

ISSN 2712-8326



***НАУКА ONLINE***  
***SCIENCE ONLINE***

Сетевое издание  
№ 2 (31) | 2025

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

НАУКА ONLINE, № 2 (31), 2025.

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 2 (31), 2025.

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

<b>Компьютерные науки и информатика</b>	<b>1</b>
Теоретическая информатика	1
1 Разработка курса наномеханики в системе управления обучением MOODLE <i>К. К. Алтунин, В. М. Тимченко</i>	
26 Разработка дистанционного курса по моделированию наноматериалов <i>А. А. Родионова</i>	
49 Разработка онлайн-курса по учебной дисциплине «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи» <i>Ю. А. Новикова</i>	
<b>Физические науки</b>	<b>67</b>
Физика конденсированного состояния	67
67 Исследование физических свойств топологических изоляторов <i>А. Д. Селюкова</i>	
<b>Науки об образовании</b>	<b>78</b>
Теория и методика обучения и воспитания	78
78 Результаты апробации методики преподавания избранных тем механики в общеобразовательной школе <i>Е. С. Железникова</i>	
95 Результаты апробации методики преподавания темы по адиабатическому процессу и первому началу термодинамики <i>П. П. Карасева</i>	
109 Анализ результатов психолого-педагогической диагностики во время педагогического эксперимента по апробации методики преподавания темы по колебаниям и волнам в школе <i>В. В. Левочкина</i>	
Авторский указатель	117

# CONTENTS

<b>Computer science and information science</b>	<b>1</b>
Theoretical computer science	1
1 Development of a nanomechanics course in the learning management system MOODLE <i>K. K. Altunin, V. M. Timchenko</i>	
26 Development of a distance learning course on nanomaterial modeling <i>A. A. Rodionova</i>	
49 Development of an online course on the academic discipline “Workshop for solving Olympiad problems on electrical circuits” <i>Yu. A. Novikova</i>	
<b>Physical sciences</b>	<b>67</b>
Condensed matter physics	67
67 Investigation of physical properties of topological insulators <i>A. D. Selyukova</i>	
<b>Educational sciences</b>	<b>78</b>
Theory and methodology of training and education	78
78 Results of testing the methodology for teaching selected topics of mechanics in a comprehensive school <i>E. S. Zheleznikova</i>	
95 Results of testing the methodology for teaching the topic of adiabatic process and the first law of thermodynamics <i>P. P. Karaseva</i>	
109 Analysis of the results of psychological and pedagogical diagnostics during a pedagogical experiment to test the methodology of teaching the topic of oscillations and waves at school <i>V. V. Levochkina</i>	
Author’s index	118

## Секция 1

---

# Компьютерные науки и информатика

---

### 1.1 Теоретическая информатика

Научная статья

УДК 004.77

ББК 22.18

ГРНТИ 20.53.23

ВАК 1.2.3.

PACS 01.40.Di

OCIS 000.2060

MSC 00A79

### Разработка курса наномеханики в системе управления обучением MOODLE

К. К. Алтунин , В. М. Тимченко  <sup>1</sup>

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

Поступила в редакцию 12 апреля 2025 года

После переработки 14 апреля 2025 года

Опубликована 14 июня 2025 года

---

**Аннотация.** Представлены результаты разработки дистанционного курса наномеханики в системе управления обучением MOODLE. Описаны результаты процесса разработки модульной структуры и избранных элементов дистанционного курса наномеханики в системе управления обучением MOODLE. Представлены результаты педагогического эксперимента по апробации избранных элементов курса наномеханики.

**Ключевые слова:** наномеханика, мезоскопическая система, курс, дистанционный курс, педагогический эксперимент

---

<sup>1</sup>E-mail: lera.tim2002@icloud.com

## Введение

Физика мезоскопических систем представляет собой передовое направление физики твёрдого тела и твердотельной электроники, которое исследует уникальные физические свойства мезоскопических систем. Актуальность исследования физических свойств мезоскопических систем обусловлена стремительным развитием технологий изготовления мезоскопических систем и нанoeлектронных устройств на основе мезоскопических систем.

Целью работы является всестороннее исследование процесса разработки дистанционного курса наномеханики на основе теоретических сведений о мезоскопических системах и структурах.

Для достижения указанной цели в работе поставлены следующие задачи:

1. написание обзора литературы по исследованиям физических свойств мезоскопических систем,
2. разработка модульной структуры и избранных элементов дистанционного курса наномеханики в системе управления обучением MOODLE.

Объектом исследования является курс наномеханики. Предметом исследования является описание особенностей разработки модульной структуры и избранных элементов дистанционного курса наномеханики в системе управления обучением MOODLE.

Методами исследования являются теоретические и численные методы наномеханики мезоскопических систем и структур, методы компьютерного моделирования на основе численных расчётов физических характеристик мезоскопических систем и структур. Материалами исследования являются мезоскопические материалы, литературные источники по исследованиям мезоскопических материалов.

Научная новизна исследования состоит в том, что проектирование модульной структуры и избранных элементов дистанционного курса наномеханики происходит с учётом влияния различных технологий и методик дистанционного обучения в рамках дистанционного курса на профессиональное развитие студентов в области наномеханики мезоскопических систем и структур.

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать теоретические модели физических процессов в мезоскопических системах и результаты численных расчётов физических характеристик мезоскопических систем в дистанционном курсе наномеханики, то можно создать дистанционный курс, опирающийся на современные представления о физических свойствах мезоскопических систем.

Теоретическая значимость научного исследования состоит в том, что происходит пополнение и расширение базы теоретических знаний по физике микроскопических структур и систем в рамках изучения дистанционного курса наномеханики, углубление понимания физических процессов в микроскопических системах, мезоскопических системах и формирования профессиональных компетенций при использовании дистанционного обучения в области физики мезоскопических систем.

Практическая значимость научного исследования состоит в том, что разработка курса наномеханики способствует внедрению методик и технологий дистанционного обучения для повышения эффективности и качества преподавания курса наномеханики на основе опыта дистанционного обучения на основе мотивации студентов и преподавателей к использованию дистанционного обучения в своей профессиональной деятельности.

Базой исследования для создания дистанционного курса по учебной дисциплине «Наномеханика» в системе управления обучением MOODLE является образовательный портал ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова».

## Обзор литературы по исследованиям физических свойств мезоскопических систем

Мезоскопические системы, характеризующиеся размерами от нескольких нанометров до сотен микрометров, демонстрируют уникальные физические свойства, которые связывают квантовую и классическую механику. Эти системы, такие как квантовые точки, провода и кольца, демонстрируют фазово-когерентное движение, что требует квантово-механической обработки из-за их зависящих от размера электронных свойств и явлений переноса [1, 2]. В статье [1] рассмотрены различные модели неупорядоченных и хаотических систем, чьи закрытые аналоги обладают различными специфическими особенностями, такими как диффузия, фрактальность или локализация, и исследовали различные величины, связанные с рассеянием, такие как распределения времен задержки Вигнера и ширины резонансов. Мезоскопические системы демонстрируют фазово-когерентное движение, требующее квантово-механической обработки. Мезоскопические системы содержат сложные мезоскопические детали, что приводит к статистическим подходам, которые рассматривают ансамбли с идентичными макроскопическими параметрами [1]. Ключевые явления включают локализацию, диффузию и фрактальность, влияющие на свойства рассеяния и статистическое поведение [1]. Наличие мезоскопических деталей, таких как примеси, часто приводит к статистическим подходам в их анализе, в частности, с помощью теории случайных матриц, которая, хотя и эффективна, может упускать из виду определенные явления, такие как локализация [1]. Мезоскопические квантовые системы часто демонстрируют уникальные физические свойства, такие как зависящие от размера электронные свойства, явления переноса и многое другое, следующие примеры выбирают некоторые из наиболее цитируемых мезоскопических квантовых явлений. Мезоскопические системы демонстрируют уникальные физические свойства, такие как зависящие от размера электронные свойства, явления переноса и квантованная проводимость [2]. Мезоскопические системы достаточно велики, чтобы содержать много частиц, допуская средние свойства, такие как плотность или проводимость, но достаточно малы, чтобы соответствовать длинам когерентности и средним свободным пробегам [2]. Кроме того, кривизна этих систем может существенно влиять на их физические свойства, как это исследуется с помощью геометрических теорий дефектов. Мезоскопические системы демонстрируют свойства, характерные как для классических, так и для квантовых систем, на которые влияют их нанометровые размеры. Их физические свойства имеют решающее значение для приложений в различных областях, включая лазеры, квантовые вычисления и солнечные элементы, что подчеркивает их значимость в технологическом развитии. Мезоскопические системы демонстрируют уникальные физические свойства, которые отличаются как от атомных, так и от объёмных материалов, включая квантовую когерентность, проводимость, зависящую от размера, и усиленные флуктуации. Эти свойства дают ценную информацию о поведении высокотемпературных сверхпроводников и других объёмных систем. В статье [3] описан классический аналог модели, позволяющий, в частности, интуитивно понимать большинство аспектов динамики квантового спина, и показано, как квантовая релаксация может радикально снизить классическую необратимость. Мезоскопические системы проявляют свойства, промежуточные между объёмной материей и отдельными атомами, включая квантовое туннелирование, релаксацию, когерентность и гистерезис. На поведение мезоскопических систем влияют динамика спина, механизмы декогеренции и диссипация энергии, особенно в сверхпроводящих кубитах и системах с большим спином. В работе [4] обсуждается мезоскопическая физика на стыке статистической физики и квантовой физики, где квантовые эффекты становятся гораздо более значимыми для поведения этих материалов и их свойств.

Мезоскопические системы проявляют необычные физические и химические свойства из-за их малого размера, где квантовые эффекты становятся значительными [4]. Эти свойства связывают поведение материалов от атомных масштабов до более крупных, видимых объектов, подчёркивая уникальные характеристики мезоскопической физики [4]. В работе [5] обсуждаются мезоскопические устройства, в которых электроны ведут себя как свет, определяемые как физические области, в пределах которых носители не испытывают никаких квантово-механических фазоразрушающих столкновений, ограниченные областями, которые можно описать классически и контактирующие с зарядовыми резервуарами, которые действуют как источник и сток носителей и энергии. Мезоскопические системы демонстрируют уникальные физические свойства, такие как квантованная проводимость, колебания проводимости, эффекты электронного волновода и универсальные флуктуации проводимости. Эти явления возникают из-за отсутствия фазоразрушающих столкновений, что позволяет носителям поддерживать квантово-механическую фазовую когерентность на коротких расстояниях [5]. В статье [6] предлагается общее определение энтропии в равновесном состоянии, применимое как к макроскопическим, так и к мезоскопическим системам, и показывает, что эти методы, хотя и широко используются, не эквивалентны, и один из них является следствием определения энтропии составной системы. Мезоскопические системы проявляют термодинамические свойства, зависящие от их размера и взаимодействия с другими системами, что приводит к неэкстенсивным энтропиям. В отличие от макроскопических систем, их условия равновесия и определения энтропии остаются неоднозначными, особенно в отношении границ и взаимодействий подсистем [6]. Наномеханика привнесла мезоскопическую физику в мир вибраций, как упоминается в статье [7], где описываются основные теоретические идеи и пояснительные эксперименты, относящиеся к мезоскопической механике наномеханических систем. В статье [8] обсуждаются эффекты электронной корреляции в поле нескольких тел физики конденсированного состояния. Но авторы фокусируются на полупроводниковой квантовой точке, которая может содержать менее десяти электронов. В статье [9] были выведены и обсуждены оптическое поглощение и дифференциальное сечение резонансного неупругого рассеяния света в зависимости от поляризации падающего света, а также выведены правила сечений. В статье [10] рассмотрены структуры, образованные связанными сферическими полостями, которые можно рассматривать как мезоскопические системы в силу того, что размер их строительных блоков (сфер) сопоставим с характерной длиной волны. Мезоскопическая физика является физикой структур больше нанометра, но меньше микрометра [11]. Мезоскопическая физика включает в себя исследования субмикроскопических и электронных и механических устройств и часто пересекает границу между физикой и инженерией [11]. В статье [12] показано, что мезомасштабные физические свойства клеточных ансамблей предшествуют и определяют такие биологические функции, как деление клеток, экструзия, инвазия и распознавание градиента, но не могут быть предсказаны на основе биохимических принципов. В статье [13] обсуждаются определённые существенные и фундаментальные свойства с рядом нетривиальных примеров, и выделены результаты текущей деятельности по различным вопросам, в основном связанным с электронным транспортом в мезосистемах и наносистемах. Физические свойства мезоскопических систем сильно зависят от размера, влияя на химическую реактивность, механическую адгезию, температуру термического плавления, электрический туннельный ток, оптическое поглощение и магнитные суперпарамагнитные эффекты, все из которых находятся под влиянием уникальных квантовых эффектов из-за их малого размера и отношения поверхности к объёму [13]. В работе [14] обсуждается электронный транспорт в мезоскопических системах, подчёркивая их уникальные физические свойства, которые связывают макроскопические классиче-

ские и микроскопические квантовые миры, приводя к фундаментальным результатам в физике конденсированного состояния. Мезоскопический электронный транспорт исследует увлекательную границу между макроскопическим и микроскопическим мирами, приводя к фундаментальным результатам в физике конденсированного состояния [14]. В статье [15] были изучены тепловые свойства трёхтерминальных мезоскопических диэлектрических систем в режиме нелинейного отклика при низкой температуре и представлена модель термического выпрямления. В статье [15] основное внимание уделяется нелинейным тепловыделяющим свойствам трёхтерминальных мезоскопических диэлектрических систем, особенно при низких температурах, подчёркивая такие явления, как разность температур между термическими резервуарами, и представляя модель термического выпрямления в этих системах. Изучение мезоскопических систем не только улучшает понимание фундаментальной физики, но и имеет практическое применение в таких технологиях, как лазеры, квантовые вычисления и солнечные элементы.

Проведённый обзор научных источников показал актуальность темы исследования.

## Результаты разработки курса наномеханики

Опишем результаты разработки курса наномеханики в системе управления обучением MOODLE.

Мезоскопическая физика — это раздел физики конденсированного состояния, который фокусируется на свойствах твёрдых тел в диапазоне размеров, промежуточном между объёмным веществом и отдельными атомами.

Общий объем курса наномеханики составляет 7 зачётных единиц или 252 часа. Дистанционный курс, посвящённый изучению наномеханики мезоскопических структур и систем, содержит 21 тематический модуль. Первый тематический модуль посвящён изучению научно-технологических основ и истории развития нанотехнологий, терминов и определений нанотехнологии, технико-экономических задач внедрения нанотехнологии, перспективы применения наноматериалов и содержит форум, лекцию, тест, семинар. Второй тематический модуль посвящён изучению размерных эффектов и свойств нанобъектов, первичных, функциональных, конструкционных наноматериалов и содержит лекцию, тест, семинар. Третий тематический модуль посвящён изучению кулоновского взаимодействия и зарядовых эффектов, кулоновской блокады в мезоскопических системах, наноструктурах и содержит лекцию, тест, семинар. Четвёртый тематический модуль посвящён изучению нанотехнологий, применения наноматериалов и продукция наноиндустрии, направлений реализации нанотехнологии, конкретных путей реализации нанотехнологии в электронике, перспектив реализации нанотехнологии «снизу-вверх» и содержит лекцию, семинар. Пятый тематический модуль посвящён изучению методам исследования наноматериалов и содержит лекцию, семинар. Шестой тематический модуль посвящён изучению методам получения наноматериалов и содержит лекцию, семинар, задание. Седьмой тематический модуль посвящён изучению механических напряжений и деформации в тонких плёнках и содержит лекцию, тест, семинар. Восьмой тематический модуль посвящён изучению кривизны и неустойчивости тонких плёнок, содержит лекцию, тест, семинар. Девятый тематический модуль посвящён изучению неустойчивости тонких плёнок, самоорганизации на поверхности и содержит лекцию, семинар. Десятый тематический модуль посвящён изучению дислокаций в нанопроволоках, нановключениях и тонких плёнках, содержит лекцию, семинар. Одиннадцатый тематический модуль посвящён изучению разрушения наноструктур и содержит лекцию, семинар. Двенадцатый тематический модуль посвящён изучению микроэлектромеханических систем и наноэлектромеханических систем, содержит лекцию, семинар. Тринадцатый тематический модуль посвящён изучению термоэлектрических и термомагнитных эффектов в мезоскопических системах, содержит лекцию, тест, семинар.

Четырнадцатый тематический модуль посвящён изучению фотоэлектрических и фотомагнитных эффектов в мезоскопических системах, содержит лекцию, тест, семинар, задание. Пятнадцатый тематический модуль посвящён изучению квантового транспорта в неупорядоченных и баллистических системах, основ теории баллистического транспорта, теории локализации в мезоскопике и нанофизике, содержит лекцию, тест, семинар. Шестнадцатый тематический модуль посвящён изучению эффекта Холла, квантового эффекта Холла, дробного квантовый эффект Холла в мезоскопических системах, содержит лекцию, тест, семинар, задание. Семнадцатый тематический модуль посвящён изучению квантовой когерентности и хаотического рассеяния света в мезоскопических системах, эффекта Ааронова-Бома и незатухающих токов, содержит лекцию, семинар. Восемнадцатый тематический модуль посвящён изучению экситонов в мезоскопических системах, содержит лекцию, семинар. Девятнадцатый тематический модуль посвящён изучению теории сверхпроводимости, основных семейств и физических свойств высокотемпературных сверхпроводников, содержит лекцию, семинар. Двадцатый тематический модуль посвящён изучению магнетизма и сильнокоррелированных электронных систем, содержит лекцию, семинар. Двадцать первый тематический модуль посвящён изучению макроскопических квантовых систем, содержит лекцию, семинар, задание и чат.

Опишем результаты разработки модульной структуры и избранных элементов дистанционного курса по наномеханике. Общая трудоёмкость курса по наномеханике составляет 7 зачётных единиц или 252 часа.

