — 2017. — feb. — Vol. 10, no. 3. — P. 116. — URL: <http://dx.doi.org/10.5539/IES.V10N3P116>.
9. Córdor-Herrera Omar, Ramos-Galarza Carlos. Educational technological game for children's education // *Intelligent Human Systems Integration 2021*. — Springer International Publishing, 2021. — P. 273–278. — ISBN: 9783030680176. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-68017-6_41.
10. Development and usability evaluation of an configurable educational game for the visually impaired / Ana G. D. Correa [et al.] // *2018 IEEE games, entertainment, media conference (GEM)*. — IEEE, 2018. — aug. — P. 1–9. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/GEM.2018.8516472>.
11. Making a toy educative using electronics / Edwin Dertien [et al.] // *Advances in Computer Entertainment*. — Springer Berlin Heidelberg, 2012. — P. 477–480. — ISBN: 9783642342929. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-34292-9_39.
12. Gilbert L. A. Microelectronics in education: two types of innovation, two strategies // *International journal of man-machine studies*. — 1982. — jul. — Vol. 17, no. 1. — P. 3–14. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7373\(82\)80003-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7373(82)80003-5).
13. Stoykov Anton Penchev. Gaming technologies in facilitating communication in pre-school age // *Proceedings of the conference on current problems of our time: the relationship of man and society (CPT 2020)*. — cpt-20. — Atlantis Press, 2021. — URL: <http://dx.doi.org/10.2991/ASSEHR.K.210225.005>.
14. Ekekwe Ndubuisi, Agu Agu Collins, Ekekwe Chinweike. Microelectronics global diffusion through education // *2009 IEEE international conference on microelectronic systems education*. — IEEE, 2009. — jul. — P. 104–107. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/MSE.2009.5270817>.
15. Miller Jennifer L., Kocurek Carly A. Principles for educational game development for young children // *Journal of children and media*. — 2017. — mar. — Vol. 11, no. 3. — P. 314–329. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/17482798.2017.1308398>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: rod_nastay_0000@mail.ru

ORCID iD  0009-0001-1749-7450

Web of Science ResearcherID  ISA-2132-2023

Original article
PACS 01.40.Di
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Development of a distance learning course on microelectronics in educational gaming devices for children

A. A. Rodionova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted November 22, 2024

Resubmitted November 26, 2024

Published December 28, 2024

Abstract. The results of the development of a distance course on microelectronics in educational gaming devices for children in the learning management system MOODLE are presented. The distribution of elements by thematic modules of the distance course on microelectronics in educational gaming devices for children in the learning management system MOODLE is described. The developed distance course has a significant impact on the process of studying microelectronics based on the creation of effective educational tools for children.

Keywords: course, distance learning course, microelectronics, educational gaming device, learning management system

References

1. Carter Michael. Microelectronics in education // Educational media international. — 1979. — jan. — Vol. 16, no. 2. — P. 13–14. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/09523987908548938>.
2. Edutronics: gamification for introducing kids to electronics / Dario Assante [et al.] // 2016 IEEE global engineering education conference (EDUCON). — IEEE, 2016. — apr. — P. 905–908. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/EDUCON.2016.7474659>.
3. Low cost video game technology to measure and improve motor skills in children / Carlos Delgado-Mata [et al.] // AFRICON 2009. — IEEE, 2009. — sep. — P. 1–6. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/AFRCON.2009.5308189>.
4. Mazzoni Valentina, Bertozzi Davide. Interdisciplinary design of a research experience on microelectronic systems for K-12 students // 10th European workshop on microelectronics education (EWME). — IEEE, 2014. — may. — P. 64–69. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/EWME.2014.6877397>.
5. Nousia Alexandra. The integration of new technologies and video games in preschool education // European journal of open education and e-learning studies. — 2023. — jan. — Vol. 8, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.46827/ejoe.v8i1.4633>.
6. Fothergill R., Anderson J. S. A. Strategy for the microelectronics education programme (MEP) // Programmed learning and educational technology. — 1981. — jan. — Vol. 18, no. 3. — P. 120–129. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/0033039810180302>.