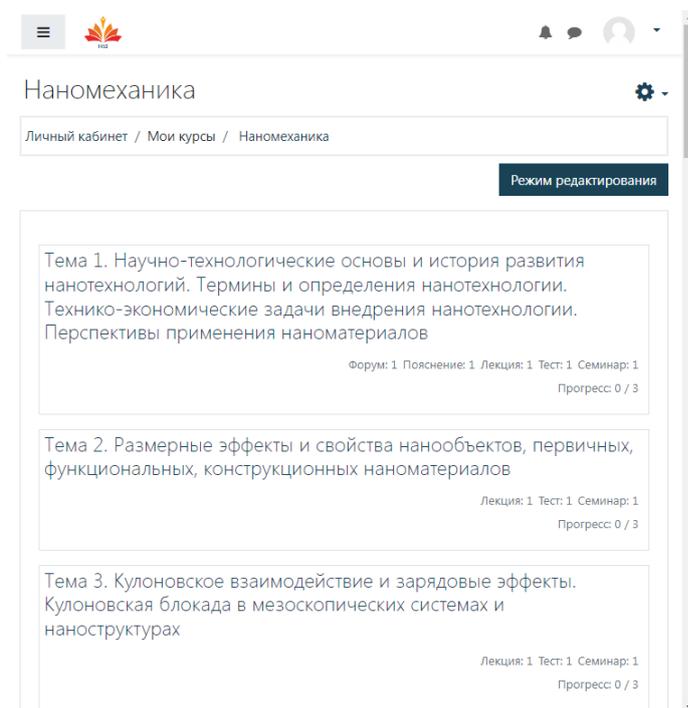


Рис. 1. Первая часть модульной структуры первой зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE

На рис. 1 приведено изображение страницы с первой частью модульной структуры первой зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 2 приведено изображение страницы с второй частью модульной структуры второй зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

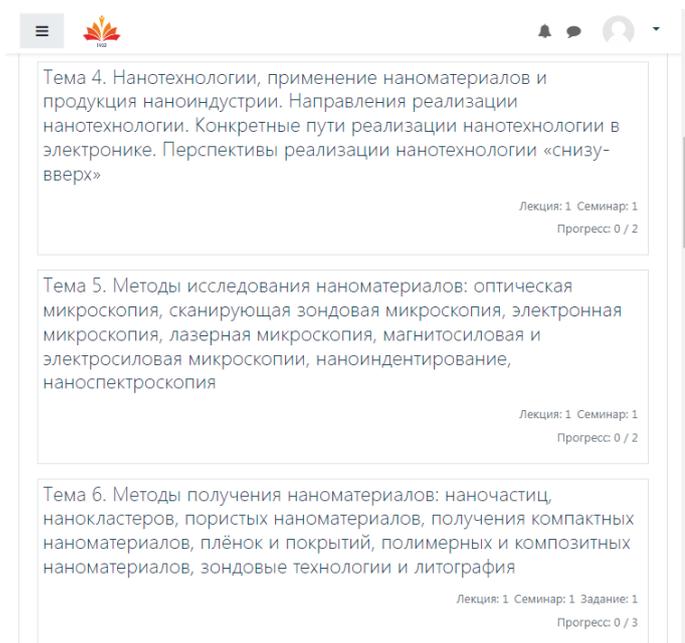


Рис. 2. Вторая часть модульной структуры второй зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE

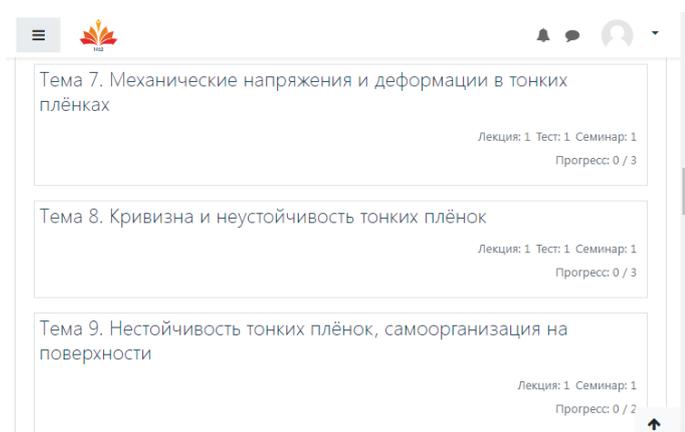


Рис. 3. Третья часть модульной структуры третьей зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE

На рис. 3 приведено изображение страницы с третьей частью модульной структуры третьей зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

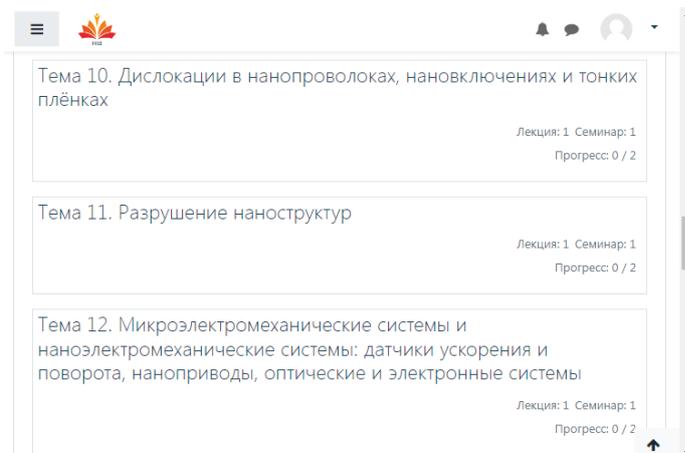


Рис. 4. Четвёртая часть модульной структуры четвёртой зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE

На рис. 4 приведено изображение страницы с четвёртой частью модульной структуры четвёртой зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

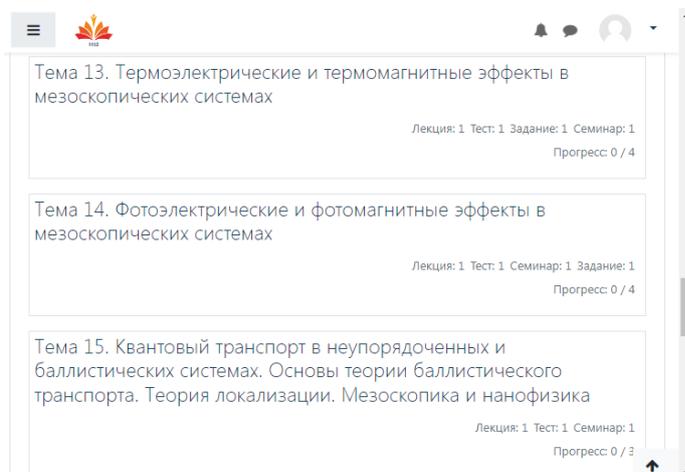


Рис. 5. Пятая часть модульной структуры пятой зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE

На рис. 5 приведено изображение страницы с пятой частью модульной структуры пятой зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 6 приведено изображение страницы с шестой частью модульной структуры шестой зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 7 приведено изображение страницы с седьмой частью модульной структуры седьмой зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

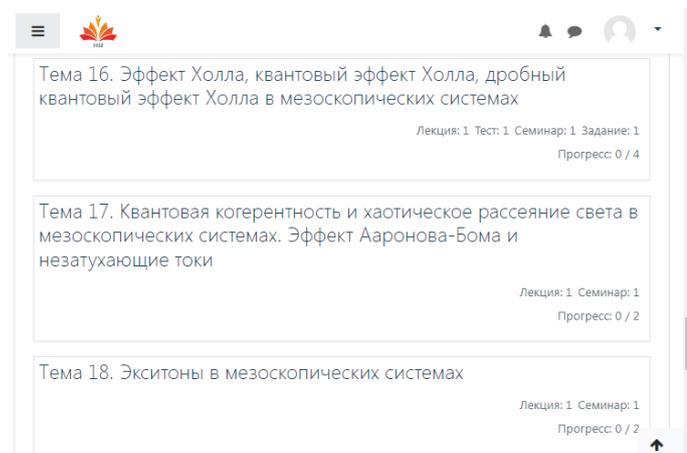


Рис. 6. Шестая часть модульной структуры шестой зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE

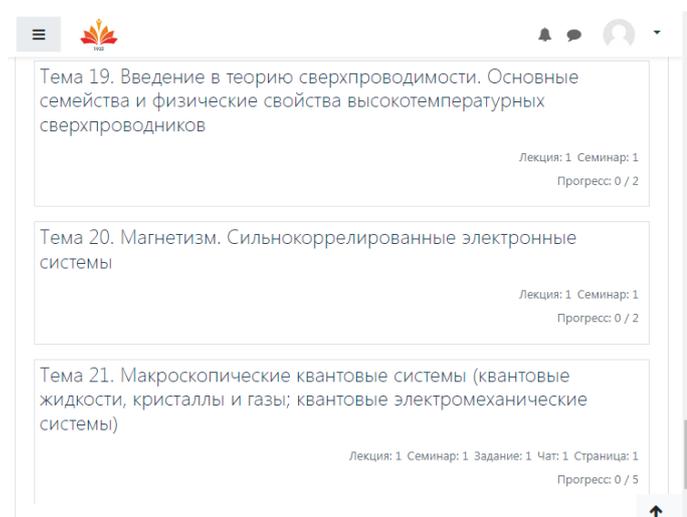


Рис. 7. Седьмая часть модульной структуры седьмой зачётной единицы дистанционного курса по наномеханике, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE

Дистанционный курс наномеханики содержит 21 элемент в виде лекций в системе управления обучением MOODLE. Первая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению технологических основ и истории развития нанотехнологий, терминов и определений нанотехнологии, технико-экономических задач внедрения нанотехнологии, перспективы применения наноматериалов. Вторая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению размерных эффектов и свойств нанообъектов, первичных, функциональных, конструкционных наноматериалов. Третья лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению кулоновского взаимодействия и зарядовых эффектов, кулоновской блокады в мезоскопических системах и наноструктурах. Четвёртая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению нанотехнологий, применения наноматериалов и продукции наноиндустрии, направлений реализации нанотехнологии, путей реализации нанотехнологии в электронике, перспектив реализации нанотехнологии «снизу-вверх». Пятая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению методов исследования наноматериалов таких, как оптическая микроскопия, сканирующая зондовая микроскопия, электронная микроскопия, лазерная микроскопия, магнитосиловая и электросиловая микроскопии, наноиндентирование, наноспектроскопия. Шестая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению методов получения наноматериалов. Седьмая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению механических напряжений и деформации в тонких плёнках. Восьмая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению кривизны и неустойчивости тонких плёнок. Девятая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению нестойчивости тонких плёнок, самоорганизации на поверхности. Десятая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению дислокаций в нанопроволоках, нановключениях и тонких плёнках. Одиннадцатая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым разрушению наноструктур. Двенадцатая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению микроэлектромеханических систем и наноэлектромеханических систем. Тринадцатая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению термоэлектрических и термомагнитных эффектов в мезоскопических системах. Четырнадцатая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению фотоэлектрических и фотомагнитных эффектов в мезоскопических системах. Пятнадцатая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению квантового транспорта в неупорядоченных и баллистических системах, основ теории баллистического транспорта, теория локализации в мезоскопике и нанофизике. Шестнадцатая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению эффекта Холла, квантового эффекта Холла, дробного квантового эффекта Холла в мезоскопических системах. Семнадцатая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению квантовой когерентности и хаотического рассеяния света в мезоскопических системах, эффекта Ааронова–Бома и незатухающих токов. Восемнадцатая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению экситонов в мезоскопических системах. Девятнадцатая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению теории сверхпроводимости, основных семейств и физических свойств высокотемпературных сверхпроводников. Двадцатая лекция является элементом дистанционного курса по наномеха-

нике, посвящённым рассмотрению магнетизма и сильнокоррелированных электронных систем. Двадцать первая лекция является элементом дистанционного курса по наномеханике, посвящённым рассмотрению макроскопических квантовых систем таких, как квантовые жидкости, кристаллы и газы, квантовые электромеханические системы.

Дистанционный курс по наномеханике содержит 35 занятий, из которых 21 семинар, 9 тестов, 2 задания с рефератами, 3 контрольные работы. Первое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде теста по классификации нанообъектов. Второе занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению классификации нанообъектов, классиков нанотехнологии, перспектив экономического развития и применения наноматериалов. Третье занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде теста по размерным эффектам. Четвёртое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению размерных эффектов и свойств нанообъектов, первичных, функциональных, конструкционных наноматериалов. Пятое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде теста по кулоновскому взаимодействию и зарядовым эффектам. Шестое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению кулоновского взаимодействия и зарядовых эффектов, кулоновской блокады в мезоскопических системах и наноструктурах. Седьмое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению нанотехнологий, применения наноматериалов и продукции наноиндустрии, направлений реализации нанотехнологии, путей реализации нанотехнологии в электронике, перспективы реализации нанотехнологии «снизу-вверх». Восьмое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению методов исследования наноматериалов таких, как оптическая микроскопия, сканирующая зондовая микроскопия, электронная микроскопия, лазерная микроскопия, магнитосиловая и электросиловая микроскопии. Девятое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению методов получения наноматериалов. Десятое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде задания с контрольной работой. Одиннадцатое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде теста по механическим напряжениям и деформациям в тонких плёнках. Двенадцатое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению механических напряжений и деформации в тонких плёнках. Тринадцатое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде теста по кривизне и неустойчивости тонких плёнок. Четырнадцатое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению кривизны и неустойчивости тонких плёнок. Пятнадцатое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению неустойчивости тонких плёнок, самоорганизации на поверхности. Шестнадцатое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению дислокаций в нанопроволоках, нановключениях и тонких плёнках. Семнадцатое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению разрушению наноструктур. Восемнадцатое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению микроэлектромеханических систем и наноэлектромеханических систем. Девятнадцатое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде теста по термоэлектрическим и термомагнитным эффектам в мезоскопических системах. Двадцатое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде задания с рефератом. Двадцать первое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению термоэлектрических и термомагнитных эффектов в

мезоскопических системах. Двадцать второе занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде теста по фотоэлектрическим эффектам в мезоскопических системах. Двадцать третье занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению фотоэлектрических и фотомагнитных эффектов в мезоскопических системах. Двадцать четвёртое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде задания с рефератом. Двадцать пятое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде теста по основам баллистического транспорта. Двадцать шестое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению квантового транспорта в неупорядоченных и баллистических системах, основ теории баллистического транспорта, теории локализации в мезоскопике и нанофизике. Двадцать седьмое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде теста по эффекту Холла. Двадцать восьмое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению эффекта Холла, квантового эффекта Холла, дробного квантового эффект Холла в мезоскопических системах. Двадцать девятое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде задания с контрольной работой. Тридцатое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению квантовой когерентности и хаотического рассеяния света в мезоскопических системах, эффекта Ааронова–Бома и незатухающих токов. Тридцать первое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению экситонов в мезоскопических системах. Тридцать второе занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению теории сверхпроводимости, основных семейств и физических свойств высокотемпературных сверхпроводников. Тридцать третье занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению магнетизма и сильнокоррелированных электронных систем. Тридцать четвёртое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде семинара, посвящённого обсуждению макроскопических квантовых систем. Тридцать пятое занятие дистанционного курса по наномеханике реализовано в виде задания с контрольной работой.

Приведём примеры избранных задач курса наномеханики.

Задача 1. Прямоугольный образец полупроводника  $n$ -типа с размерами  $a = 50$  мм,  $b = 5$  мм и  $\delta = 1$  мм помещён в магнитное поле с индукцией  $B = 0.5$  Тл. Вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости образца. Под действием напряжения  $U_a = 0.42$  В, приложенного вдоль образца, по нему протекает ток  $I_a = 20$  мА. Измерения показывают электродвижущую силу Холла  $U_a = 6.25$  мВ. Найти удельную проводимость, подвижность и концентрацию носителей заряда для этого полупроводника, полагая, что электропроводность обусловлена носителями только одного знака.

Решение.

Удельное сопротивление полупроводника  $\rho = \frac{U_a b \delta}{I_a a} = \frac{0.42 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{-3}} = 2.1 \cdot 10^{-3}$  Ом·м. Отсюда следует, что удельная проводимость  $\gamma = 1/\rho = 480$  См/м. Коэффициент Холла вычисляем по формуле  $R_H = \frac{U_H \delta}{I_a B} = \frac{6.25 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 0.5} = 6.25 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/Кл.

Концентрация электронов  $n = (R_H e)^{-1} = (6.25 \cdot 10^{-4} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19})^{-1} = 10^{22}$  м<sup>-3</sup>. Из выражения  $\gamma = en\mu_n$  следует, что подвижность электронов  $\mu_n = \gamma R_H = 480 \cdot 6.25 \cdot 10^4 = 0.3$  м<sup>2</sup>/(В·с).

Задача 2. В кремнии  $n$ -типа с концентрацией доноров  $N_d = 2 \cdot 10^{21}$  м<sup>-3</sup> при температуре  $T_1 = 20$  К коэффициент Холла  $R_{H1} = 428$  м<sup>3</sup>/Кл, а при температуре  $T_2 = 40$  К  $R_H = 0.21$  м<sup>3</sup>/Кл. Определить энергию ионизации доноров.

Решение.

Концентрация носителей заряда при  $T = 40$  К  $n = (R_H e)^{-1} = (0.21 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19})^{-1} =$

$2.98 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ . Поскольку  $n \ll N_d$ , можно воспользоваться формулой

$$n = \sqrt{N_c N_d} \exp[\Delta W_d / (2kT)] . \quad (1)$$

Тогда коэффициент Холла

$$R_H = \frac{1}{ne} = \frac{\exp[-\Delta W_d / (2kT)]}{e\sqrt{N_c N_d}} . \quad (2)$$

Учитывая, что  $N_c \sim T^{3/2}$ , приходим к соотношению

$$\ln \frac{R_{H2} T_2^{3/4}}{R_{H1} T_1^{3/4}} = \frac{\Delta W_d}{2k} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) . \quad (3)$$

Отсюда находим энергию ионизации доноров

$$\Delta W_d = \frac{2k \ln[R_{H2} T_2^{3/4} (R_{H1} T_1^{3/4})]}{1/T_2 - 1/T_1} = \frac{2 \cdot 8.625 \cdot 10^{-5} \ln[0.21 \cdot 40^{3/4} / (428 \cdot 20^{3/4})]}{1/40 - 1/20} . \quad (4)$$

Вычисляем значение энергии доноров  $\Delta W_d = 4.9 \cdot 10^{-2} \text{ эВ}$ .

Задача 3. Определить тензор электропроводности для электронов в металле в однородных электрическом и магнитном полях. Электроны считать вырожденными.

Решение.

Стационарное уравнение Больцмана при наличии постоянных  $\mathbf{E}$ ,  $\mathbf{H}$  имеет вид

$$-e \left( \mathbf{E} + \frac{1}{c} [\mathbf{v}, \mathbf{H}] \right) \frac{\partial f}{\partial \mathbf{p}} = -\frac{f - f_0}{\tau} . \quad (5)$$

Если  $\varepsilon(p) = p^2 / (2m)$ , то при замене  $f$  в левой части на  $f_0$ , член с  $\mathbf{H}$  обращается в нуль. Поэтому

$$-e(\mathbf{v}, \mathbf{E}) \frac{\partial f_0}{\partial \varepsilon} - \frac{e}{c} [\mathbf{v}, \mathbf{H}] \frac{\partial (f - f_0)}{\partial \mathbf{p}} = -\frac{f - f_0}{\tau} . \quad (6)$$

Ищем решение данного уравнения в виде

$$f = f_0 - \mathbf{v} \cdot \mathbf{a} \frac{\partial f_0}{\partial \varepsilon} , \quad (7)$$

где  $\mathbf{a}$  – неизвестный вектор.

Подставляя предполагаемое  $f$  в уравнение Больцмана, получаем для вектора  $\mathbf{a}$  уравнение

$$-e(\mathbf{v}, \mathbf{E}) + (\mathbf{a} [\mathbf{v}, \boldsymbol{\omega}]) = \frac{1}{\tau} (\mathbf{v}, \mathbf{a}) , \quad (8)$$

где  $\boldsymbol{\omega} = e\mathbf{H} / (mc)$ . Отсюда

$$-e\mathbf{E} + [\boldsymbol{\omega}, \mathbf{a}] = \frac{1}{\tau} \mathbf{a} . \quad (9)$$

Умножая поочередно обе части этого уравнения на  $\boldsymbol{\omega}$  сперва скалярно, а потом векторно, получаем два уравнения, из которых и находим вектор  $\mathbf{a}$ :

$$\mathbf{a} = -\frac{e\tau}{1 + \omega^2 \tau^2} (\mathbf{E} + \tau^2 (\boldsymbol{\omega}, \mathbf{E}) \boldsymbol{\omega} + \tau [\boldsymbol{\omega}, \mathbf{E}]) . \quad (10)$$

Отсюда

$$j_\alpha = -e^2 \int_0^\infty \left( -\frac{\partial f_0}{\partial \varepsilon} \right) \frac{\tau v^2}{3(\omega^2 \tau^2 + 1)} [\delta_{\alpha\beta} + \tau^2 \omega_\alpha \omega_\beta \pm (1 - \delta_{\alpha\beta}) \tau \omega_\gamma] E_\gamma \frac{2d\mathbf{p}}{(2\pi\hbar)^3} ,$$

где

$$\delta_{\alpha\beta} = \begin{cases} 1, & \alpha = \beta, \\ 0, & \alpha \neq \beta, \end{cases}$$

$\omega = e|\mathbf{H}|/(mc)$ . В последнем выражении берётся знак «плюс» или знак «минус» в зависимости от чётности или нечётности перестановки  $\alpha, \beta, \gamma$  по отношению к  $x, y, z$ .