7. Educating through mobile devices: the ABC game, a study case / Alessandro Brawerman [et al.] // International journal of recent contributions from engineering, science and IT (iJES). — 2014. — aug. — Vol. 2, no. 3. — P. 4. — URL: <http://dx.doi.org/10.3991/IJES.V2I3.3817>.
8. Moawad Ruba Abdel Matloub. Computer tablet games' effect on young children's self-concept // International education studies. — 2017. — feb. — Vol. 10, no. 3. — P. 116. — URL: <http://dx.doi.org/10.5539/IES.V10N3P116>.
9. Córdor-Herrera Omar, Ramos-Galarza Carlos. Educational technological game for children's education // Intelligent Human Systems Integration 2021. — Springer International Publishing, 2021. — P. 273–278. — ISBN: 9783030680176. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-68017-6_41.
10. Development and usability evaluation of an configurable educational game for the visually impaired / Ana G. D. Correa [et al.] // 2018 IEEE games, entertainment, media conference (GEM). — IEEE, 2018. — aug. — P. 1–9. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/GEM.2018.8516472>.
11. Making a toy educative using electronics / Edwin Dertien [et al.] // Advances in Computer Entertainment. — Springer Berlin Heidelberg, 2012. — P. 477–480. — ISBN: 9783642342929. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-34292-9_39.
12. Gilbert L. A. Microelectronics in education: two types of innovation, two strategies // International journal of man-machine studies. — 1982. — jul. — Vol. 17, no. 1. — P. 3–14. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7373\(82\)80003-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7373(82)80003-5).
13. Stoykov Anton Penchev. Gaming technologies in facilitating communication in pre-school age // Proceedings of the conference on current problems of our time: the relationship of man and society (CPT 2020). — cpt-20. — Atlantis Press, 2021. — URL: <http://dx.doi.org/10.2991/ASSEHR.K.210225.005>.
14. Ekekwe Ndubuisi, Agu Agu Collins, Ekekwe Chinweike. Microelectronics global diffusion through education // 2009 IEEE international conference on microelectronic systems education. — IEEE, 2009. — jul. — P. 104–107. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/MSE.2009.5270817>.
15. Miller Jennifer L., Kocurek Carly A. Principles for educational game development for young children // Journal of children and media. — 2017. — mar. — Vol. 11, no. 3. — P. 314–329. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/17482798.2017.1308398>.

Information about authors:

Anastasia Alexandrovna Rodionova — 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: rod_nastay_0000@mail.ru

ORCID iD  0009-0001-1749-7450

Web of Science ResearcherID  ISA-2132-2023

Научная статья
УДК 372.8
ББК 74.262.0
ГРНТИ 14.25.09
ВАК 5.8.2.
PACS 01.40.-d
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Анализ развития функциональной грамотности на уроках физики в лицее

О. В. Сергеева  ¹

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение города Ульяновска
«Губернаторский лицей № 101 имени Народного учителя Российской Федерации Ю. И.
Латышева», 432026, Ульяновск, Россия*

Поступила в редакцию 22 ноября 2024 года

После переработки 26 ноября 2024 года

Опубликована 28 декабря 2024 года

Аннотация. Функциональная грамотность представляет собой способность применять знания и навыки в различных ситуациях, включая образовательный процесс. Однако ранее функциональная грамотность рассматривалась как дополнительный навык, а не как ключевой результат обучения. В связи с внедрением федеральных государственных стандартов по физике, возникла необходимость в исследовании роли функциональной грамотности как ключевого элемента при реализации федеральных государственных образовательных стандартов среднего общего образования в процессе обучения физике. Рассматривается значимость интегрированных уроков физики и математики в контексте формирования функциональной грамотности, а также эффективность применения различных образовательных методов для повышения интереса и вовлечённости учащихся в процесс обучения физике. Разработаны методические рекомендации по преподаванию физики, способствующие развитию функциональной грамотности учащихся на уроках физики. Проведено выявление эффективных инновационных методик преподавания физики, способствующих развитию функциональной грамотности на уроках физике в школе.

Ключевые слова: урок, физика, функциональная грамотность, методика преподавания физики, процесс обучения физике, лицей

Введение

В связи с внедрением федеральных государственных стандартов в школе, возникла необходимость в исследовании роли функциональной грамотности в процессе обучения физике. В современном образовании одной из ключевых задач является формирование функциональной грамотности у учащихся.

¹E-mail: olyatr1@mail.ru

Функциональная грамотность является одной из основных тенденций, определяющих качественный образовательный процесс в Российской Федерации. Понятие функциональной грамотности позволяет каждому человеку эффективно использовать свои знания и навыки для решения проблем в разных образах жизни. В новых Федеральных государственных образовательных стандартах функциональная грамотность имеет особое значение, поскольку функциональная грамотность непосредственно занимается подготовкой высококвалифицированных специалистов, способных адаптироваться к современному миру. Функциональная грамотность включает в себя не только базовые навыки, такие как чтение и письмо, но и более сложные навыки, такие как критическое мышление, алгоритмическое мышление, способность к общению и общению. Функциональная грамотность даёт людям возможность воспринимать информацию, анализировать её и принимать взвешенные решения. Функциональная грамотность охватывает способность индивида применять знания и навыки в различных жизненных ситуациях, что особенно актуально в условиях современного мира. К примеру, в условиях современного информационного общества, где объёмы данных растут в геометрической прогрессии, умение ориентироваться в пространстве становится информационным ресурсом для успешной профессиональной и личной жизни. Федеральные стандарты образования направлены на создание системы образования, которая отвечает современным требованиям и предотвращает дефицит жизненно важных функций в будущем. Внедрение Федеральных государственных стандартов предъявляет ряд требований, способствующих формированию функциональной грамотности у учащихся. Это включает в себя проекты, связанные с междисциплинарным обучением, активными методами преподавания и индивидуализацией образовательного процесса. Развитие функциональной грамотности рассматривается как важный аспект подготовки молодежи к реальным вызовам современности. Интеграция предметов, таких как физика и математика, предоставляет уникальную возможность для достижения этой цели, так как позволяет учащимся увидеть взаимосвязь между теоретическими знаниями и практическими задачами.

Целью исследования является выявление роли функциональной грамотности в процессе обучения физике и её влияние на достижение целей, сформулированных в федеральных государственных стандартах. Задачи исследования состоят в том, чтобы составить обзор научной литературы по роли функциональной грамотности в процессе обучения физике, выявить требования к функциональной грамотности на уроках физики на основе анализа федеральных государственных стандартов по физике, спроектировать инновационную методику преподавания физики, способствующую развитию функциональной грамотности учащихся на уроках физики. Объектом исследования является процесс обучения физике в лицее. Предметом исследования является роль функциональной грамотности в процессе обучения физике в лицее. Методами исследования являются обзор научной литературы, наблюдение за процессом преподавания физики в лицее. Материалами исследования являются научные статьи и монографии по роли функциональной грамотности в процессе обучения физике, материалы по результатам наблюдений за процессом преподавания физики в лицее. Научная новизна исследования заключается в выявлении связи между функциональной грамотностью и предметными результатами обучения физике, сформулированными на основе анализа федеральных государственных стандартов по физике в рамках исследования новых методик преподавания физики. Теоретическая значимость исследования заключается в расширении понимания роли функциональной грамотности в образовательном процессе и её влиянии на достижение целей, сформулированных в федеральных государственных образовательных стандартах. Практическая значимость исследования заключается в разработке рекомендаций по преподаванию физики, способствующих развитию функциональной грамотности учащихся.