Если поле направлено по оси OZ, то

$$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \frac{ne^2}{m_n} \frac{\tau(\mu)}{1 + \omega^2\tau(\mu)}, \quad (11)$$

$$\sigma_{yx} = -\sigma_{xy} = \frac{ne^2}{m_n} \frac{\omega\tau(\mu)}{1 + \omega^2\tau^2(\mu)}, \quad (12)$$

$$\sigma_{zz} = \frac{ne^2}{m_n} \tau(\mu), \quad (13)$$

$$\sigma_{xz} = \sigma_{yz} = \sigma_{zy} = \sigma_{zx} = 0. \quad (14)$$

На основе анализа работ [16–23] показано, что курс наномеханики обладает рядом преимуществ перед другими формами обучения, такими как гибкость графика, доступность и возможность обучения в удобное время. Дистанционный курс наномеханики построен с использованием модульной технологии построения курса, позволяющей эффективно управлять темпом продвижения по курсу наномеханики. Разработанный дистанционный курс наномеханики позволяет применять смешанную технологию преподавания курса наномеханики мезоскопических систем и структур в университете. Технология дистанционного обучения становится всё более популярной и востребованной образовательной технологией в условиях непрерывного развития современных образовательных технологий. Технологии дистанционного обучения позволяют успешно использовать их для достижения высоких результатов в изучении курса наномеханики мезоскопических систем и структур. Результаты исследования могут быть использованы для разработки новых методик преподавания курса наномеханики.

## Результаты педагогического эксперимента

Педагогический эксперимент проводился в муниципальном бюджетном общеобразовательном учреждении города Ульяновска «Гимназия № 21» школе с 25 ноября 2024 года по 31 декабря 2024 года. Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение города Ульяновска «Гимназия № 21» является научно-исследовательской, творческой лабораторией, организующей поиск, разработку, апробацию и внедрение нового содержания образования, системы его управления. На протяжении многих лет школа сотрудничает с такими учреждениями, как ФГБОУ ВО «УлГПУ имени И. Н. Ульянова», УлГУ, УлГТУ, колледжами и средними специальными учебными заведениями города Ульяновска. На протяжении последних семи лет гимназия входит в топ-25 лучших школ Ульяновской области, обеспечивающих высокое качество подготовки обучающихся.

Кабинет физики в гимназии расположен на втором этаже здания, занимая площадь 60-72 м<sup>2</sup>, включая основное помещение и примыкающую лаборантскую комнату (16-32 м<sup>2</sup>) с двумя выходами, позволяющими выйти в коридор и учебную зону. В классе расставлены три ряда по 6 электрифицированных парт с регулируемой высотой и встроенными розетками с напряжением 42 В для ученических столов, расстояние между рядами равно 0.6 м, расстояние от первой парты до доски составляет примерно 2.7 м. В классе имеется демонстрационный стол с напряжением 220 В. На передней стене доминирует магнитная классная доска с проекционным экраном, над которой висит плакат по технике безопасности с крупными надписями: «Не включайте приборы

без разрешения учителя!», «Стеклянную посуду держите двумя руками!», «При работе с нагревательными элементами используйте защитные перчатки!». Слева от доски размещена интерактивная панель для трёхмерного моделирования физических процессов, справа размещён плакат по основным формулам механики с уравнениями. На боковых стенах развешаны портреты учёных (Ньютон, Эйнштейн, Кюри, Ломоносов) с цитатами, например: «Что знает физик — то может инженер» (Ж. Фребель), а также тематические плакаты: «Законы Ньютона» (с иллюстрациями и формулами), «Шкала электромагнитных волн» (с диаграммой от радиоволн до гамма-излучения), «Таблица Менделеева» и «Физические константы». Учительский демонстрационный стол, стоящий на подиуме, оборудован регулируемым блоком питания от 0 В до 30 В, цифровой лабораторией с датчиками температуры, давления и силы тока, трубкой Ньютона для демонстрации свободного падения, генератором Ван-де-Граафа, маятником Максвелла и оргстеклянным защитным экраном; рядом расположен шкаф с реактивами в герметичных контейнерах и огнетушителем. В лаборантской комнате хранятся микроскопы, ртутные термометры в сейфе, журналы инструктажей по технике безопасности и паспорта приборов, а на полках находятся учебники физики, сборники олимпиадных задач и журналы по физике. Освещение кабинета физики включает естественный свет из окон с жалюзи и люминесцентные лампы, на потолке смонтирована система электроснабжения с аварийным выключателем у доски. Кабинет физики в гимназии представляет собой современное пространство, сочетающее традиционные физические эксперименты и цифровые технологии. Его оснащение соответствует требованиям федерального государственного образовательного стандарта, что позволяет ученикам не только изучать теорию, но и развивать навыки исследований и критического мышления.

Педагогический эксперимент проводился в двух классах с разной профильной направленностью: в 10 А физико-математическом классе, где учащиеся углублённо изучают точные науки на основе рабочей программы В. А. Касьянова, профиль 10-11 класс, «Дрофа», 2017 (5 часов в неделю), и в 10 Б гуманитарном классе на основе рабочей программы В.А. Касьянова, профиль 10-11 класс, «Дрофа», 2017, ориентированном на литературу, историю и языки. Этот уникальный образовательный проект позволил сравнить эффективность инновационных методик преподавания в условиях разной мотивации и когнитивных стратегий учащихся. В то время как физико-математический класс демонстрировал естественную склонность к аналитическому мышлению и экспериментальной работе, гуманитарный класс проявил неожиданную гибкость в освоении междисциплинарных связей, что особенно ярко проявилось при изучении прикладных аспектов физики.

10 А класс представляет собой коллектив из 25 учеников, который демонстрирует разнообразие интересов, высокую активность и постепенное взросление, характерное для старшей школы. Класс был сформирован после перехода из средней школы. Общий уровень успеваемости находится на среднем уровне с тенденцией к повышению. В 10 А классе выделяются несколько групп. Первую группу составляют активисты-отличники, которые участвуют в олимпиадах (особенно по математике, физике и литературе), часто выступают за честь школы, а также являются лидерами в учебных дискуссиях и помогают одноклассникам. Вторую группу составляют стабильные «хорошисты», которые усердны, но редко выходят за рамки учебной программы, предпочитают работать на результат, фокусируясь на профильных предметах, поскольку обучаются в классе с техническим уклоном. Третью группу в 10 А составляют ученики сложной группы, которые иногда пропускают занятия, не всегда выполняют задания, но при этом некоторые из них проявляют таланты в творчестве или спорте, что смягчает конфликты с учителями. Большинство осознаёт важность подготовки к единому государственному экзамену. На уроках активны в обсуждении тем, связанных с будущей профессией (про-

граммирование, инженерия). Парты в классе расставлены в три ряда по 2 человека в каждой. Учителя периодически меняют рассадку для улучшения дисциплины и работы в группах. На лабораторных работах по физике класс делится на команды по 4 или 5 человек. Лидеры-отличники обычно распределяют роли, что повышает эффективность. Класс представляет собой сплочённый коллектив, но делится на микрогруппы по интересам: спортсмены, энтузиасты информационных технологий, творческие личности (музыканты, художники). Ребята помогают друг другу перед контрольными работами, делятся конспектами. Особенно заметна солидарность во время подготовки к школьным мероприятиям. Конкуренция проявляется мягко, в основном среди отличников. Преобладает позитивный настрой. Юмор является важной частью общения: ученики любят мемы, шутки на уроках (иногда граничащие с нарушением дисциплины). 10 А часто побеждает в спортивных соревнованиях (особенно в футболе и волейболе). Несколько человек из 10 А класса участвуют в экологических акциях по сбору макулатуры и посадке деревьев. Многие увлекаются киберспортом, программированием, а также современными танцами и фотографией. 10 А класс представляет собой живой, амбициозный класс с потенциалом роста. Им не хватает усидчивости, но их энергия, креативность и взаимовыручка создают уникальную среду, где каждый может найти себя. При грамотной поддержке педагогов и родителей к концу 11 класса они смогут добиться высоких результатов.

10 Б класс представляет собой дружный коллектив из 24 учеников, отличающийся творческой атмосферой и гуманитарной направленностью. Учащиеся проявляют особый интерес к литературе, истории, иностранным языкам и обществознанию, демонстрируя глубокие аналитические способности в этих дисциплинах. На уроках они активно участвуют в дискуссиях, умеют аргументированно выражать свою точку зрения и с удовольствием берутся за проекты, связанные с исследованием культурных и социальных явлений. Несмотря на гуманитарный уклон, класс показывает стабильную успеваемость и по естественнонаучным предметам, хотя мотивация к ним несколько ниже. Ученики 10 Б обладают ярко выраженными творческими способностями: многие пишут стихи, участвуют в театральных постановках, побеждают в олимпиадах по литературе и иностранным языкам. В коллективе царит доброжелательная атмосфера, конфликты возникают редко, а совместные мероприятия только укрепляют командный дух. Слабые стороны 10 Б класса заключаются в недостаточной вовлечённости в точные науки такие, как физика и математика, некоторые ученики склонны откладывать выполнение задач на последний момент.

В 10 А классе на входной диагностике по физике ученики получили 3 отметки «отлично», 8 отметок «хорошо», 12 отметок «удовлетворительно», 2 отметки «неудовлетворительно». Абсолютная успеваемость учеников 10 А класса на входной диагностике составила 92 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость учеников 10 А класса на входной диагностике составила 44 %, что соответствует допустимому уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся 10 А класса на входной диагностике составила 51 %, что соответствует допустимому уровню степени обученности.

В 10 А классе на самостоятельной работе ученики получили 5 отметок «отлично», 7 отметок «хорошо», 11 отметок «удовлетворительно», 2 отметки «неудовлетворительно». Абсолютная успеваемость учеников 10 А класса на самостоятельной работе составила 92 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость учеников 10 А класса на самостоятельной работе составила 48 %, что соответствует допустимому уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся 10 А класса на самостоятельной работе составила 55.04 %, что соответствует допустимому уровню степени обученности.

В 10 А классе на контрольной работе ученики получили 8 отметок «отлично», 13 отметок «хорошо», 4 отметки «удовлетворительно». Абсолютная успеваемость учеников 10 А класса на контрольной работе составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость учеников 10 А класса на контрольной работе составила 84 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся 10 А класса на контрольной работе составила 71.04 %, что соответствует оптимальному уровню степени обученности.

В 10 Б классе на входной диагностике по физике ученики получили 3 отметки «отлично», 9 отметок «хорошо», 8 отметок «удовлетворительно», 4 отметки «неудовлетворительно». Абсолютная успеваемость учеников 10 Б класса на входной диагностике составила 83.3 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость учеников 10 Б класса на входной диагностике по физике составила 50 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся 10 Б класса на входной диагностике составила 51.67 %, что соответствует допустимому уровню степени обученности.

В 10 Б классе на самостоятельной работе по физике ученики получили 2 отметки «отлично», 11 отметок «хорошо», 8 отметок «удовлетворительно», 3 отметки «неудовлетворительно». Абсолютная успеваемость учеников 10 Б класса на самостоятельной работе по физике составила 87.5 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость учеников 10 Б класса на самостоятельной работе по физике составила 54.17 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся 10 Б класса на самостоятельной работе по физике составила 51.17 %, что соответствует допустимому уровню степени обученности учащихся 10 Б класса.

В 10 Б классе на контрольной работе по физике ученики получили 7 отметки «отлично», 10 отметок «хорошо», 6 отметок «удовлетворительно», 1 отметка «неудовлетворительно». Абсолютная успеваемость учеников 10 Б класса на контрольной работе составила 95.83 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость учеников 10 Б класса на контрольной работе составила 70.83 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся 10 Б класса на контрольной работе составила 65.5 %, что соответствует оптимальному уровню степени обученности учащихся 10 Б класса.

На рис. 8 приведено изображение гистограммы абсолютной успеваемости учащихся на проверочных работах по физике в ходе педагогического эксперимента.

На рис. 9 приведено изображение гистограммы качества знаний учащихся на проверочных работах по физике в ходе педагогического эксперимента.

На рис. 10 приведено изображение гистограммы степени обученности учащихся на проверочных работах по физике в ходе педагогического эксперимента.

Рассмотрим причины более высоких показателей успеваемости учеников 10 А класса. В 10 А классе, помимо основной программы, было введено изучение мезоскопической физики — раздела, исследующего системы промежуточного масштаба между макроскопическим и микроскопическим уровнем. Ученики более подробно знакомились с различными эффектами (например, с термоэлектрическими эффектами), что расширило их понимание физики и повысило интерес к физике. Дополнительные темы требовали аналитического мышления и умения работать с нестандартными задачами, что отразилось на результатах контрольных работ по физике. В 10 А классе нет неудовлетворительных оценок, в то время как в 10 Б классе есть один такой случай. 10 А класс показал значительно лучшие результаты благодаря внедрению инновационных методов обучения физике; системной работе с теоретическим материалом по физике, что подтверждается ростом среднего балла от входной диагностики к контрольной работе; степень обучен-

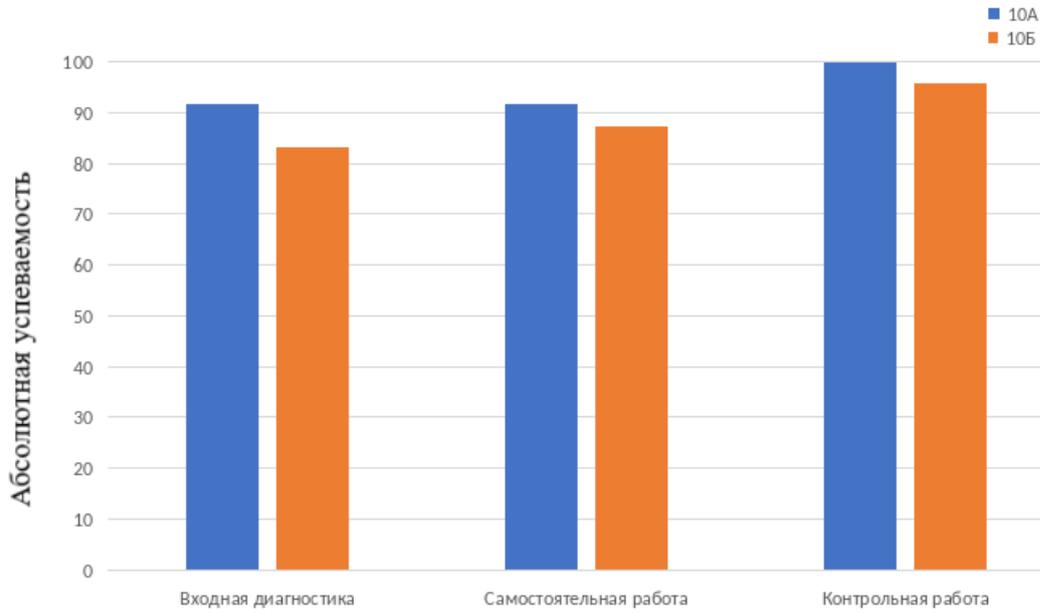


Рис. 8. Абсолютная успеваемость учащихся на проверочных работах по физике в ходе педагогического эксперимента.

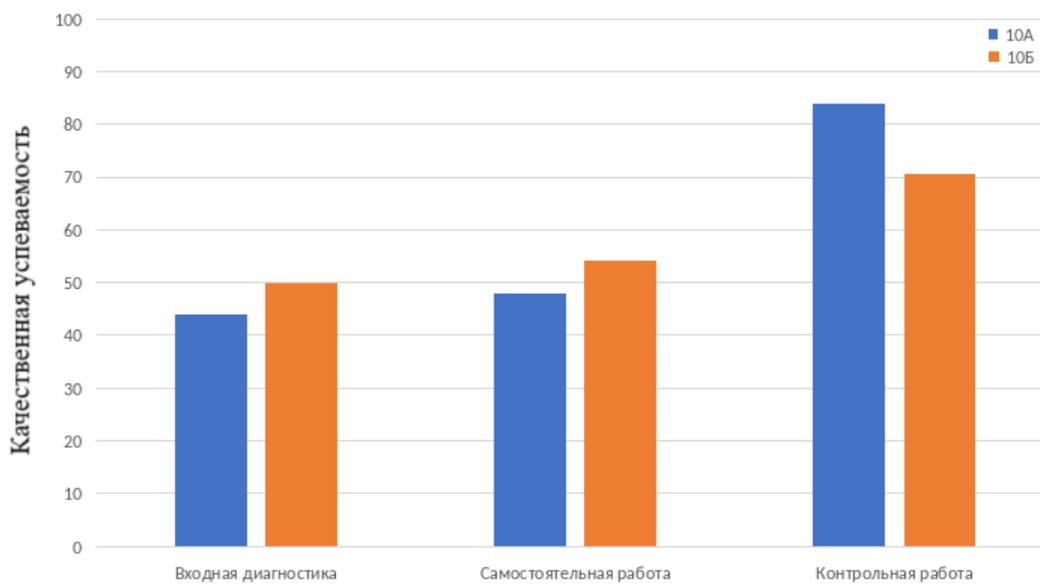


Рис. 9. Качество знаний учащихся на проверочных работах по физике в ходе педагогического эксперимента.

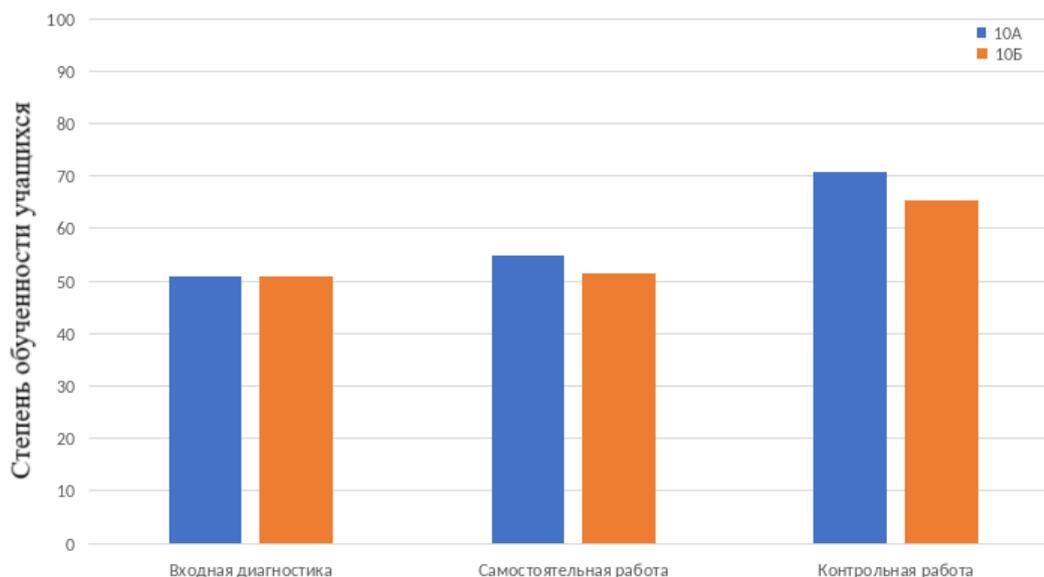


Рис. 10. Степень обученности учащихся на проверочных работах по физике в ходе педагогического эксперимента

ности на контрольной работе по физике равна 71.04 %, что соответствует оптимальному уровню степени обученности. 10 Б класс, несмотря на неплохую качественную успеваемость, отстаёт по ключевым показателям, особенно в динамике прогресса и абсолютной успеваемости.

## Заключение

Физика мезоскопических систем открывает новые горизонты для разработки высокоэффективных электронных устройств на основе мезоскопических систем, которые могут значительно улучшить производительность и функциональность электронных устройств.

Выводы по работе можно сформулировать следующим образом:

1. выполненный всесторонний анализ научной литературы показал актуальность исследования физических свойств мезоскопических систем для наполнения курса наномеханики,
2. разработанный дистанционный курс наномеханики готов к использованию в образовательном процессе педагогического университета.

Задачи работы решены полностью.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если использовать теоретические модели физических процессов в мезоскопических системах и результаты численных расчётов физических характеристик мезоскопических систем в дистанционном курсе наномеханики, то можно создать дистанционный курс, опирающийся на современные представления о физических свойствах мезоскопических систем, подтверждена полностью.

Дистанционный курс наномеханики построен с использованием модульной технологии построения курса, что позволяет эффективно управлять темпом продвижения по курсу наномеханики и применять смешанную технологию в преподавании наномеханики мезоскопических систем и структур.

Технология дистанционного обучения становится всё более популярной и востребованной образовательной технологией в условиях непрерывного развития современных

образовательных технологий с учётом возможностей Интернета и видеоконференцсвязи. Технологии дистанционного обучения позволяют успешно использовать их для достижения высоких результатов в изучении наномеханики мезоскопических систем и структур.

#### Список использованных источников

1. Ossipov Alexandre. Open mesoscopic systems: beyond the random matrix theory : Ph. D. thesis / Alexandre Ossipov ; University Goettingen Repository. — 2022. — URL: <http://dx.doi.org/10.53846/goediss-2846>.
2. Arndt Markus. Mesoscopic quantum phenomena // Compendium of quantum physics. — Springer Berlin Heidelberg, 2009. — P. 379–384. — ISBN: 9783540706267. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-70626-7\\_118](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-70626-7_118).
3. Barbara Bernard. Mesoscopic systems: classical irreversibility and quantum coherence // Philosophical transactions of the Royal Society A: mathematical, physical and engineering sciences. — 2012. — sep. — Vol. 370, no. 1975. — P. 4487–4516. — URL: <http://dx.doi.org/10.1098/RSTA.2012.0218>.
4. Maiti Santanu K., Karmakar S. N. Electron transport through mesoscopic closed loops and molecular bridges // Physics of zero- and one-dimensional nanoscopic systems. — Springer Berlin Heidelberg, 2007. — P. 267–304. — ISBN: 9783540726326. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-72632-6\\_9](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-72632-6_9).
5. Holden A. J. Mesoscopic devices where electrons behave like light // Advances in imaging and electron physics. — Elsevier, 1995. — P. 213–229. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S1076-5670\(08\)70111-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1076-5670(08)70111-3).
6. Anghel D. V., Parvan A. S. The statistics of mesoscopic systems and the physical interpretation of extensive and non-extensive entropies // Journal of Physics A: mathematical and theoretical. — 2018. — oct. — Vol. 51, no. 44. — P. 445002. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1751-8121/AAE1CA>.
7. Bachtold Adrian, Moser Joel, Dykman M. I. Mesoscopic physics of nanomechanical systems // Reviews of modern physics. — 2022. — dec. — Vol. 94, no. 4. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/revmodphys.94.045005>.
8. Johnson Neil F. Electron correlations in mesoscopic structures // Contemporary physics. — 1995. — nov. — Vol. 36, no. 6. — P. 377–387. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/00107519508232297>.
9. Physical properties of few electron mesoscopic rings: persistent currents, optical absorption and Raman scattering / L. Wendler [et al.] // Physica B: condensed matter. — 1996. — sep. — Vol. 227, no. 1–4. — P. 397–399. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/0921-4526\(96\)00452-8](http://dx.doi.org/10.1016/0921-4526(96)00452-8).
10. Astratov Vasily N., Ashili S. P., Kapitonov A. M. Optical properties of mesoscopic systems of coupled microspheres // PIERS online. — 2007. — Vol. 3, no. 3. — P. 278–280. — URL: <http://dx.doi.org/10.2529/PIERS060908001922>.
11. Imry Yoseph. Introduction to mesoscopic physics. — Oxford : Oxford University Press, 2001. — dec. — ISBN: 9781383021646. — URL: <http://dx.doi.org/10.1093/oso/9780198507383.001.0001>.

12. Trepas Xavier, Sahai Erik. Mesoscale physical principles of collective cell organization // Nature physics. — 2018. — jul. — Vol. 14, no. 7. — P. 671–682. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/S41567-018-0194-9>.
13. Das Mukunda P. Mesoscopic systems in the quantum realm: fundamental science and applications // Advances in natural sciences: nanoscience and nanotechnology. — 2010. — dec. — Vol. 1, no. 4. — P. 043001. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/2043-6262/1/4/043001>.
14. Bruus Henrik, Flensberg Karsten. Transport in mesoscopic systems // Many-body quantum theory in condensed matter physics. — Oxford : Oxford University Press, 2004. — sep. — P. 102–119. — ISBN: 9781383029598. — URL: <http://dx.doi.org/10.1093/oso/9780198566335.003.0007>.
15. Nonlinear thermal properties of three-terminal mesoscopic dielectric systems / Y. Ming [et al.] // Applied Physics Letters. — 2007. — oct. — Vol. 91, no. 14. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2794799>.
16. Алтунин К. К., Колесова Т. А. Разработка элементов дистанционного курса по физической нанoeлектронике в системе управления обучением MOODLE // Наука online. — 2022. — № 1 (18). — С. 88–112. — URL: <https://elibrary.ru/dutumg>.
17. Алтунин К. К., Шленкина Е. А. Разработка информационной системы поддержки изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике // Наука online. — 2022. — № 2 (19). — С. 75–88. — URL: <https://elibrary.ru/pticism>.
18. Алтунин К. К., Лебедев А. А. Разработка дистанционного курса по нанofизике в системе управления обучением MOODLE // Наука online. — 2022. — № 2 (19). — С. 60–74. — URL: <https://elibrary.ru/mpcxsbs>.
19. Алтунин К. К., Сорокина Е. О. Разработка материалов занятия по оптике нанокomпозитных материалов в курсе по оптике тонкослойных и наноструктурных покрытий // Наука online. — 2022. — № 2 (19). — С. 18–30. — URL: <https://elibrary.ru/wgfhkb>.
20. Алтунин К. К. Разработка компьютерного сопровождения изучения темы по спайзерам в курсе нанооптики // Наука online. — 2018. — № 4 (5). — С. 74–93. — URL: <https://elibrary.ru/pvxfxn>.
21. Алтунин К. К., Петрова Е. А. Разработка модульной структуры дистанционного курса «Оптика метаматериалов» в системе управления обучением MOODLE // Наука online. — 2019. — № 1 (6). — С. 50–70. — URL: <https://elibrary.ru/pgpsft>.
22. Алтунин К. К., Карташова А. А. Разработка электронного образовательного ресурса по солнечной энергетике // Наука online. — 2019. — № 2 (7). — С. 15–32. — URL: <https://elibrary.ru/omnoyk>.
23. Тимченко В. М. Проектирование дистанционного курса по физике мезоскопических систем // Наука online. — 2023. — № 4 (25). — С. 80–90. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2024/01/04252023-005.pdf>.

#### Сведения об авторах:

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

E-mail: kostya\_altunin@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

IstinaResearcherID  66185348

**Валерия Максимовна Тимченко** — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: lera.tim2002@icloud.com

ORCID iD  0009-0006-1685-9612

Web of Science ResearcherID  JRW-5516-2023

Original article  
PACS 01.40.Di  
OCIS 000.2060  
MSC 00A79

## Development of a nanomechanics course in the learning management system MOODLE

K. K. Altunin , V. M. Timchenko 

*Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia*

Submitted April 12, 2025

Resubmitted April 14, 2025

Published June 14, 2025

---

**Abstract.** The results of the development of the distance learning course on nanomechanics in the learning management system MOODLE are presented. The results of the process of developing the modular structure and selected elements of the distance learning course on nanomechanics in the learning management system MOODLE are described. The results of the pedagogical experiment on testing selected electrons of the nanomechanics course are presented.

**Keywords:** nanomechanics, mesoscopic system, course, distance learning course, pedagogical experiment

---

### References

1. Ossipov Alexandre. Open mesoscopic systems: beyond the random matrix theory : Ph. D. thesis / Alexandre Ossipov ; University Goettingen Repository. — 2022. — URL: <http://dx.doi.org/10.53846/goediss-2846>.
2. Arndt Markus. Mesoscopic quantum phenomena // Compendium of quantum physics. — Springer Berlin Heidelberg, 2009. — P. 379–384. — ISBN: 9783540706267. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-70626-7\\_118](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-70626-7_118).
3. Barbara Bernard. Mesoscopic systems: classical irreversibility and quantum coherence // Philosophical transactions of the Royal Society A: mathematical, physical and engineering sciences. — 2012. — sep. — Vol. 370, no. 1975. — P. 4487–4516. — URL: <http://dx.doi.org/10.1098/RSTA.2012.0218>.
4. Maiti Santanu K., Karmakar S. N. Electron transport through mesoscopic closed loops and molecular bridges // Physics of zero- and one-dimensional nanoscopic systems. — Springer Berlin Heidelberg, 2007. — P. 267–304. — ISBN: 9783540726326. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-72632-6\\_9](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-72632-6_9).
5. Holden A. J. Mesoscopic devices where electrons behave like light // Advances in imaging and electron physics. — Elsevier, 1995. — P. 213–229. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S1076-5670\(08\)70111-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1076-5670(08)70111-3).

6. Anghel D. V., Parvan A. S. The statistics of mesoscopic systems and the physical interpretation of extensive and non-extensive entropies // *Journal of Physics A: mathematical and theoretical*. — 2018. — oct. — Vol. 51, no. 44. — P. 445002. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1751-8121/AAE1CA>.
7. Bachtold Adrian, Moser Joel, Dykman M. I. Mesoscopic physics of nanomechanical systems // *Reviews of modern physics*. — 2022. — dec. — Vol. 94, no. 4. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/revmodphys.94.045005>.
8. Johnson Neil F. Electron correlations in mesoscopic structures // *Contemporary physics*. — 1995. — nov. — Vol. 36, no. 6. — P. 377–387. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/00107519508232297>.
9. Physical properties of few electron mesoscopic rings: persistent currents, optical absorption and Raman scattering / L. Wendler [et al.] // *Physica B: condensed matter*. — 1996. — sep. — Vol. 227, no. 1–4. — P. 397–399. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/0921-4526\(96\)00452-8](http://dx.doi.org/10.1016/0921-4526(96)00452-8).
10. Astratov Vasily N., Ashili S. P., Kapitonov A. M. Optical properties of mesoscopic systems of coupled microspheres // *PIERS online*. — 2007. — Vol. 3, no. 3. — P. 278–280. — URL: <http://dx.doi.org/10.2529/PIERS060908001922>.
11. Imry Yoseph. Introduction to mesoscopic physics. — Oxford : Oxford University Press, 2001. — dec. — ISBN: 9781383021646. — URL: <http://dx.doi.org/10.1093/oso/9780198507383.001.0001>.
12. Trepas Xavier, Sahai Erik. Mesoscale physical principles of collective cell organization // *Nature physics*. — 2018. — jul. — Vol. 14, no. 7. — P. 671–682. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/S41567-018-0194-9>.
13. Das Mukunda P. Mesoscopic systems in the quantum realm: fundamental science and applications // *Advances in natural sciences: nanoscience and nanotechnology*. — 2010. — dec. — Vol. 1, no. 4. — P. 043001. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/2043-6262/1/4/043001>.
14. Bruus Henrik, Flensberg Karsten. Transport in mesoscopic systems // *Many-body quantum theory in condensed matter physics*. — Oxford : Oxford University Press, 2004. — sep. — P. 102–119. — ISBN: 9781383029598. — URL: <http://dx.doi.org/10.1093/oso/9780198566335.003.0007>.
15. Nonlinear thermal properties of three-terminal mesoscopic dielectric systems / Y. Ming [et al.] // *Applied Physics Letters*. — 2007. — oct. — Vol. 91, no. 14. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2794799>.
16. Altunin K. K., Kolesova T. A. Development of elements of a distance course on physical nanoelectronics in the learning management system MOODLE // *Science online*. — 2022. — no. 1 (18). — P. 88–112. — URL: <https://elibrary.ru/dutumg>.
17. Altunin K. K., Shlenkina E. A. Development of an information system to support the study of the topic of metamaterial optics as part of a course on nanooptics // *Science online*. — 2022. — no. 2 (19). — P. 75–88. — URL: <https://elibrary.ru/pticsm>.
18. Altunin K. K., Lebedev A. A. Development of a distance course on nanophysics in the MOODLE learning management system // *Science online*. — 2022. — no. 2 (19). — P. 60–74. — URL: <https://elibrary.ru/mpcxsb>.

19. Altunin K. K., Sorokina E. O. Development of materials for a lesson on the optics of nanocomposite materials in a course on the optics of thin-film and nanostructured coatings // Science online. — 2022. — no. 2 (19). — P. 18–30. — URL: <https://elibrary.ru/wgfhkb>.
20. Altunin K. K. Development of computer support for studying the topic of spacers in the course of nanooptics // Science online. — 2018. — no. 4 (5). — P. 74–93. — URL: <https://elibrary.ru/pvxfxn>.
21. Altunin K. K., Petrova E. A. Development of a modular structure of the distance course “Optics of metamaterials” in the learning management system MOODLE // Science online. — 2019. — no. 1 (6). — P. 50–70. — URL: <https://elibrary.ru/pgpsft>.
22. Altunin K. K., Kartashova A. A. Development of an electronic educational resource on solar energy // Science online. — 2019. — no. 2 (7). — P. 15–32. — URL: <https://elibrary.ru/omnoyk>.
23. Timchenko V. M. Designing a distance course on the physics of mesoscopic systems // Science online. — 2023. — no. 4 (25). — P. 80–90. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2024/01/04252023-005.pdf>.

**Information about authors:**

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

E-mail: [kostya.altunin@mail.ru](mailto:kostya.altunin@mail.ru)

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

IstinaResearcherID  66185348

**Valeria Maksimovna Timchenko** — 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: [lera.tim2002@icloud.com](mailto:lera.tim2002@icloud.com)

ORCID iD  0009-0006-1685-9612

Web of Science ResearcherID  JRW-5516-2023

Научная статья  
УДК 004.77  
ББК 22.18  
ГРНТИ 20.53.23  
ВАК 1.2.3.  
PACS 01.40.Di  
OCIS 000.2060  
MSC 00A79

## Разработка дистанционного курса по моделированию наноматериалов

А. А. Родионова  <sup>1</sup>

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

Поступила в редакцию 12 мая 2025 года  
После переработки 15 мая 2025 года  
Опубликована 14 июня 2025 года

---

**Аннотация.** Представлены результаты разработки дистанционного курса по моделированию наноматериалов в системе управления обучением MOODLE. Описаны результаты разработки структуры дистанционного курса по моделированию наноматериалов, включая теоретические модули, практические задания по компьютерному моделированию.

**Ключевые слова:** курс, дистанционный курс, система управления обучением, наноматериал, моделирование наноматериалов

---

## Введение

Современные технологии требуют специалистов в области наноматериалов, но традиционные методы обучения не всегда доступны для удалённых студентов. Дистанционные курсы решают эту проблему, обеспечивая гибкость и интерактивность. Данный курс отвечает вызовам цифровизации образования и запросам промышленности на подготовку квалифицированных кадров.

Целью работы является исследование процесса разработки дистанционного курса «Моделирование наноматериалов», направленного на формирование у обучающихся компетенций в области компьютерного моделирования физических процессов в наноматериалах с использованием современных цифровых технологий.

Для достижения указанной цели в работе поставлены следующие задачи исследования:

1. анализ литературы по методам моделирования наноматериалов,
2. разработка структуры курса по моделированию наноматериалов, включая теоретические модули, практические задания по компьютерному моделированию.

---

<sup>1</sup>E-mail: rod\_nastay\_0000@mail.ru

Объектом исследования является процесс обучения моделированию наноматериалов с применением дистанционных образовательных технологий.

Предметом исследования является система методологических и технологических аспектов разработки дистанционного курса по моделированию наноматериалов.

Методами исследования являются компьютерные методы разработки дистанционных курсов, анализ научной литературы по моделированию наноматериалов. Материалами исследования являются платформа для дистанционного обучения MOODLE, научные публикации по моделированию наноматериалов.

Научная новизна исследования заключается в том, что разработана авторская методика преподавания моделирования наноматериалов в дистанционном формате.

Гипотеза исследования заключается в том, что дистанционный курс по моделированию наноматериалов повысит доступность и качество обучения за счёт применения дистанционных технологий и практико-ориентированных методов обучения моделированию наноматериалов.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что исследование расширяет методологическую базу дистанционного обучения в сфере модулирования физических процессов в наноматериалах, систематизирует подходы к моделированию физических процессов в наноматериалах и предлагает новые принципы организации образовательного процесса. Практическая значимость исследования заключается в том, что дистанционный курс по моделированию наноматериалов может быть использован в вузах и научных центрах для подготовки специалистов в области нанотехнологий.

Технология дистанционного обучения становится всё более популярной и востребованной образовательной технологией в условиях непрерывного развития современных образовательных технологий с учётом возможностей Интернета и видеоконференцсвязи. Технологии дистанционного обучения позволяют успешно использовать их для достижения высоких результатов в изучении компьютерного моделирования наноматериалов.

Базой исследования для создания дистанционного курса по дисциплине «Моделирование наноматериалов» в системе управления обучением MOODLE является образовательный портал ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова».