Обзор

Функциональная грамотность на уроках физики необходима для развития всестороннего понимания научных концепций и их применения в реальных сценариях. Функциональная грамотность включает в себя не только способность понимать и использовать научную информацию, но и критически относиться к ней, особенно при решении таких общественных проблем, как использование энергии и экологические проблемы [1]. Функциональная грамотность на уроках физики должна подчеркивать общие научные принципы, критическое мышление и общественную значимость, фокусируясь на концептуальном понимании, а не на традиционных алгебраических задачах. В статье [1] общественные темы помещаются в более общий контекст научной грамотности, предполагается, что социально значимые темы могут легко вписаться в курс физической грамотности, рассматриваются вопросы энергетики и окружающей среды и обсуждается, как можно преподавать три таких вопроса: использование энергии в транспорте, глобальное истощение озонового слоя и глобальное потепление. Интеграция интерактивных визуализаций и динамических занятий может улучшить функциональное мышление учащихся, позволяя им более осмысленно изучать концепции исчисления и физики [2]. Более того, различие между досуговыми и инструментальными целями в поиске научной информации подчеркивает важность функциональной грамотности в принятии обоснованных решений, таких как понимание энергоэффективности. Этот подход соответствует потребности образовательных систем в содействии научной грамотности, которая выходит за рамки простых процедурных знаний, в конечном итоге способствуя лучшему достижению образовательных результатов и осознанному гражданству [3]. Таким образом, развитие функциональной грамотности в физике имеет решающее значение для развития критически мыслящих людей, способных решать современные проблемы. В статье [4] исследуется, как в современных школах обучают функциональной грамотности, особенно в области технологий и инженерии, и какие виды грамотности в области технологического образования они могут (или должны) освоить на должном уровне. Функциональная грамотность на уроках физики подразумевает развитие определенных навыков чтения и понимания, необходимых для понимания и передачи научных концепций, что имеет важное значение для эффективного решения проблем и инноваций в областях инженерно-технологического образования. В статье [5] предложена альтернатива для решения трудностей, существующих в изучении физики, в соответствии с современными требованиями, основанную на теории деятельности и теоретического обобщения. Предлагаемая дидактическая модель делает акцент на активном обучении посредством моделирования, экспериментирования и имитации, повышая функциональную грамотность учащихся в области физики путём развития навыков понимания и решения проблем [5]. В статье [6] исследовано дисциплинарное обучение грамоте, интегрированное в элементарную инженерную единицу в городском классе, где присутствовала многопрофильная команда преподавателей университетской грамотности и инженерного образования. Дисциплинарное обучение грамоте в инженерии в городской среде интеграцию грамотности в образование технологического профиля в контексте городского класса.

С 50-х годов XX века ЮНЕСКО рекомендовал всем странам считать грамотными только тех, кто умеет читать с пониманием прочитанного и способен написать краткое сочинение о своей собственной жизни. Однако уже в 1965 году в Тегеране на Всемирном конгрессе министров просвещения вводят термин «функциональная грамотность», понимая его как «совокупность умений читать и писать для использования в повседневной жизни и решения житейских проблем», который в 1978 году ЮНЕСКО видоизменяет, определяя его так: «функционально грамотным считается только тот, кто может принимать участие во всех видах деятельности, в которых грамотность необходима для

эффективного функционирования его группы, и кто имеет возможность продолжать пользоваться чтением, письмом и счётом для своего собственного развития и для дальнейшего развития общины (социального окружения)».

На отдельных предметах формируются специфические для данного предмета знания, а также компетенции, например, на уроках естественнонаучного цикла формируются умения объяснять наблюдаемые явления, проводить исследования и интерпретировать полученные результаты. На всех предметах обучающиеся работают с информацией, представленной в различном виде, и решают специфические для данной предметной области задачи.

Хранение и передача знаний, навыков, норм и идеалов, образцов деятельности и поведения, социальных ценностей и ориентаций в системе образования осуществляется через учителя, поэтому к педагогической культуре учителя предъявляются высокие требования, одним из которых является функциональная грамотность.

В Федеральном государственном образовательном стандарте среднего общего образования (десятые и одиннадцатые классы) (утверждённом приказом Минобрнауки России от 17 апреля 2012 г. № 413) указывается, что в рамках обучения математике (базовый уровень) необходимо добиться у учащихся сформированности представлений о роли и месте математики в современной научной картине мира; понимания математической сущности; понимания роли математики в формировании кругозора и функциональной грамотности для решения практических задач.

Достижения российских школьников в обследовании PISA по математике, оценивающей способность применять полученные знания на практике, остаются скромными: в 2015 году 23-е место (всего 70 стран).