## Обзор

Моделирование наноматериалов — это многогранная область, которая объединяет различные вычислительные и имитационные методы для прогнозирования и улучшения свойств и производительности наноматериалов. Наноматериалы на основе углерода, такие как графен и углеродные нанотрубки, требуют индивидуальных подходов к моделированию из-за их сложных механизмов, работающих в различных временных и пространственных масштабах. Эти модели имеют решающее значение для проектирования новых материалов с определёнными функциональными возможностями и постоянно развиваются, чтобы включать в себя новейшие разработки в этой области [1]. В статье [1] рассматриваются различные методы моделирования для наноматериалов на основе углерода и полученных композитов/устройств, подчеркиваются сильные и слабые стороны и области применения, а также демонстрируется потенциал моделирования в адаптации материалов для конкретных функций и систем. В статье [1] рассматриваются различные методы моделирования для наноматериалов на основе углерода, таких как графен и углеродные нанотрубки. В статье [1] подчёркивается, что на характеристики этих материалов влияют механизмы в различных временных и пространственных масштабах, что требует индивидуальных подходов, основанных на типе материала, размере и внутренней структуре. В статье [1] подчёркиваются сильные и слабые стороны различных методов анализа и моделирования, демонстрируются их потенциальные

области применения и текущие достижения в подходах к моделированию для проектирования новых материалов и функций. Вычислительные подходы, включая имитацию и моделирование, всё чаще пользуются предпочтением по сравнению с традиционными экспериментальными методами для понимания изготовления и характеристики наноматериалов. Эти методы позволяют точно предсказывать условия роста и структурный анализ, предоставляя руководство для выбора подходящего программного обеспечения и теорий для проектирования наноматериалов [2]. В работе [2] изучается эффективность вычислительных подходов в прогнозировании условий роста и характеристик наноматериалов, подчёркивая роль моделирования и имитаций в передовых исследованиях и разработках устройств и структур на основе наноматериалов. Моделирование наноматериалов включает использование вычислительных подходов для прогнозирования условий роста и эффективной характеристики структур. В работе [2] подчёркивает важность моделирования для понимания условий и результатов изготовления, предлагая руководство по выбору подходящего программного обеспечения и теорий для проектирования. Этот метод позволяет исследователям систематически оценивать условия процесса перед началом сложных экспериментальных испытаний, тем самым улучшая разработку наноматериалов и устройств на основе наноматериалов. В целом, моделирование играет решающую роль в продвижении исследований в этой области [2]. Моделирование наноматериалов распространяется на различные структуры, включая нанокристаллы и нанотрубки, и имеет важное значение для приложений в нанoeлектронике, где такие материалы, как сегнетоэлектрики и ферромагнетики, моделируются с учётом их динамических свойств [3]. В работе [3] рассматриваются результаты вычислительных подробных исследований (симуляция, моделирование и расчёты) структур, основных свойств и особенностей различных наноматериалов (нанокристаллов, наночастиц, нанослоёв, нановолокон, нанотрубок и т. д.) на основе различных элементов, включая органические и биологические компоненты, такие как аминокислоты и пептиды и т. д. Моделирование наноматериалов включает вычислительные исследования различных наноструктур, таких как нанокристаллы, наночастицы и нанотрубки, с акцентом на их структурах и свойствах. Это включает моделирование динамики и кинетики, особенно для сегнетоэлектриков и ферромагнетиков, которые необходимы для приложений в нанoeлектронике. В работе [3] также делается упор на компьютерное моделирование композитов с полимерными сегнетоэлектриками и графеноподобными структурами, используя такие методы, как теория функционала плотности и молекулярная динамика, для анализа их поведения и характеристик. Машинное обучение стало преобразующим инструментом в проектировании наноматериалов, позволяя проводить предиктивное моделирование, которое ориентируется в обширном пространстве параметров атомного состава и структурной морфологии. Модели машинного обучения, использующие такие методы, как нейронные сети и машины опорных векторов, с высокой точностью предсказывают критические свойства, такие как проводимость и термическая стабильность. Эти модели также включают трансферное обучение для адаптации к новым типам материалов, что снижает вычислительные затраты и ускоряет процесс открытия новых наноматериалов в электронике [4, 5]. В работе [4] машинное обучение используется для разработки предиктивных моделей для проектирования наноматериалов, повышая производительность в электронике за счёт оптимизации свойств материалов и производительности устройств с помощью методологий, управляемых данными, и методов трансферного обучения. Моделирование наноматериалов в работе [4] включает использование методов машинного обучения для прогнозирования свойств материалов и повышения производительности в электронике. В работе [4] используются контролируемые модели обучения, обученные на обширных наборах данных, с упором на ключевые атрибуты, такие как проводимость и термическая стабильность. Благодаря

включению проектирования признаков и трансферного обучения модели эффективно перемещаются по сложному пространству параметров наноматериалов, что приводит к повышению точности и снижению экспериментальной нагрузки. Интеграция машинного обучения в проектирование наноматериалов преобразует электронику, позволяя использовать предиктивное моделирование для улучшения свойств материалов и производительности устройств. Наноматериалы с их уникальными характеристиками и широким применением в полупроводниках, батареях и датчиках являются ключом к следующему поколению электронных достижений. Однако оптимизация свойств наноматериалов требует навигации в обширном пространстве параметров, охватывающем атомный состав, структурную морфологию и функциональные характеристики, с которыми традиционные экспериментальные подходы в одиночку с трудом справляются. Этот подход, управляемый данными, ускоряет цикл проектирования и облегчает открытие новых наноматериалов для электронных приложений.

В статье [6] разработана и реализована интегрированная структура моделирования, имитации и визуализации наноматериалов, а экспериментальные результаты показывают, что предлагаемый подход осуществим и эффективен. Моделирование наноматериалов включает создание параметрических моделей таких материалов, как графен, углеродные нанотрубки и металлоорганические каркасы, для понимания их микроструктуры и макроскопических свойств. В статье [6] представлен интегрированный подход, который объединяет моделирование, имитацию и визуализацию, используя список смежности для эффективного представления структуры и алгоритм разбиения пространства октодерева для быстрой реконструкции. Эта система позволяет интерактивно редактировать модели, сохраняя физическую достоверность, обеспечивая эффективную минимизацию энергии и итеративное моделирование без громоздких преобразований файлов.

В статье [7] разработана онлайн-платформа наноинформатики, которая аннотирует наноструктуры и предоставляет наборы инструментов машинного обучения для моделирования свойств и биоактивности наноматериалов, что позволяет прогнозировать на основе данных и синтезировать новые наноматериалы с улучшенной безопасностью и эффективностью. В статье [7] представлена платформа наноинформатики, которая облегчает моделирование наноматериалов, предоставляя машиночитаемые файлы данных и наборы инструментов моделирования. Она обеспечивает стандартизацию данных, визуализацию и разработку моделей машинного обучения для прогнозирования свойств и биоактивности новых наноматериалов. Платформа аннотировала наноструктуры 14 типов материалов и включает библиотеку виртуальных наноструктур с их прогнозируемыми свойствами, что значительно помогает синтезу и разработке безопасных и эффективных наноматериалов для сообщества наноинформатики [7].

В статье [8] представлены результаты моделирования и имитации наноматериалов, которые дают хорошую подборку потенциальных задач и проблем, которые можно решить с помощью моделирования и имитации. Моделирование наноматериалов включает использование передовых вычислительных методов, таких как моделирование молекулярной динамики и теория функционала плотности, для понимания поведения и свойств материалов в атомном масштабе. Эти методы приобрели популярность благодаря своей способности справляться со сложными системами, раскрывая понимание механической деформации, эволюции дефектов и электронных структур. Недавние исследования объединяют моделирование в атомном масштабе с машинным обучением для улучшения проектирования и открытия материалов, решая проблемы в наноматериалах, где традиционные экспериментальные данные ограничены.

В статье [9] обсуждается создание базы данных наноматериалов, которая облегчает моделирование наноматериалов, предоставляя аннотированные наноструктуры и

физико-химические свойства. Она включает 705 уникальных наноматериалов с шестью свойствами каждый, генерируя 2142 нанодескриптора для приложений машинного обучения. База данных поддерживает исследования моделирования наноинформатики, управляемые данными, позволяя предсказывать моделирование свойств и биоактивности наноматериалов. Этот ресурс направлен на улучшение рационального проектирования наноматериалов и улучшение применения наноматериалов в различных областях, включая доставку лекарств и экологическую безопасность.

В работе [10] показано, что математическое моделирование необходимо для понимания и прогнозирования поведения наносистем и играет решающую роль в проектировании и оптимизации наноустройств и процессов. В работе [11] рассматривается моделирование механических и термических свойств наноматериалов и нанокompозитов и показано, что добавление наночастиц/композитов в базовый материал может улучшить термические и структурные свойства.

В работе [12] разработана математическая модель материала для наноматериала, используя модель виртуальной внутренней связи для получения различных результатов.

В работе [13] представлен подход к моделированию биологических эффектов наноматериалов на основе интеллектуального анализа данных, который показывает, что различные биологические эффекты имеют разную точность моделирования при использовании одного и того же набора алгоритмов и данных.

В работе [14] сообщается о влиянии молекулярного моделирования на разработку наноматериалов и представляют три тематических исследования для конкретных применений в полимерных нанокompозитах, нанодиэлектриках и литий-ионных аккумуляторах.

В статье [15] представлен и обсуждается ряд недавних вдохновляющих приложений моделирования QSAR и дескрипторов для наноматериалов с акцентом на подходы, которые пытаются описать взаимодействия, происходящие на нанобиоинтерфейсе.

В статье [16] создан новый вычислительный рабочий процесс для виртуального профилирования наночастиц путём создания структурно разнообразной библиотеки виртуальных золотых наночастиц и разработки новых универсальных нанодескрипторов, которые подходят для количественного моделирования виртуальных золотых наночастиц и целей виртуального скрининга.

В работе [17] представлены результаты компьютерного моделирования неорганических наноматериалов, представляющего собой доступное и унифицированное введение в различные методы моделирования неорганических материалов, размеры которых приближаются к наномасштабу.

В работе [18] представлены два различных иерархических подхода к описанию механики наноматериалов, а также систематическое сравнение с точки зрения точности и области применимости. В работе [18] представлены два иерархических подхода к моделированию наноматериалов: модель на основе континуума, полученная из упругости кристалла, и модель виртуального атомного кластера. Эти модели оценивают механику наноматериалов, подчеркивая связи между структурой и свойствами и их связь с атомистическими моделями.

В работе [19] представлено мультифизическое моделирование путей и восстановления наночастиц в окружающей среде, позволяющее оценить распределение наноматериалов в окружающей среде. Математические модели и моделирование помогают понять пути, транспортировку и взаимодействие наноматериалов в окружающей среде и оптимизировать процессы восстановления. Моделирование наноматериалов включает использование математических моделей и мультифизического моделирования для оценки распределения, транспортировки и восстановления наноматериалов в окружа-

ющей среде. Текущие модели включают анализ потока материалов, мультимедийные компартментальные модели и пространственные модели рек и водосборов, решая проблемы восстановления наночастиц.

В работе [20] представлены теоретические основы трёх наиболее широко используемых методов атомистического моделирования: методы первых принципов, сильной связи и молекулярной динамики, а также некоторые подробные демонстрации их применения в моделировании наноматериалов. Моделирование наноматериалов использует вычислительное моделирование, включая методы первых принципов, сильной связи и молекулярной динамики, для исследования взаимосвязей структура-свойство и проектирования искусственных структур. Эти методы дают представление о физических явлениях в наномасштабе, которые сложно измерить экспериментально, улучшая проектирование и применение наноматериалов.

В статье [21] предлагается математическая онтологическая модель области наноматериалов со сложными структурами и терминами из онтологий органической химии и физической химии. В статье [21] предлагается математическая онтологическая модель для наноматериалов, интегрирующая термины из органической и физической химии. Эта модель направлена на улучшение интеллектуальных систем моделирования путём предоставления формального описания наноматериалов, облегчая объединение знаний и данных между дисциплинами.

В работе [22] обсуждается компьютерное моделирование наноструктурированных материалов, а два стандартных метода моделирования систем нанометрового масштаба — молекулярная динамика и моделирование Монте-Карло. Моделирование наноматериалов в первую очередь использует молекулярную динамику и моделирование Монте-Карло для исследования явлений на атомном уровне, прогнозирования новых материалов и анализа механических свойств. Улучшенные подходы к многомасштабному моделированию необходимы для соединения атомного моделирования с макроскопическими измерениями в наноструктурированных материалах.

В статье [23] рассматривается трёхуровневая (микроуровень, мезоуровень, макроуровень) схема моделирования структуры наноматериалов на основе физики квантово-размерных мезочастиц. Моделирование наноматериалов предполагает трёхуровневую схему из микроуровня, мезоуровня, макроуровня на основе квантово-размерных мезочастиц. В статье [23] используется топология квантовой плотности для микроструктуры и динамика теплового поля для макроструктуры, классифицируя физические и химические мезопроцессы через неэквивалентные квантово-размерные преобразования.

В статье [24] разработана модель классификатора опорных векторов с гибридным генетическим алгоритмом (GA-SVMC) для прогнозирования токсичности наноматериалов. Моделирование наноматериалов включает характеристику материалов с использованием таких атрибутов, как размер, площадь поверхности и химический состав. В статье [24] предлагается модель опорных векторов с гибридным генетическим алгоритмом для прогнозирования токсичности наноматериалов, что повышает точность прогнозирования и обобщение в задачах классификации.

В статье [25] была предложена теоретическая модель электронного уровня для выявления физико-химической природы зависящей от размера поверхностной реактивности наноматериалов, показывающая, что конкурентное перераспределение поверхностных атомных орбиталей из расширенных энергетических зонных состояний в локализованные поверхностные химические связи является критическим электронным процессом поверхностных химических взаимодействий, используя хемосорбцию  $\text{H}_2\text{O}_2\text{-TiO}_2$  в качестве модельной реакции. В статье [25] предлагается математическая модель, определяющая «орбитальный потенциал» для описания электронных характеристик, влияющих на поверхностную реактивность в наноматериалах. Она исследует, как уменьшение

размера модулирует поверхностную реактивность посредством конкурентного перераспределения поверхностных атомных орбиталей в хемосорбции  $\text{H}_2\text{O}_2\text{-TiO}_2$ .

В работе [26] обсуждаются основные атомистические методы моделирования, включая молекулярную динамику и методы Монте-Карло, для моделирования взаимодействий между биологическими молекулами и наноматериалами, с упором на межмолекулярные силы и многомасштабное моделирование для улучшения понимания этих сложных физических взаимодействий на различных уровнях. В работе [26] обсуждается разработка и применение атомистических методов моделирования, таких как молекулярная динамика, Монте-Карло и крупнозернистая молекулярная динамика, для изучения взаимодействия биомолекул, таких как аминокислоты, пептиды, белки и нуклеотиды дезоксирибонуклеиновой кислоты, с функциональными наноматериалами на различных длинах и временных масштабах.

Компьютерное моделирование наноматериалов представляет собой высокоточный вычислительный процесс, основанный на методах квантовой механики и квантовой электродинамики (например, методы матрицы плотности или молекулярной динамики), который позволяет предсказывать структуру, свойства и поведение материалов на наноуровне. Используя суперкомпьютеры и алгоритмы машинного обучения, исследователи анализируют атомные взаимодействия, фазовые переходы, механические и электронные характеристики, что ускоряет разработку инновационных наноструктур, включающих углеродные нанотрубки или квантовые точки, для применения в нанoeлектронике, оптоэлектронике и солнечной энергетике.

В совокупности эти подходы подчёркивают важность вычислительного моделирования в продвижении науки о наноматериалах, предлагая идеи, которые направляют экспериментальный синтез и улучшают характеристики материалов.

## **Проектирование структуры дистанционного курса по моделированию наноматериалов**

Объём дистанционного курса по моделированию наноматериалов составляет 4 зачетные единицы или 144 часа.

Первая тема дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению введения в моделирование наноматериалов. Вторая тема дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению методов моделирования на микроуровне и макроуровне. Третья тема дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению молекулярной динамики в моделировании наноматериалов. Четвёртая тема дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению метода Монте-Карло и его применения для моделирования наноматериалов. Пятая тема дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению квантово-механических методов моделирования наноматериалов. Шестая тема дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению моделирования механических свойств наноматериалов. Седьмая тема дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению тепловых и транспортных свойств наноматериалов. Восьмая тема дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению моделирования оптических свойств нанокompозитов и гибридных материалов. Девятая тема дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению анализа данных с использованием языка программирования Python. Десятая тема дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению самосборки и росту наноструктур. Одиннадцатая тема дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению пакетов Maple и Mathematica как инструменты моделирования наноматериалов и оптимизации параметров наноматериалов. Двенадцатая тема дистанционного

курса по моделированию наноматериалов посвящена работе с научной литературой и подготовке научной публикации в LaTeX и XeLaTeX в пакете MikTeX.

Разработка курса по моделированию наноматериалов в системе управления обучением MOODLE представляет собой многоэтапный процесс, начинающийся с анализа целевой аудитории и потребностей образования. На первом этапе формируется концепция курса, определяются его цели и задачи, проводится анализ современных подходов к обучению моделированию наноматериалов, а также оцениваются аналогичные образовательные программы. Далее разрабатывается структура курса, включающая логичное распределение модулей, тем и практических заданий, которые должны постепенно усложняться, обеспечивая системное освоение материала. Затем создаётся учебно-методическое обеспечение дистанционного курса по моделированию наноматериалов: лекции, презентации, видеоуроки, интерактивные материалы и дополнительные ресурсы, адаптированные для дистанционного формата настройки совместимости с платформой MOODLE. После подготовки контента курс загружается в систему, где каждому модулю присваиваются элементы в виде лекций, тестов, заданий и форумов для обсуждений. На этом этапе важна настройка автоматической проверки заданий, системы оценивания и обратной связи, что повышает эффективность обучения. Далее проводится тестирование функциональности курса: проверяется корректность отображения материалов, работа интерактивных элементов и техническая стабильность интеграции с модельными программами. После устранения выявленных недостатков курс апробируется на фокус-группе студентов и преподавателей, собирается их обратная связь, которая позволяет доработать содержание и методику подачи материала. Завершающим этапом становится официальный запуск курса и его масштабирование на целевую аудиторию, включая студентов вузов, аспирантов и специалистов, занимающихся нанотехнологиями. Одновременно внедряются инструменты мониторинга успеваемости и аналитики, позволяющие оценивать прогресс обучающихся и вносить дальнейшие корректировки. Постоянное обновление курса с учётом новых научных достижений в области наноматериалов и совершенствования цифровых обучающих технологий позволяет поддерживать его актуальность и эффективность в долгосрочной перспективе.

## **Результаты разработки структуры и элементов дистанционного курса по моделированию наноматериалов в системе управления обучением MOODLE**

Первая лекция курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению введения в моделирование наноматериалов. Вторая лекция дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению методов моделирования на микроуровне и макроуровне. Третья лекция дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению молекулярной динамики в моделировании наноматериалов. Четвёртая лекция дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению метода Монте-Карло и его применение для моделирования наноматериалов. Пятая лекция дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению квантово-механическим методам моделирования наноматериалов. Шестая лекция дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению моделированию механических свойств наноматериалов. Седьмая лекция дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению тепловым и транспортным свойствам наноматериалов. Восьмая лекция дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению моделированию оптических свойств нанокластеров и гибридных материалов. Девятая лекция дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению анализа данных с исполь-

зованием языка программирования Python. Десятая лекция дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению самосборки и роста наноструктур. Одиннадцатая лекция дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена изучению пакетов Maple и Mathematica как инструментов моделирования наноматериалов и оптимизации параметров наноматериалов. Двенадцатая лекция дистанционного курса по моделированию наноматериалов посвящена работе с научной литературой и подготовке научной публикации в LaTeX и XeLaTeX в пакете MikTeX.