Методы и материалы

Функциональная грамотность является одной из основных тенденций, определяющих качественный образовательный процесс в Российской Федерации. Понятие функциональной грамотности позволяет каждому человеку эффективно использовать свои знания и навыки для решения проблем в разных образах жизни. В новых Федеральных государственных образовательных стандартах функциональная грамотность имеет особое значение, поскольку она непосредственно занимается подготовкой высококвалифицированных специалистов, способных адаптироваться к быстро меняющемуся миру. Функциональная грамотность включает в себя не только базовые навыки, такие как чтение и письмо, но и более сложные навыки, такие как критическое мышление, алгоритмическое мышление, способность к общению и общению. Она даёт людям возможность воспринимать информацию, анализировать её и принимать взвешенные решения. К примеру, в условиях современного информационного общества, где объёмы данных растут в геометрической прогрессии, умение ориентироваться в пространстве становится информационным ресурсом для успешной профессиональной и личной жизни. Федеральные стандарты образования направлены на создание системы образования, которая отвечает современным требованиям и предотвращает дефицит жизненно важных функций в будущем. Внедрение федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования предъявляет ряд требований, способствующих формированию функциональной грамотности у учащихся. Это включает в себя проекты, связанные с междисциплинарным обучением, активными методами преподавания и индивидуализацией образовательного процесса.

Компетентностный подход, реализуемый на основе федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования, обеспечивает постепенное формирование компетенций, которые помогают выпускникам эффективно действовать в различных жизненных ситуациях. Внедрение современных технологий и инноваци-

онных методов обучения физике, таких как проектное обучение, работа в маленьких группах и использование цифровых ресурсов, обеспечивает более глубокое понимание материала и развитие навыков критического мышления. В рамках федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования открывается система оценок, которая позволяет не только проверять знания, но и оценивать уровень функциональной грамотности обучающихся. Это мотивация для постоянного саморазвития и самосовершенствования.

Контекстуальные задачи: Использование задач, требующих применения физических знаний в реальных ситуациях, помогает развивать функциональную грамотность учащихся.

Решение проблемных ситуаций: Предложение учащимся решать реальные или вымышленные проблемы с использованием физических законов и принципов.

Интерактивные методы обучения: Включение интерактивных методов, таких как лабораторные работы и эксперименты, способствует активному участию учащихся и развитию их аналитических навыков.

Индивидуализация образовательного процесса: Адаптация учебного материала под индивидуальные потребности и интересы учащихся помогает лучше усваивать знания и применять их на практике.

Альтернативные источники энергии играют важную роль в современном мире, способствуя снижению зависимости от ископаемых видов топлива и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду. Вот некоторые из них: солнечная энергия, предполагающая использование солнечных панелей для преобразования солнечного света в электричество; энергия ветра, включающая применение ветряных турбин для генерации электроэнергии; гидроэнергия, включающая использование энергии водных потоков для производства электричества; геотермальная энергия, включающая применение тепла, исходящего из недр Земли, для выработки электроэнергии и отопления. Эти темы могут быть интегрированы в уроки физики для повышения интереса учащихся и развития их функциональной грамотности. Например, можно проводить эксперименты с солнечными панелями или моделями ветряных турбин, чтобы учащиеся могли на практике увидеть, как работают альтернативные источники энергии.

Приведём пример задачи, которая поможет развить функциональную грамотность на уроках физики, посвященные альтернативным источникам энергии. В здании школы планируется установить солнечные панели для обеспечения части энергетических потребностей школы. Проведите исследование и представьте результаты на школьной конференции.

Задание данной задачи предполагает сбор данных о том, как работают солнечные панели, и какие физические принципы лежат в основе их работы. Необходимо исследовать, сколько солнечных панелей потребуется для обеспечения 20% энергетических потребностей вашей школы. Для этого нужно узнать среднее потребление электроэнергии школой и мощность одной солнечной панели. На этапе анализа данных необходимо рассчитать, сколько энергии может быть произведено одной солнечной панелью в течение года в регионе, учитывая среднее количество солнечных дней. На вычислительном этапе необходимо определить, сколько солнечных панелей с известной мощностью потребуется для достижения цели. На этапе презентации результатов необходимо подготовить презентацию, в которой объяснить, как работают солнечные панели, и представьте результаты расчётов суммарной мощности солнечных панелей. На этапе обсуждения необходимо обсудить преимущества и недостатки использования солнечных панелей в школе.

На этапе дискуссии могут быть предложены следующие вопросы для обсуждения:

1. Какие ещё альтернативные источники энергии можно использовать в вашей шко-

ле?

2. Какие факторы могут повлиять на эффективность солнечных панелей?