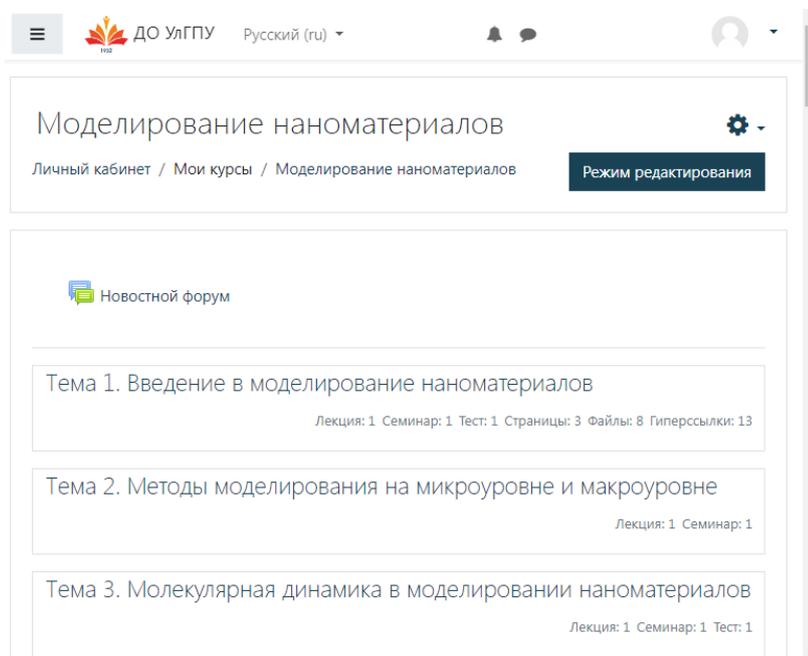


Рис. 1. Страница тематических модулей первой зачётной единицы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 1 приведено изображение страницы тематических модулей первой зачётной единицы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

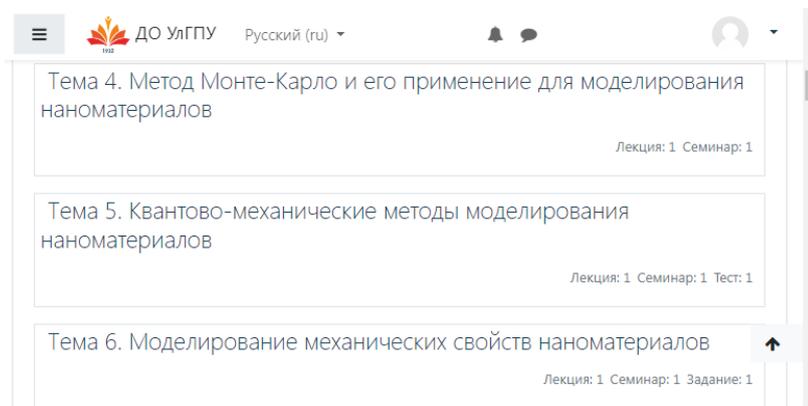


Рис. 2. Страница тематических модулей второй зачётной единицы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 2 приведено изображение страницы тематических модулей второй зачётной единицы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

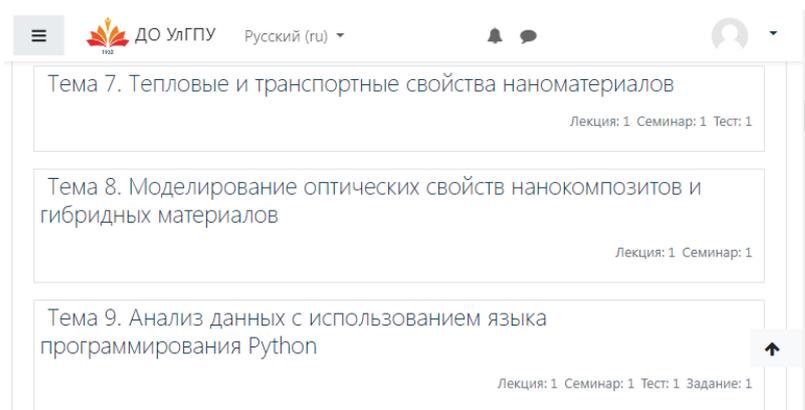


Рис. 3. Страница тематических модулей третьей зачётной единицы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 3 приведено изображение страницы тематических модулей третьей зачётной единицы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

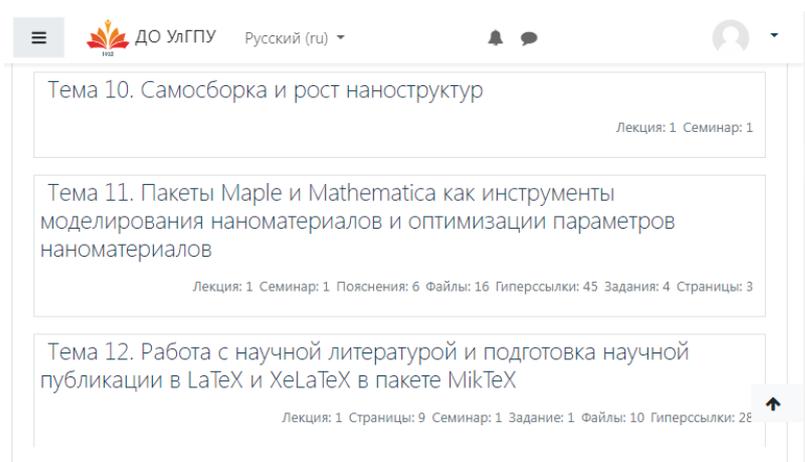


Рис. 4. Страница тематических модулей четвёртой зачётной единицы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 4 приведено изображение страницы тематических модулей четвёртой зачётной единицы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 5 приведено изображение страницы элементов первой темы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 6 приведено изображение страницы элементов второй темы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 7 приведено изображение страницы элементов третьей темы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

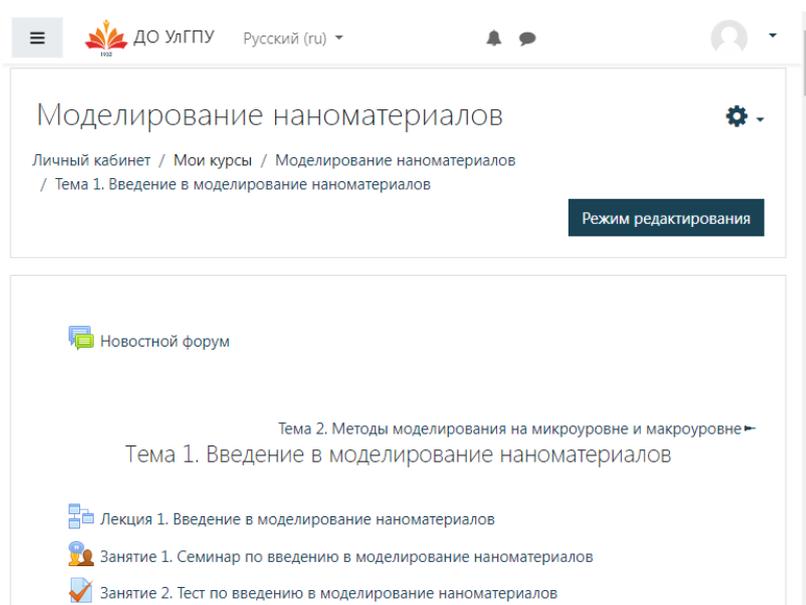


Рис. 5. Страница элементов первой темы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

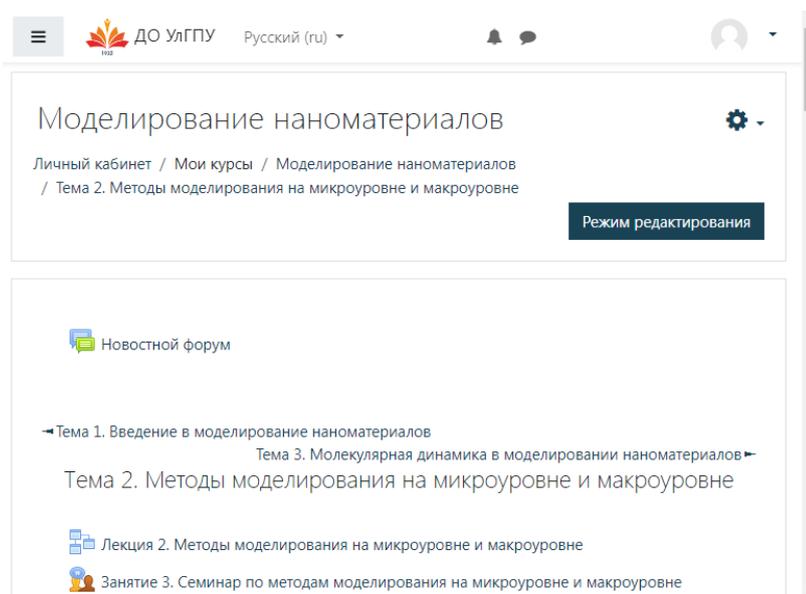


Рис. 6. Страница элементов второй темы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

Первое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме семинара по введению в моделирование наноматериалов. Второе занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме теста по введению в моделирование наноматериалов. Третье занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме семинара по методам моделирования на микроуровне и макроуровне. Четвёртое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме семинара по молекулярной динамике в моделировании наноматериалов. Пятое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме теста по молекулярной динамике в моделировании наноматериалов. Шестое занятие дистанционного курса по моде-

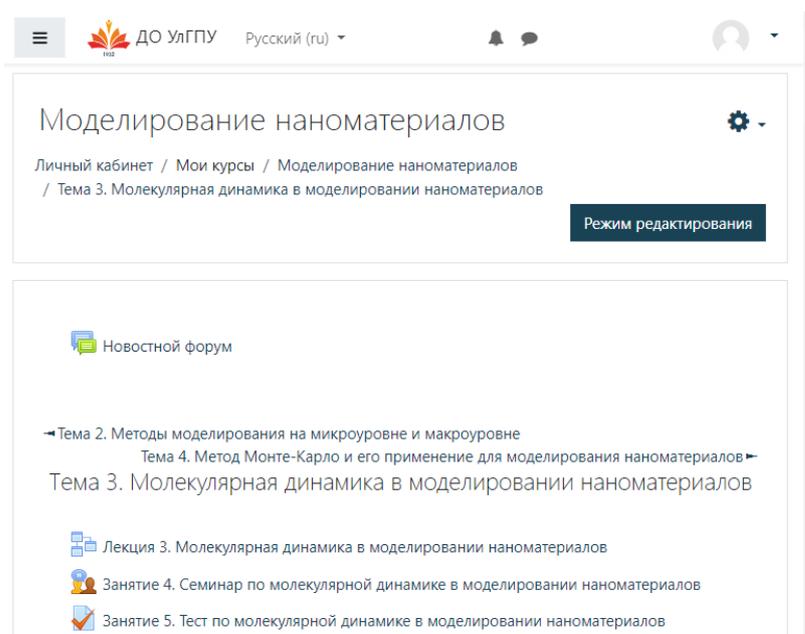


Рис. 7. Страница элементов третьей темы дистанционного курса по моделированию наноматериалов, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

лированию наноматериалов проводится в форме семинара по методу Монте–Карло и его применения для моделирования наноматериалов. Седьмое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме семинара по квантово-механическим методам моделирования наноматериалов. Восьмое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме теста по квантово-механическим методам моделирования наноматериалов. Девятое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме семинара по моделированию механических свойств наноматериалов. Десятое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме контрольной работы по моделированию механических свойств наноматериалов. Одиннадцатое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме семинара по тепловым и транспортным свойствам наноматериалов. Двенадцатое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме теста по тепловым и транспортным свойствам наноматериалов. Тринадцатое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме семинара по моделированию оптических свойств нанокompозитов и гибридных материалов. Четырнадцатое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме семинара по анализу данных с использованием языка программирования Python. Пятнадцатое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме теста по анализу данных с использованием языка программирования Python. Шестнадцатое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме обсуждения выполнения задания с рефератом по анализу данных с использованием языка программирования Python. Семнадцатое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме семинара по сборке и росту наноструктур. Восемнадцатое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме семинара по пакетам Maple и Mathematica как инструментам моделирования наноматериалов и оптимизации параметров наноматериалов. Девятнадцатое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме семинара по работе с научной литературой и подготовке научной

публикации в LaTeX и XeLaTeX в пакете MikTeX. Двадцатое занятие дистанционного курса по моделированию наноматериалов проводится в форме теста по работе с научной литературой и подготовке научной публикации в LaTeX и XeLaTeX в пакете MikTeX.

## Результаты разработки лекции по нанотехнологиям в составе дистанционного курса по моделированию наноматериалов в системе управления обучением MOODLE

Начинаем лекцию, как в отправной точке: «начиная с милли ( $10^{-3}$ ), затем микро ( $10^{-6}$ ) и теперь нано ( $10^{-9}$ ) было достигнуто на пути миниатюризации. «Малое» становится всё меньше и меньше. Это доказательство во многих областях и с большим влиянием на нашу жизнь, как это происходит с этой технологией, которая, как это ни парадоксально, имеет наибольшее. Короче говоря, «маленькое прекрасно». Вкратце, конечно, пико ( $10^{-12}$ ), затем фемто ( $10^{-15}$ ) появятся. Однако пока оставайтесь в наном мире». Нанотехнология является относительно новой темой в научных исследованиях. Однако центральные концепции существуют в течение более длительного периода.

В 1959 году Фейнман был тем, кто первым говорил о возможности применения нанотехнологий, выступая в Калифорнийском технологическом институте. В 1974 году японский профессор Норио Танигучи придумал термин «нанотехнология», работая над разработкой сверхточных станков. Он обозначил прецизионную обработку с допуском в один микрон или меньше. Инновации 80-х годов в области нанотехнологий позволили наблюдать материалы в несравненном атомном масштабе. Очень мощные компьютеры сделали возможным моделирование крупномасштабных материальных систем, изучение их структур и свойств, а также производство новых материалов.

После изобретения сканирующего туннельного микроскопа в 1981 году и открытия фуллеренов в 1985 году одним из исключительных открытий в технологических областях, рассматривающих наномасштаб, стало именно открытие углеродных нанотрубок в 1991 году. К концу 20-го века инициативы в области нанотехнологий значительно увеличили мощь нанотехнологий; и стали возможны новые огромные систематические достижения в этой области. В начале 2000-х годов дискуссии вокруг потенциальных последствий нанотехнологий и осуществимости возможных приложений, рассматривающих молекулярные нанотехнологии, заставили эту область обрести стратегический интерес, побудив правительства содействовать финансированию ее развития.

Развитие в 21 веке придало этой области консолидацию и силу, чтобы считать ее одной из самых многообещающих областей в современном обществе. Инвестиций в США достаточно, чтобы осознать масштаб и важность этого сектора. Только США инвестировали более 18 миллиардов долларов в период с 2001 по 2013 год через Национальную нанотехнологическую инициативу, намереваясь сделать этот сектор двигателем экономического роста и конкурентоспособности. Эту важность подчеркивает Роко (2011): «по состоянию на 2009 год эти новые знания лежали в основе примерно четверти триллиона долларов США мирового рынка, из которых около 91 миллиарда долларов США приходилось на продукты США, включающие наноразмерные компоненты». Сегодня среди огромных инвестиций в самые разные области нанотехнологий, примеры микропроизводства, органической химии и молекулярной биологии являются примерами, где очень крупные инвестиции в нанотехнологии делаются. Как и в других частях мира, эта растущая важность нанотехнологий также заставила Европу столкнуться с вызовом и развивать сектор как главную цель для Европейского Союза. На сайте Европейской комиссии эта цель четко определена, и развитие нанотехнологий считалось приоритетом. Таким образом, программа Horizon 2020 была направлена на «преодоление разрыва между исследованиями в области нанотехнологий и рынками и реализа-

цию потенциального вклада в устойчивый рост, конкурентоспособность, окружающую среду, высококвалифицированные рабочие места и повышение качества жизни. Необходимо устранить несколько барьеров, чтобы использовать крупномасштабное внедрение на рынок инновационных, безопасных и устойчивых продуктов с нанотехнологиями».

Манипуляция материей с использованием нанотехнологий в атомном, молекулярном и супрамолекулярном масштабе позволяет формировать структуры материалов в наномасштабе, достигая исключительных внутренних свойств, делая возможными новые и революционные приложения. Нанонаука развивается во многих различных научных областях, например, в машиностроении, химии, физике, биологии, материаловедении, а также в фармацевтике, электронике, энергетике, текстильной промышленности, производстве покрытий и живописи.

В этом наномире нанонаука изучает чрезвычайно малые вещи. Нанонаука изучает материю, частицы, структуры в масштабе нанометров (одна миллионная миллиметра, масштаб атомов и молекул). Специальные микроскопы дают возможность заглянуть в эту маленькую реальность и позволяют изготавливать и манипулировать наноэлементами. Манипулирование материалами в этом масштабе позволяет разрабатывать структуры с другими свойствами, чем в макромасштабе (квантово-механические эффекты становятся важными в наномасштабе). Получаются несколько видов материалов с определенными характеристиками в терминах электрических, механических или оптических свойств, которые определяются тем, как молекулы и атомы собираются в наномасштабе в более крупные структуры. Когда размер материала уменьшается до нанометрового диапазона, химические, физические и биологические свойства материала изменяются, что полностью отличается от свойств их отдельных атомов, молекул или объемных материалов.

Разработки в области нанонауки делают возможными инновации в очень большом наборе областей. Открытие малого мира материи, допускаемое технологией, усиливает возможность больших «приключений» в прогрессе качества жизни человечества, учитывая все эти бесчисленные области.

К концу 20-го века, в период с 1998 по 2000 год, разрозненные области наномасштабной науки и техники были объединены под единым научно обоснованным определением нанотехнологии. Это видение позволило бы дать определение, которое воспроизводится следующим образом. «Нанотехнология — это способность контролировать и реструктурировать материю на атомном и молекулярном уровнях в диапазоне приблизительно 1–100 нм и использовать различные свойства и явления в этом масштабе по сравнению с теми, которые связаны с отдельными атомами или молекулами или поведением в объеме. Цель состоит в том, чтобы создавать материалы, устройства и системы с принципиально новыми свойствами и функциями путем проектирования их малой структуры. Это конечный рубеж для экономичного изменения свойств материалов и наиболее эффективный масштаб длины для производства и молекулярной медицины. Те же принципы и инструменты применимы к различным областям релевантности и могут помочь создать объединяющую платформу для науки, инженерии и технологий в наномасштабе. Переход от поведения отдельных атомов или молекул к коллективному поведению атомных и молекулярных ансамблей встречается в природе, и нанотехнология использует этот естественный порог». После публикации этого определения в 1999 году оно будет принято в следующем году в качестве официального документа Национальным советом по науке и технологиям США).

После консультаций со многими мировыми экспертами приведенное выше определение было согласовано в тот период (1998–1999 гг.) и получило в некоторой степени международное признание. Ранее существовало концептуально иное видение, более сосредоточенное либо на малой детали заданного размера, либо на сверхточной инжене-

рии, сверхдисперсиях или создании узоров атомов и молекул на поверхностях. Представленное выше определение нанотехнологии дало бы пространство для руководства по открытию и инновациям в области нанотехнологий в будущем, во многих междисциплинарных и многодоменных видах деятельности. Для Национальной нанотехнологической инициативы США нанотехнология — это понимание и контроль материи в размерах приблизительно от 1 до 100 нанометров, где уникальные явления позволяют использовать новые приложения. Охватывая наномасштабную науку, инженерию и технологию, нанотехнология включает в себя визуализацию, измерение, моделирование и манипулирование материей в этом масштабе длины (Национальная нанотехнологическая инициатива, цитируется в Ridge, 2018). GAEU Consulting определяет нанотехнологию как область науки и техники, где явления, происходящие в наномасштабе ( $10^{-9}$  м), используются при проектировании, характеристике, производстве и применении материалов, структур, устройств и систем. Наноматериалы (материалы с по крайней мере одним измерением или аспектом ниже 100 нм) могут встречаться в природе, например, дым, сажа, пыль или песок. Другие использовались задолго до того, как стало известно, что они являются наноматериалами, например, кремний и технический углерод.

Нанотехнология охватывает науку, технику и технологию в наномасштабе, который составляет около 1–100 нанометров. Нанометр — это одна миллиардная часть метра. Для справки: толщина листа бумаги составляет около 100000 нанометров. Наноразмерная материя может вести себя иначе, чем тот же объемный материал. Например, температура плавления материала, цвет, прочность, химическая активность и многое другое могут изменяться в наномасштабе (Национальный совет по науке и технологиям, Комитет по технологиям – Подкомитет по наномасштабной науке, технике и технологиям, 2018).

Нанотехнология, как применение нанонауки, приводит к использованию новых наноматериалов и наноразмерных компонентов, позволяющих создавать полезные и революционные продукты и устройства. Поскольку нанотехнология используется для манипулирования материей (в атомном, молекулярном и супрамолекулярном масштабе), структуры материалов в наномасштабе будут достигать необычайных свойств, как было показано ранее. Подчеркивая важность областей, в которых используется нанотехнология, можно выделить некоторые области, в которых намерены представить некоторые разработки в качестве примеров огромных достижений в области нанотехнологий. Такие области, которые будут рассмотрены ниже с точки зрения примеров приложений, включают, например, здравоохранение и медицину, энергетику, промышленность (например, безопасность пищевых продуктов), электронику и информационные технологии, военную и национальную безопасность, транспорт или науку об окружающей среде, которые являются лишь некоторыми из множества областей, которые могут извлечь выгоду из этих достижений. Поскольку нанотехнология заняла привилегированное место в мире науки и техники, она позволила существенно изменить способ мышления исследователей и является ключевой в будущих технологиях и решениях.

В области современной энергетики нанотехнологии уже достигли значительных успехов, что позволяет добиться гораздо более эффективной производительности и снижения затрат. Можно привести несколько примеров применения нанотехнологий в этой области. Представим некоторые приложения в различных областях энергетики, например, в топливных элементах, солнечных батареях или батареях. В энергетическом секторе, то есть технология наноматериалов вмешивается на ряде этапов потока энергии, который начинается с первичных источников энергии и заканчивается у конечного пользователя. Есть всего несколько примеров, которые доказывают, что ограничение в невозобновляемых источниках энергии (нефть, газ, уголь и ядерная энергия) может быть решено технологическими разработками, направленными на повышение эффек-

тивности и сокращение выбросов возобновляемых источников энергии. Эти решения как в энергетике, так и в других секторах в целом требуют преодоления нескольких технологических ограничений, для которых нанотехнологии предоставляют уникальную возможность. Топливные элементы извлекли большую выгоду из разработок нанонауки и нанотехнологий. Снижение стоимости катализаторов, которые используются в топливных элементах для получения ионов водорода из топлива (например, метанола), достигается. Эти катализаторы (как в случае платины, наиболее используемой в этих процессах) могут быть очень дорогими. Для этого процесса используются наночастицы платины, что позволяет снизить стоимость процесса, как только количество платины уменьшается. Кроме того, могут также использоваться наночастицы других материалов (например, графен, покрытый наночастицами кобальта), что полностью заменяет платину с очевидным снижением затрат. Также большая эффективность достигается в мембранах, которые используются в топливных элементах в процессе разделения ионов водорода от других газов, таких как кислород. В этой ситуации мембраны, содержащиеся в топливных элементах, пропускают ионы водорода через элемент, но не другие атомы или ионы, такие как кислородные, которые не проходят. Более эффективные мембраны производятся с использованием нанотехнологий, что делает топливные элементы более прочными и маневренными. Кроме того, в ноутбуках или карманных персональных компьютерах нанотехнологии могут позволить заменить батареи небольшими топливными элементами (многие из которых используют метанол), которые служат дольше обычных батарей. Эти топливные элементы также позволяют повторно вставлять новый картридж с метанолом вместо электрической подзарядки батареи, экономя, например, время на её подзарядку. Кроме того, электромобили могут извлечь выгоду из нанотехнологических разработок топливных элементов, позволяющих заменять их батареи этими топливными элементами. Наиболее предлагаемым топливом для этих топливных элементов в автомобилях на топливных элементах является водород. Кроме того, в области солнечных элементов нанотехнологии поддерживают более низкие затраты на новые типы солнечных элементов, либо на производство, либо на установку. Батареи используются во многих областях, таких как транспорт, электроника, медицинское оборудование, электроинструменты, хранение электроэнергии. Растущие технологические возможности для улучшения плотности энергии и сокращения времени зарядки сейчас уступают место колоссальным растущим знаниям в области нанотехнологий и её потенциалу для инноваций. Новые нанотехнологические батареи могут обеспечить эти колоссальные новые преимущества (такие как сокращение времени подзарядки, увеличение доступной мощности или снижение рисков). Нанотехнологии могут повысить безопасность аккумуляторов, уменьшив или исключив вероятность короткого замыкания.

Промышленность — это экономическая сфера, где используются нанотехнологии, будучи материей, обрабатываемой на молекулярном или атомном уровне. Разработки в области нанонауки и нанотехнологий открывают новые и очень инновационные приложения в промышленности в нескольких различных областях. Действительно, нанотехнологии оказываются очень эффективными, используя очень разнообразные методы и приемы в приложениях к ряду областей, как в промышленном секторе. Разработки в области нанотехнологий позволяют улучшить, а часто и полностью преобразовать, методы и приемы промышленного производства, многие из используемых технологий и многие секторы промышленности, позволяя совершенно новый и эффективный способ производства. В любом случае, необходимо провести много исследований для сертификации этих технологий. Например, в пищевой промышленности требуются дополнительные исследования для изучения эффектов, возникающих в результате технологий переработки пищевых продуктов, материалов для упаковки пищевых продуктов или

пищевых ингредиентов, которые являются многообещающими областями, в которых нанотехнологии продвигаются и ищут потенциальные преимущества, хотя также изучаются потенциальные неблагоприятные последствия для здоровья.

## Заключение

Разработан структурированный дистанционный курс по компьютерному моделированию наноматериалов с использованием дистанционных технологий в системе управления обучением MOODLE.

Выводы по работе можно сформулировать следующим образом:

1. выполненный всесторонний анализ научной литературы показал актуальность исследования физических свойств мезоскопических систем для наполнения курса дистанционного курса по моделированию наноматериалов,
2. разработан структурированный дистанционный курс по моделированию наноматериалов, который может быть использован для подготовки специалистов в области нанотехнологий,
3. дистанционные методы обучения повышают вовлечённость студентов и качество усвоения материала дистанционного курса по моделированию наноматериалов.

Дистанционный курс по компьютерному моделированию наноматериалов построен с использованием модульной технологии построения курса, что позволяет эффективно управлять темпом продвижения по курсу по компьютерному моделированию наноматериалов и применять смешанную технологию в преподавании компьютерного моделирования наноматериалов.

Разработанный дистанционный курс по компьютерному моделированию наноматериалов готов к использованию в образовательном процессе педагогического университета с использованием дистанционных технологий в системе управления обучением MOODLE.

Гипотеза исследования, заключающаяся в том, что дистанционный курс по моделированию наноматериалов повысит доступность и качество обучения за счёт применения дистанционных технологий и практико-ориентированных методов обучения моделированию наноматериалов, подтверждена полностью.

Задачи работы решены полностью.

Теоретические аспекты внесли вклад в методику дистанционного обучения моделированию наноматериалов.

Курс может быть внедрён в образовательные программы вузов по техническим и инженерным направлениям подготовки.

## Список использованных источников

1. Modeling carbon-based nanomaterials and derived composites and devices / Agustin Chiminelli [et al.] // Sensors. — 2024. — nov. — Vol. 24, no. 23. — P. 7665. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/s24237665>.
2. Sharma Mansi, Sharma Vishal. Modelling and simulations of nanomaterials // Nanotechnology: a quick guide to materials and technologies. — BENTHAM SCIENCE PUBLISHERS, 2024. — oct. — P. 205–224. — ISBN: 9789815256772. — URL: <http://dx.doi.org/10.2174/9789815256772124010009>.
3. Bystrov Vladimir. Simulation and modeling of nanomaterials. — MDPI, 2022. — jul. — ISBN: 9783036547398. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/books978-3-0365-4740-4>.

4. Machine learning-driven nanomaterial design: predictive modeling for enhanced performance in electronics / Sheela Hundekari [et al.] // *Nanotechnology Perceptions*. — 2024. — nov. — P. 2039–2051. — URL: <http://dx.doi.org/10.62441/nano-ntp.vi.3066>.
5. Machine learning-driven nanomaterial design: predictive modeling for enhanced performance in electronics / Sheela Hundekari [et al.] // *Nanotechnology perceptions*. — 2024. — nov. — Vol. 20, no. S14. — URL: <http://dx.doi.org/10.62441/nano-ntp.v20is14.133>.
6. Integrated modeling, simulation, and visualization for nanomaterials / Feiwei Qin [et al.] // *Complexity*. — 2018. — jan. — Vol. 2018, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2018/5083247>.
7. An online nanoinformatics platform empowering computational modeling of nanomaterials by nanostructure annotations and machine learning toolkits / Tong Wang [et al.] // *Nano letters*. — 2024. — aug. — Vol. 24, no. 33. — P. 10228–10236. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.nanolett.4c02568>.
8. Modelling of low-dimensional functional nanomaterials / Kun Zhou [et al.] // *Physica status solidi (RRL) - rapid research letters*. — 2022. — mar. — Vol. 16, no. 3. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/pssr.202100654>.
9. Construction of a web-based nanomaterial database by big data curation and modeling friendly nanostructure annotations / Xiliang Yan [et al.] // *Nature communications*. — 2020. — may. — Vol. 11, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/S41467-020-16413-3>.
10. K Gupta Tejendra, Varshney Gaurav. *Mathematical modeling in nanotechnology - an overview* // *Futuristic trends in chemical material sciences and nanotechnology*. Volume 3. Book 23. — Iterative International Publishers, Selfypage Developers Pvt Ltd, 2024. — feb. — P. 176–209. — ISBN: 9789357475327. — URL: <http://dx.doi.org/10.58532/v3becs23p3ch3>.
11. Kosti Siddhartha. *Nanomaterials and nanocomposites thermal and mechanical properties modelling* // *Nanotechnology in aerospace and structural mechanics*. — IGI Global, 2019. — P. 234–256. — ISBN: 9781522579229. — URL: <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-5225-7921-2.CH007>.
12. Jadhav Chetan C. and Pawar Pratik J., Gavali Sachin R. *Implementation of VIB (virtual internal bond) model in nanomaterial by using finite element approach* // *Techno-Societal* 2018. — Springer International Publishing, 2019. — nov. — P. 391–396. — ISBN: 9783030169626. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-16962-6\\_40](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-16962-6_40).
13. *Predictive modeling of nanomaterial biological effects* / Xiong Liu [et al.] // *2012 IEEE International conference on bioinformatics and biomedicine workshops*. — IEEE, 2012. — oct. — P. 859–863. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/BIBMW.2012.6470254>.
14. Fitzgerald G., DeJoannis J., Meunier M. *Multiscale modeling of nanomaterials* // *Modeling, characterization, and production of nanomaterials*. — Elsevier, 2015. — P. 3–53. — ISBN: 9781782422280. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-78242-228-0.00001-6>.

15. Burello Enrico, Worth Andrew P. QSAR modeling of nanomaterials // WIREs nanomedicine and nanobiotechnology. — 2011. — mar. — Vol. 3, no. 3. — P. 298–306. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/WNAN.137>.
16. In silicoprofiling nanoparticles: predictive nanomodeling using universal nanodescriptors and various machine learning approaches / Xiliang Yan [et al.] // Nanoscale. — 2019. — Vol. 11, no. 17. — P. 8352–8362. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/C9NR00844F>.
17. Buckeridge John, Sokol Alexey A. One-dimensional nanosystems // Computational modeling of inorganic nanomaterials. — CRC Press, 2016. — apr. — P. 61–96. — ISBN: 9780429194184. — URL: <http://dx.doi.org/10.1201/B19528-8>.
18. Continuum-based and cluster models for nanomaterials / D. Qian [et al.] // Multiscaling in molecular and continuum mechanics: interaction of time and size from macro to nano. — Springer Netherlands, 2007. — P. 241–257. — ISBN: 9781402050619. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5008-4\\_11](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5008-4_11).
19. Maniotis N. Multiphysics simulation on nanoparticle environmental paths and recovery // Nanoparticles as sustainable environmental remediation agents. — Royal Society of Chemistry, 2023. — oct. — P. 238–263. — ISBN: 9781837670215. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/bk9781837670215-00238>.
20. Chen Zhengzheng, Chen Rong, Shan Bin. Nanomaterial design and computational modeling // Nanomedicine. — Springer New York, 2014. — P. 63–82. — ISBN: 9781461421405. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-2140-5\\_4](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-2140-5_4).
21. Artemieva Irene L., Ryabchenko Natalya V. Nanomaterials ontology model // Advanced Materials Research. — 2014. — apr. — Vol. 905. — P. 65–69. — URL: <http://dx.doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.905.65>.
22. Brenner Donald W. Computer modeling of nanostructured materials // Nanostructured materials. — Elsevier, 2007. — P. 293–328. — ISBN: 9780815515340. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-081551534-0.50009-9>.
23. Fomin A. S., Zhukovskii M. S., Beznosyuk A. S. Modeling of nanomaterial structure based on quantum-sized mesoparticles // Russian physics journal. — 2006. — jul. — Vol. 49, no. 7. — P. 754–757. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/S11182-006-0171-0>.
24. Oladele Odedele Timothy. Nanomaterials characterization using hybrid genetic algorithm based support vector machines // International journal of materials science and engineering. — 2014. — URL: <http://dx.doi.org/10.12720/IJMSE.2.2.107-114>.
25. Xiang Guolei, Wang Yang-Gang. Exploring electronic-level principles how size reduction enhances nanomaterial surface reactivity through experimental probing and mathematical modeling // Nano research. — 2021. — oct. — Vol. 15, no. 4. — P. 3812–3817. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/S12274-021-3910-1>.
26. Saikia Nabanita, Pandey Ravindra. Atomistic simulation of biological molecules interacting with nanomaterials // Modeling, characterization, and production of nanomaterials. — Elsevier, 2023. — P. 225–269. — ISBN: 9780128199053. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-819905-3.00010-5>.

**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 nanomaterial modeling

A. A. Rodionova 

*Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia*

Submitted May 12, 2025  
Resubmitted May 15, 2025  
Published June 14, 2025

---

**Abstract.** The results of the development of a distance course on modeling nanomaterials in the learning management system MOODLE are presented. The results of the development of the structure of the distance course on modeling nanomaterials, including theoretical modules, practical tasks on computer modeling, are described.

**Keywords:** course, distance learning course, learning management system, nanomaterial, nanomaterial modeling

---

### References

1. Modeling carbon-based nanomaterials and derived composites and devices / Agustin Chiminelli [et al.] // *Sensors*. — 2024. — nov. — Vol. 24, no. 23. — P. 7665. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/s24237665>.
2. Sharma Mansi, Sharma Vishal. Modelling and simulations of nanomaterials // *Nanotechnology: a quick guide to materials and technologies*. — BENTHAM SCIENCE PUBLISHERS, 2024. — oct. — P. 205–224. — ISBN: 9789815256772. — URL: <http://dx.doi.org/10.2174/9789815256772124010009>.
3. Bystrov Vladimir. Simulation and modeling of nanomaterials. — MDPI, 2022. — jul. — ISBN: 9783036547398. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/books978-3-0365-4740-4>.
4. Machine learning-driven nanomaterial design: predictive modeling for enhanced performance in electronics / Sheela Hundekari [et al.] // *Nanotechnology Perceptions*. — 2024. — nov. — P. 2039–2051. — URL: <http://dx.doi.org/10.62441/nano-ntp.vi.3066>.
5. Machine learning-driven nanomaterial design: predictive modeling for enhanced performance in electronics / Sheela Hundekari [et al.] // *Nanotechnology perceptions*. — 2024. — nov. — Vol. 20, no. S14. — URL: <http://dx.doi.org/10.62441/nano-ntp.v20is14.133>.

6. Integrated modeling, simulation, and visualization for nanomaterials / Feiwei Qin [et al.] // *Complexity*. — 2018. — jan. — Vol. 2018, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2018/5083247>.
7. An online nanoinformatics platform empowering computational modeling of nanomaterials by nanostructure annotations and machine learning toolkits / Tong Wang [et al.] // *Nano letters*. — 2024. — aug. — Vol. 24, no. 33. — P. 10228–10236. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.nanolett.4c02568>.
8. Modelling of low-dimensional functional nanomaterials / Kun Zhou [et al.] // *Physica status solidi (RRL) - rapid research letters*. — 2022. — mar. — Vol. 16, no. 3. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/pssr.202100654>.
9. Construction of a web-based nanomaterial database by big data curation and modeling friendly nanostructure annotations / Xiliang Yan [et al.] // *Nature communications*. — 2020. — may. — Vol. 11, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/S41467-020-16413-3>.
10. K Gupta Tejendra, Varshney Gaurav. Mathematical modeling in nanotechnology - an overview // *Futuristic trends in chemical material sciences and nanotechnology*. Volume 3. Book 23. — Iterative International Publishers, Selfypage Developers Pvt Ltd, 2024. — feb. — P. 176–209. — ISBN: 9789357475327. — URL: <http://dx.doi.org/10.58532/v3becs23p3ch3>.
11. Kosti Siddhartha. Nanomaterials and nanocomposites thermal and mechanical properties modelling // *Nanotechnology in aerospace and structural mechanics*. — IGI Global, 2019. — P. 234–256. — ISBN: 9781522579229. — URL: <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-5225-7921-2.CH007>.
12. Jadhav Chetan C. and Pawar Pratik J., Gavali Sachin R. Implementation of VIB (virtual internal bond) model in nanomaterial by using finite element approach // *Techno-Societal 2018*. — Springer International Publishing, 2019. — nov. — P. 391–396. — ISBN: 9783030169626. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-16962-6\\_40](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-16962-6_40).
13. Predictive modeling of nanomaterial biological effects / Xiong Liu [et al.] // *2012 IEEE International conference on bioinformatics and biomedicine workshops*. — IEEE, 2012. — oct. — P. 859–863. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/BIBMW.2012.6470254>.
14. Fitzgerald G., DeJoannis J., Meunier M. Multiscale modeling of nanomaterials // *Modeling, characterization, and production of nanomaterials*. — Elsevier, 2015. — P. 3–53. — ISBN: 9781782422280. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-78242-228-0.00001-6>.
15. Burello Enrico, Worth Andrew P. QSAR modeling of nanomaterials // *WIREs nanomedicine and nanobiotechnology*. — 2011. — mar. — Vol. 3, no. 3. — P. 298–306. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/WNAN.137>.
16. In silicoprofiling nanoparticles: predictive nanomodeling using universal nanodescriptors and various machine learning approaches / Xiliang Yan [et al.] // *Nanoscale*. — 2019. — Vol. 11, no. 17. — P. 8352–8362. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/C9NR00844F>.
17. Buckeridge John, Sokol Alexey A. One-dimensional nanosystems // *Computational modeling of inorganic nanomaterials*. — CRC Press, 2016. — apr. — P. 61–96. — ISBN: 9780429194184. — URL: <http://dx.doi.org/10.1201/B19528-8>.

18. Continuum-based and cluster models for nanomaterials / D. Qian [et al.] // Multiscale in molecular and continuum mechanics: interaction of time and size from macro to nano. — Springer Netherlands, 2007. — P. 241–257. — ISBN: 9781402050619. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5008-4\\_11](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5008-4_11).
19. Maniotis N. Multiphysics simulation on nanoparticle environmental paths and recovery // Nanoparticles as sustainable environmental remediation agents. — Royal Society of Chemistry, 2023. — oct. — P. 238–263. — ISBN: 9781837670215. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/bk9781837670215-00238>.
20. Chen Zhengzheng, Chen Rong, Shan Bin. Nanomaterial design and computational modeling // Nanomedicine. — Springer New York, 2014. — P. 63–82. — ISBN: 9781461421405. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-2140-5\\_4](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-2140-5_4).
21. Artemieva Irene L., Ryabchenko Natalya V. Nanomaterials ontology model // Advanced Materials Research. — 2014. — apr. — Vol. 905. — P. 65–69. — URL: <http://dx.doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.905.65>.
22. Brenner Donald W. Computer modeling of nanostructured materials // Nanostructured materials. — Elsevier, 2007. — P. 293–328. — ISBN: 9780815515340. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-081551534-0.50009-9>.
23. Fomin A. S., Zhukovskii M. S., Beznosyuk A. S. Modeling of nanomaterial structure based on quantum-sized mesoparticles // Russian physics journal. — 2006. — jul. — Vol. 49, no. 7. — P. 754–757. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/S11182-006-0171-0>.
24. Oladele Odedele Timothy. Nanomaterials characterization using hybrid genetic algorithm based support vector machines // International journal of materials science and engineering. — 2014. — URL: <http://dx.doi.org/10.12720/IJMSE.2.2.107-114>.
25. Xiang Guolei, Wang Yang-Gang. Exploring electronic-level principles how size reduction enhances nanomaterial surface reactivity through experimental probing and mathematical modeling // Nano research. — 2021. — oct. — Vol. 15, no. 4. — P. 3812–3817. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/S12274-021-3910-1>.
26. Saikia Nabanita, Pandey Ravindra. Atomistic simulation of biological molecules interacting with nanomaterials // Modeling, characterization, and production of nanomaterials. — Elsevier, 2023. — P. 225–269. — ISBN: 9780128199053. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-819905-3.00010-5>.