Эта задача помогает учащимся применять физические знания в реальной ситуации, развивает навыки исследования и анализа данных, а также учит их представлять свои результаты.

Для достижения результатов в функциональной грамотности важно, чтобы образовательные учреждения осуществили прогресс, который в этой области будет включать в себя следующие элементы. Поощрение учащихся к выполнению проектных и исследовательских заданий, разработке исследовательских проектов, исследовательских работ по физике и различных творческих инициатив, которые требуют применения теоретических знаний по физике на практике. Проведение занятий по физике в форме тренингов и мастер-классов, на которых обучающиеся могут применить свои знания и навыки в индивидуальном порядке, такие как деловые игры и интерактивные семинары. Анализ партнерства с работодателями показывает, что сотрудничество учебных заведений с бизнесом может помочь учащимся лучше понять требования рынка рабочей силы и дополнительных навыков.

Результаты педагогического эксперимента

Рассмотрим результаты проведения избранных занятий элективного курса по физике по теме, связанной с изучением альтернативных источников энергии. На занятии элективного курса по физике, проведённом 4.09.2024, учащиеся решали задания входной диагностики по альтернативным источникам энергии. Ученик 1 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 2 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 3 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 4 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 5 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 6 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 7 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 8 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 9 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 10 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 11 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 12 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 13 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 14 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 15 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 16 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 17 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 18 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 19 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 20 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 21 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 22 на занятии, проведённом 4.09.2024, получил отметку «удовлетворительно».

На занятии элективного курса по физике, проведённом 11.09.2024, учащиеся решали задания самостоятельной работы по альтернативным источникам энергии. Ученик 1 на занятии, проведённом 11.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 2 на занятии, проведённом 11.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 3 на занятии, проведённом 11.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 4 на занятии, проведённом 11.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 5 на занятии, проведённом

11.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 6 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 7 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 8 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 9 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 10 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 11 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 12 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 13 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 14 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 15 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 16 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 17 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 18 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 19 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 20 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 21 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 22 на занятии, проведенном 11.09.2024, получил отметку «хорошо».

На занятии элективного курса по физике, проведенном 18.09.2024, учащиеся решали задания зачётной работы по альтернативным источникам энергии. Ученик 1 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 2 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 3 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 4 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 5 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 6 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 7 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 8 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 9 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 10 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 11 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 12 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 13 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 14 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 15 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 16 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 17 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 18 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 19 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 20 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «отлично». Ученик 21 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 22 на занятии, проведенном 18.09.2024, получил отметку «хорошо».

На занятии, проведенном 4.09.2024, учащиеся экспериментальной группы получили 8 отметок «отлично», 2 отметки «хорошо», 12 отметок «удовлетворительно». На занятии, проведенном 4.09.2024, абсолютная успеваемость составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На занятии, проведенном 4.09.2024, качественная успеваемость составила 45.5 %, что соответствует допустимому уровню качественной успеваемости. На занятии, проведенном 4.09.2024, степень обученности учащихся составила 61.8 %, что соответствует допустимому уровню степени обученности учащихся. На занятии, проведенном 4.09.2024, среднее арифметическое значение отметок составило 3.82.

На занятии, проведенном 11.09.2024, учащиеся экспериментальной группы получили 7 отметок «отлично», 12 отметок «хорошо», 3 отметки «удовлетворительно». На занятии, проведенном 11.09.2024, абсолютная успеваемость составила 100 %, что соот-

ветствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На занятии, проведённом 11.09.2024, качественная успеваемость составила 86.4 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На занятии, проведённом 11.09.2024, степень обученности учащихся составила 71.6 %, что соответствует оптимальному уровню степени обученности учащихся. На занятии, проведённом 11.09.2024, среднее арифметическое значение отметок составило 4.18.

На занятии, проведённом 18.09.2024, учащиеся экспериментальной группы получили 10 отметок «отлично», 9 отметок «хорошо», 3 отметки «удовлетворительно». На занятии, проведённом 18.09.2024, абсолютная успеваемость составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На занятии, проведённом 18.09.2024, качественная успеваемость составила 86.4 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На занятии, проведённом 18.09.2024, степень обученности учащихся составила 76.5 %, что соответствует оптимальному уровню степени обученности учащихся. На занятии, проведённом 18.09.2024, среднее арифметическое значение отметок составило 4.32.

Заключение

Исследование функциональной грамотности на уроках физики представляет практический интерес для понимания роли функциональной грамотности в образовательном процессе и её влияния на достижение целей, сформулированных в федеральных государственных стандартах. Функциональная грамотность является ключевым следствием реализации федеральных государственных образовательных стандартов и играет решающую роль в подготовке будущих специалистов, способных успешно адаптироваться к вызовам современного общества. Формирование функциональной грамотности на уроках физики является важной задачей современного образования. Это позволяет учащимся не только усваивать теоретические знания, но и применять их на практике в различных жизненных ситуациях. Внедрение инновационных методик обучения физике, а также активное сотрудничество с работодателями обеспечивают создание прочной основы для развития функциональной грамотности в молодежи. Результаты исследования могут быть использованы для разработки инновационных методик преподавания физики, способствующих развитию функциональной грамотности учащихся на уроках физики. Исследование также способствует развитию теории обучения физике и методик преподавания физики.

Результаты исследования включают разработку научно-методических основ инновационной методики преподавания физики, способствующей развитию функциональной грамотности учащихся, созданию условий для достижения целей, сформулированных в федеральной государственной образовательной стандарте. По результатам исследования выявлено, что в ходе анализа применения методов решения задач по физике было замечено, что учащиеся, участвовавшие в уроках с интенсивным развитием функциональной грамотности, лучше справлялись с задачами, требующими глубокого анализа и применения знаний по физике. На основании проведённого исследования можно сделать вывод о положительном влиянии методики развития функциональной грамотности на уроках физики на развитие функциональной грамотности учащихся лицея. Методика развития функциональной грамотности на уроках физики способствует более глубокому пониманию физических явлений, повышает познавательный интерес к обучению физике, а также развивает критическое мышление. Учащиеся учатся понимать и применять знания физики в разных контекстах, учащиеся становятся более самостоятельно мыслящими и способны применять свои знания для решения физических задач. Результаты исследования подтверждают необходимость продолжающегося внедрения методик развития функциональной грамотности в образовательный процесс

лица. Поскольку результаты расширяют понимание роли функциональной грамотности в образовательном процессе и её влияние на достижение целей, сформулированных в федеральных государственных образовательных стандартах, то степень реализации теоретической значимости исследования является высокой.

Список использованных источников

1. Hobson Art. Physics literacy, energy and the environment // Physics education. — 2003. — mar. — Vol. 38, no. 2. — P. 109–114. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/38/2/301>.
2. Hoffkamp Andrea. The use of interactive visualizations to foster the understanding of concepts of calculus: design principles and empirical results // ZDM. — 2011. — mar. — Vol. 43, no. 3. — P. 359–372. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/S11858-011-0322-9>.
3. Denny Kevin, Redmond Sandra, Harmon Harmon. Functional literacy, educational attainment and earnings - evidence from the international adult literacy survey. — The Institute for Fiscal Studies, 2000. — apr. — URL: <http://dx.doi.org/10.1920/WP.IFS.2000.0009>.
4. Role and meaning of functional science, technological and engineering literacy in problem-based learning / Zvonka Cencelj [et al.] // Journal of Baltic Science Education. — 2019. — feb. — Vol. 18, no. 1. — P. 132–146. — URL: <http://dx.doi.org/10.33225/JBSE/19.18.132>.
5. Arruda Jose Ricardo Campelo. Un modelo didactico para ensenanza aprendizaje de la fisica // Revista Brasileira de Ensino de Fisica. — 2003. — Vol. 25, no. 1. — P. 86–104. — URL: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-47442003000100011>.
6. Paugh Patricia, Wendell Kristen. Disciplinary literacy in STEM: a functional approach // Journal of literacy research. — 2021. — jan. — Vol. 53, no. 1. — P. 122–144. — URL: <http://dx.doi.org/10.1177/1086296X20986905>.

Сведения об авторах:

Ольга Владимировна Сергеева — учитель физики и астрономии Муниципального бюджетного общеобразовательного учреждения города Ульяновска «Губернаторский лицей № 101 имени Народного учителя Российской Федерации Ю. И. Латышева», 432026, Ульяновск, Россия.

E-mail: olyatrl@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-2738-242X

Web of Science ResearchID  AAZ-9000-2020

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

Analysis of the development of functional literacy in physics lessons at the lyceum

O. V. Sergeeva 

Municipal budgetary general educational institution of the city of Ulyanovsk "Governor's Lyceum No. 101 named after People's Teacher of the Russian Federation Yu. I. Latyshev", 432026, Ulyanovsk, Russia

Submitted November 22, 2024
Resubmitted November 26, 2024
Published December 28, 2024

Abstract. Functional literacy is the ability to apply knowledge and skills in various situations, including the educational process. However, previously, functional literacy was considered an additional skill, and not a key learning outcome. In connection with the introduction of federal state standards in physics, there was a need to study the role of functional literacy as a key element in the implementation of federal state educational standards of secondary general education in the process of teaching physics. The importance of integrated physics and mathematics lessons in the context of developing functional literacy, as well as the effectiveness of using various educational methods to increase students' interest and involvement in the process of learning physics are considered. Methodological recommendations for teaching physics have been developed to promote the development of students' functional literacy in physics lessons. Effective innovative methods of teaching physics have been identified that promote the development of functional literacy in physics lessons at school.

Keywords: lesson, physics, functional literacy, physics teaching methods, physics teaching process, lyceum

References

1. Hobson Art. Physics literacy, energy and the environment // *Physics education*. — 2003. — mar. — Vol. 38, no. 2. — P. 109–114. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/38/2/301>.
2. Hoffkamp Andrea. The use of interactive visualizations to foster the understanding of concepts of calculus: design principles and empirical results // *ZDM*. — 2011. — mar. — Vol. 43, no. 3. — P. 359–372. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/S11858-011-0322-9>.
3. Denny Kevin, Redmond Sandra, Harmon Harmon. Functional literacy, educational attainment and earnings - evidence from the international adult literacy survey. — The Institute for Fiscal Studies, 2000. — apr. — URL: <http://dx.doi.org/10.1920/WP.IFS.2000.0009>.

4. Role and meaning of functional science, technological and engineering literacy in problem-based learning / Zvonka Cencelj [et al.] // Journal of Baltic Science Education. — 2019. — feb. — Vol. 18, no. 1. — P. 132–146. — URL: <http://dx.doi.org/10.33225/JBSE/19.18.132>.
5. Arruda Jose Ricardo Campelo. Un modelo didactico para ensenanza aprendizaje de la fisica // Revista Brasileira de Ensino de Fisica. — 2003. — Vol. 25, no. 1. — P. 86–104. — URL: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-47442003000100011>.
6. Paugh Patricia, Wendell Kristen. Disciplinary literacy in STEM: a functional approach // Journal of literacy research. — 2021. — jan. — Vol. 53, no. 1. — P. 122–144. — URL: <http://dx.doi.org/10.1177/1086296X20986905>.

Information about authors:

Olga Vladimirovna Sergeeva — teacher of physics and astronomy of Municipal budgetary general educational institution of the city of Ulyanovsk “Governor’s Lyceum No. 101 named after People’s Teacher of the Russian Federation Yu. I. Latyshev”, 432026, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: olyatrl@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-2738-242X

Web of Science ResearcherID  AAZ-9000-2020

Авторский указатель

Алтунин, К. К., 47
Асланова, А. А., 27
Болдин, С. В., 27
Болдин, С. В., 38
Грачева, Т. С., 27
Захарова, О. Н., 1
Илюшкина, Е. А., 60

Клопкова, В. А., 73
Левочкина, В. В., 16
Родионова, А. А., 82
Сатушев, А. И., 38
Сергеева, О. В., 94
Шеронов, Н. А., 38
Шишкарёв, В. В., 73

Author's index

Altunin, K. K., 47
Aslanova, A. A., 27

Boldin, S. V., 27, 38

Gracheva, T. S., 27

Ilyushkina, E. A., 60

Klopkova, V. A., 73

Levochkina, V. V., 16

Rodionova, A. A., 82

Satushev, A. I., 38

Sergeeva, O. V., 94

Sheronov, N. A., 38

Shishkarev, V. V., 73

Zakharova, O. N., 1