#### 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](mailto:rod_nastay_0000@mail.ru)

ORCID iD  0009-0001-1749-7450

Web of Science ResearcherID  ISA-2132-2023

Научная статья  
 УДК 004.77  
 ББК 22.18  
 ГРНТИ 20.53.23  
 ВАК 1.2.3.  
 PACS 01.40.Di  
 OCIS 000.2060  
 MSC 00A79

## Разработка онлайн-курса по учебной дисциплине «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи»

Ю. А. Новикова  <sup>1</sup>

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

Поступила в редакцию 27 мая 2025 года

После переработки 29 мая 2025 года

Опубликована 14 июня 2025 года

---

**Аннотация.** Представлены результаты разработки онлайн-курса по учебной дисциплине «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

**Ключевые слова:** курс, онлайн-курс, практикум, электрическая цепь, решение задач

---

### Введение

В условиях растущего интереса к олимпиадам по физике и необходимости подготовки конкурентоспособных участников возникает потребность в систематизации методов решения сложных физических задач. В настоящее время существует дефицит учебно-методических материалов для обучения решению олимпиадных задач на электрические цепи. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения уровня подготовки обучающихся к олимпиадам по физике, где физические задачи на электрические цепи являются одними из наиболее сложных физических задач.

Целью исследования является разработка эффективной методики обучения решению олимпиадных задач по электрическим цепям для повышения качества подготовки обучающихся к олимпиадам по физике.

Задачи исследования:

1. составить обзор литературы по существующим методикам обучения решению задач на электрические цепи, методам и алгоритмам решения задач на электрические цепи,
2. разработать элементы методики преподавания курса по решению олимпиадных задач по физике с применением различных методов к конкретным олимпиадным задачам на электрические цепи, включающие универсальные алгоритмы и подходы к решению олимпиадных задач на электрические цепи,

---

<sup>1</sup>E-mail: ulian1499@gmail.com

3. создать систему физических задач для отработки навыков решения олимпиадных задач на электрические цепи в составе курса в виде практикума по решению олимпиадных задач по физике,
4. разработать и апробировать методику обучения решению физических задач на электрические цепи,
5. оценить эффективность предложенной методики обучения решению физических задач на электрические цепи на практике через её апробацию.

Объектом исследования является процесс обучения решению олимпиадных задач по электрическим цепям.

Предметом исследования является формирование умений решать олимпиадные задачи по физике на электрические цепи с применением современных методов, приёмов и алгоритмов решения олимпиадных задач.

Гипотеза научного исследования состоит в том, что применение подхода к обучению решению физических задач на электрические цепи, включающего правила Кирхгофа, метод контурных токов и анализ баланса мощностей, позволит существенно повысить эффективность решения олимпиадных задач на электрические цепи в курсе практикума по решению олимпиадных задач по физике.

Методы исследования включают в себя всесторонний анализ существующих методик решения задач на электрические цепи, проектирование процесса решения олимпиадных задач на электрические цепи, экспериментальную проверку эффективности разработанной методики преподавания курса по решению олимпиадных задач по физике. Материалы исследования включают в себя научную литературу по теории электрических цепей, сборники олимпиадных задач по физике, печатные пособия и электронные учебные пособия по решению олимпиадных задач на электрические цепи.

Научная новизна исследования заключается в том, что создана комплексная методика, объединяющая различные подходы к решению олимпиадных задач по физике на электрические цепи с применением современных методов и алгоритмов решения олимпиадных задач.

Теоретическая значимость научного исследования состоит в том, что исследование вносит вклад в развитие методической базы преподавания олимпиадной физики, предлагая систематизированный подход к решению сложных олимпиадных задач на электрические цепи для углубления понимания процессов решения сложных задач на электрические цепи.

Практическая значимость научного исследования состоит в том, что разработанная методика может быть использована учителями физики для подготовки обучающихся к олимпиадам по физике различного уровня и повышения результативности обучающихся на олимпиадах по физике.

Базой исследования для создания дистанционного курса по дисциплине «Практикум решения олимпиадных задач по физике» является образовательный портал ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова».

## **Обзор методик обучения решению задач на электрические цепи**

Обучение студентов решению задач в электрических цепях является важнейшим компонентом образования в области электротехники. Были разработаны и внедрены различные методики для улучшения навыков решения задач у студентов, начиная от традиционных подходов до инновационных, технологически обоснованных решений. В этом разделе рассматриваются различные методы обучения решению задач в электрических цепях с использованием соответствующих исследовательских работ.

Одним из эффективных методов является подход перевёрнутого класса, который меняет традиционный формат лекций и домашних заданий. Студенты должны смотреть предварительно записанные лекции и решать простые задачи перед посещением занятий. Это даёт больше времени для занятий по решению задач в классе, где студенты могут работать над более сложными задачами под руководством преподавателей. В статье [1] было показано, что этот подход улучшает навыки решения задач и вовлечённость студентов. В статье [1] описываются постоянные усилия по внедрению подхода перевёрнутого класса для преподавания курса электрических цепей, чтобы выделить больше времени на решение проблем в классе и, следовательно, улучшить навыки решения проблем у студентов. В статье [1] описывается модифицированный подход перевёрнутого класса для преподавания электрических цепей, подчеркивающий навыки решения проблем. Студенты смотрят записанные лекции и динамически решаемые задачи перед занятиями. Занятия в классе сосредоточены на сложных проблемах, способствуя обсуждениям и командной работе. Подход поощряет определение типов проблем и применение соответствующих концепций. Кроме того, использование подробных презентаций PowerPoint и пошаговых решений поддерживает понимание студентов.

Другой метод заключается в использовании методики обучения в мастерской, где студенты работают в небольших группах для решения задач. Этот подход поощряет сотрудничество и активное обучение, поскольку студенты обсуждают и делятся своими решениями. Исследования показали, что этот метод может привести к лучшему пониманию и запоминанию концепций анализа цепей по сравнению с традиционными методами индивидуального решения проблем [2]. В работе [2] рассматриваются два основных метода обучения решению проблем электрических цепей: традиционная «система доски» и альтернативная «система командной работы». В традиционном методе учащиеся индивидуально решают примерные схемы у доски, в то время как в методе командной работы учащиеся сотрудничают в небольших группах для поиска решений. В работе [2] исследование сравнивает эффективность этих подходов при обучении методу тока сетки и методу напряжения узла, делая вывод, что традиционный метод обеспечивает больший прогресс в обучении среди учащихся. В работе [2] был проведён дидактический эксперимент с целью сравнения традиционного метода обучения, основанного на индивидуальной работе учащихся у доски, с альтернативным методом, использующим методы командной работы, связанные с представлением достигнутых результатов.

Обучение на основе исследования является методом, который побуждает студентов исследовать и открывать концепции с помощью направляемых вопросов и задач. Было показано, что этот подход улучшает критическое мышление и навыки решения проблем, поскольку студенты активно вовлечены в процесс обучения. Виртуальные приложения и практические занятия часто используются для поддержки этого метода, предоставляя студентам практический опыт анализа цепей [3]. В работе [3] исследование выявило различные методики обучения решению проблем в электрических цепях, включая лекции, демонстрации, эксперименты, задания по решению проблем, обсуждения и использование образовательных технологий, таких как симуляции и виртуальные лаборатории. Эти разнообразные методы направлены на поощрение активного обучения, повышение вовлечённости студентов и содействие более глубокому пониманию сложных концепций. В работе [3] исследование подчёркивает важность интеграции практического опыта с теоретическими знаниями для развития всестороннего концептуального понимания электрических цепей среди студентов.

Уникальный метод подразумевает использование подхода, похожего на головоломку, для обучения анализу цепей. Этот метод представляет студентам простые схемы и постепенно вводит более сложные задачи, позволяя им шаг за шагом развивать свои навыки решения проблем. Использование примеров с отрицательными случаями, таких

как разделы «Когда что-то идёт не так», помогает студентам учиться на распространённых ошибках и понимать практические последствия анализа цепей.

Использование инструментов виртуального моделирования, таких как программные пакеты MATLAB и MULTISIM, становится все более популярным в обучении электрическим цепям. Эти инструменты позволяют студентам анализировать и моделировать цепи виртуально, обеспечивая визуальный и интерактивный опыт обучения. Этот метод не только улучшает понимание студентами поведения цепей, но и готовит их к реальным приложениям в электротехнике [4]. В статье [4] сочетание анализа электрических цепей со специализированным математическим программным обеспечением, которое использует преимущества виртуального анализа в обучении электротехнике, повышает интерес студентов, не только облегчая восприятие учебного материала, но и создавая возможности для дальнейших экзаменов, объясняющих физические процессы. В статье [4] подчёркивается инновационное сочетание MATLAB и MULTISIM для обучения анализу электрических цепей. Такой подход повышает вовлечённость и понимание студентов, облегчая виртуальный анализ, который помогает в восприятии сложного учебного материала. В статье [4] предлагается использование MULTISIM вместе с Electronics Workbench для визуализации и проверки различных типов электрических цепей, тем самым создавая возможности для более глубоких экзаменов физических процессов в обучении электротехнике.

Веб-симуляторы цепей, такие как симулятор цепей CirSim, предоставляют студентам интерактивную платформу для решения задач цепей онлайн. Эти инструменты предлагают удобный интерфейс для моделирования цепей постоянного и переменного тока и позволяют студентам графически отображать реакции цепей. Было показано, что использование таких симуляторов улучшает навыки решения задач у студентов и вовлечённость в изучение концепций электрических цепей [5]. В статье [5] представлен интерактивный веб-инструмент симулятора цепей (CirSim), разработанный для улучшения навыков решения проблем в электрических цепях. Он использует инновационные методики обучения, позволяя студентам создавать и редактировать схемы в удобном графическом интерфейсе. В статье [5] показано, что симулятор облегчает анализ цепей постоянного и переменного тока, позволяя студентам визуализировать сложные концепции с помощью графических выходных данных. Кроме того, инструмент поддерживает критическое мышление и навыки проектирования, решая проблемы, с которыми сталкиваются в традиционном инженерном образовании, предоставляя увлекательную мультимедийную среду обучения. Интерактивный веб-инструмент симулятора цепей (CirSim) представлен для улучшения навыков обучения студентов и помощи им в понимании основных концепций подготовительных курсов по электротехнике, предоставляя инновационные методы интерактивного обучения и тестирования.

Метод оригинальных задач заключается в представлении студентам реальных задач, требующих применения концепций анализа цепей. Этот метод побуждает студентов критически мыслить и применять свои знания в практических сценариях. Метод состоит из пяти этапов: характеристика, абстрагирование, моделирование, интерпретация и оценка. Этот подход не только улучшает навыки решения проблем, но и способствует инновациям и сотрудничеству между студентами [6]. В статье [6] представлен метод исходных проблем в курсе электроразведки и предложили процедуры его применения, которые состояли из пяти шагов, включая характеристику, абстрагирование, моделирование, интерпретацию и оценку. В статье [6] представлен метод исходных проблем для обучения электроразведке, который состоит из пяти шагов: характеристика, абстрагирование, моделирование, интерпретация и оценка. Этот подход побуждает студентов анализировать исходные явления и применять свои знания в практических проектах, повышая их инновационность, сотрудничество и активное обучение. Интегрируя

реальные проблемы, студенты учатся оптимизировать предложения и проводить все-сторонний анализ, выходя за рамки простого обучения на основе упражнений к более глубокому пониманию электрических цепей и их применения в геофизической разведке.

Цифровые обучающие платформы, такие как STACK, предоставляют студентам персонализированные упражнения по решению проблем и мгновенную обратную связь. Эти платформы позволяют студентам практиковаться и осваивать концепции анализа цепей в своем собственном темпе, с возможностью отслеживать свой прогресс. Было показано, что использование таких платформ улучшает результаты обучения и вовлечённость в курсы электротехники [7]. В статье [7] представлена текущая ситуация и основное внимание уделяется поиску различных возможностей, которые могли бы решить наблюдаемые проблемы обучения и могут осуществляться небольшими шагами обучения для улучшения возможностей учащихся в достижении необходимых знаний и навыков. В статье [7] освещаются несколько эффективных методов обучения решению проблем в электрических цепях. Один из успешных подходов заключается в том, что учащиеся представляют и объясняют свои решения с помощью документ-камеры или Zoom, способствуя взаимному обучению. Кроме того, использование цифровых учебных материалов и платформы STACK позволяет учащимся решать персонализированные задачи в режиме онлайн, получая мгновенную обратную связь. Этот метод поощряет независимую практику, повторение и тестирование, что помогает развивать математические навыки и улучшает понимание, в конечном итоге улучшая результаты обучения в области анализа цепей.

Веб-приложения, такие как  $U = RI\text{solve}$ , предоставляют студентам комплексный инструмент для изучения метода напряжения узла. Эти приложения выходят за рамки традиционных симуляторов цепей, объясняя методологию, уравнения и фундаментальные законы, лежащие в основе анализа цепей. Они особенно полезны для новичков, поскольку предоставляют пошаговое руководство по решению проблем цепей [8].  $U = RI\text{solve}$ , как обсуждается в работе [8], представляет собой веб-фреймворк для обучения и самостоятельного изучения метода напряжения узла для анализа электрических цепей, который может использоваться для изучения анализа цепей для студентов бакалавриата по электротехнике. В статье [8] представлено веб-приложение, разработанное для обучения методу напряжения узла для анализа электрических цепей. Оно решает общие проблемы, с которыми сталкиваются студенты бакалавриата, предоставляя подробные выходные данные фундаментальной информации о схеме, методологии, уравнения и результаты. В отличие от традиционных симуляторов цепей,  $U = RI\text{solve}$  делает акцент на понимании базовых принципов и процессов, задействованных в анализе цепей, тем самым улучшая навыки самостоятельного обучения и решения проблем в электрических цепях. Будущие реализации также обсуждаются для дальнейшего улучшения процесса обучения.

## **Результаты разработки структуры курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи»**

Программа курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи» состоит из следующих шести тем. Первая тема курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи» посвящена изучению законов Ома, Кирхгофа, Джоуля–Ленца, правила Кирхгофа. Вторая тема курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи» посвящена изучению методов и приёмов решения задач на электрические цепи с конденсаторами (электроёмкость, параллельное и последовательное соединение, эквивалентная ёмкость): анализ и решение олимпиадных задач по физике. Третья тема курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи» посвящена изучению методов и приёмов решения задач на электриче-

ские цепи с диодами (вольт-амперная характеристика, прямое и обратное включение диодов, стабилитроны). Четвёртая тема курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи» посвящена изучению методов и приёмов решения задач на электрические цепи с транзисторами (биполярные и полевые транзисторы, принцип работы, характеристики). Пятая тема курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи» посвящена изучению методов и приёмов решения задач на электрические цепи с конденсаторами, диодами и транзисторами: анализ и решение комбинированных олимпиадных задач по физике. Шестая тема курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи» посвящена изучению методов и приёмов решения задач экспериментального тура олимпиад по физике, включающие сборку электрических схем.

## **Результаты разработки семинаров курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи»**

Семинар 1 по законам Ома, Кирхгофа, Джоуля–Ленца, правила Кирхгофа для курса в виде практикума по решению олимпиадных задач по физике. Объясните закон Ома и его применение для расчёта электрических цепей. Что такое узел электрической цепи и как применяется первое правило Кирхгофа? Объясните понятие ветви электрической цепи и второго правила Кирхгофа. Расскажите о применении правил Кирхгофа для расчёта сложных цепей. Объясните закон Джоуля–Ленца и его применение для определения мощности и работы тока. Как определить общее сопротивление электрической цепи, состоящей из последовательно соединённых резисторов? Как рассчитать общее сопротивление электрической цепи, состоящей из параллельно соединённых резисторов? Объясните применение правил Кирхгофа для расчёта сложных цепей с источниками ЭДС. Расскажите о применении закона Ома для определения напряжения на участке цепи с источником ЭДС. Объясните понятие эквивалентного генератора и его применение для упрощения расчётов сложных цепей. Расскажите о применении правил Кирхгофа для расчёта разветвлённых цепей с источниками ЭДС и несколькими узлами. Объясните понятие эквивалентного источника и его применение для упрощения расчётов сложных цепей.

Семинар 2 по задачам на электрические цепи с конденсаторами (ёмкость, параллельное и последовательное соединение, эквивалентная ёмкость): анализ и решение олимпиадных задач по физике для курса в виде практикума по решению олимпиадных задач по физике. Определите ёмкость конденсатора, если его заряд составляет 10 мкКл, а напряжение составляет 100 В. Два конденсатора соединены параллельно. Ёмкость первого конденсатора составляет 10 мкФ, а второго конденсатора составляет 20 мкФ. Найдите общую ёмкость системы. Два конденсатора соединены последовательно. Ёмкость первого конденсатора составляет 10 мкФ, а второго конденсатора составляет 20 мкФ. Найдите общую ёмкость системы. Определите эквивалентную ёмкость двух параллельно соединённых конденсаторов, если их ёмкости равны 10 мкФ и 20 мкФ. Определите эквивалентную ёмкость двух последовательно соединённых конденсаторов, если их ёмкости равны 10 мкФ и 20 мкФ. Два конденсатора соединены параллельно, и их общая ёмкость составляет 10 мкФ. Определите ёмкость каждого конденсатора. Два конденсатора соединены последовательно, и их общая ёмкость составляет 10 мкФ. Определите ёмкость каждого конденсатора. Два конденсатора имеют ёмкости 10 мкФ и 20 мкФ. Найдите общую ёмкость системы, если конденсаторы соединены параллельно. Два конденсатора имеют ёмкости 10 мкФ и 20 мкФ. Найдите общую ёмкость системы, если конденсаторы соединены последовательно. Определите ёмкость конденсатора, если его заряд составляет 10 мкКл, а напряжение составляет 100 В. Два конденсатора соединены параллельно. Ёмкость первого конденсатора

составляет 10 мкФ, а второго конденсатора составляет 20 мкФ. Найдите общую ёмкость системы. Два конденсатора соединены последовательно. Ёмкость первого конденсатора составляет 10 мкФ, а второго конденсатора составляет 20 мкФ. Найдите общую ёмкость системы.

Семинар 3 по задачам на электрические цепи с диодами (вольт-амперная характеристика, прямое и обратное включение диодов, стабилитроны) для курса в виде практикума по решению олимпиадных задач по физике. Что такое полупроводниковый диод и как он работает? Объясните принцип прямого и обратного включения диода. Что такое вольт-амперная характеристика диода и как она выглядит? Опишите работу стабилитрона и его применение в схемах стабилизации напряжения. Объясните, почему диод имеет нелинейную вольт-амперную характеристику. Как построить вольт-амперную характеристику диода? В чём разница между прямым и обратным включением диода? Что такое стабилитрон и как он работает? Приведите пример использования стабилитрона в схеме ограничения амплитуды сигналов. Объясните физический принцип работы параметрического стабилизатора напряжения на основе стабилитрона. Какие параметры диода влияют на его вольт-амперную характеристику? Как определить напряжение стабилизации стабилитрона и выбрать подходящий стабилитрон для схемы?

Семинар 4 по задачам на электрические цепи с транзисторами (биполярные и полевые транзисторы, принцип работы, характеристики) для курса в виде практикума по решению олимпиадных задач по физике. Что такое транзистор и какие типы транзисторов существуют? Объясните принцип работы биполярного транзистора и его основные характеристики. Опишите работу полевого транзистора и его преимущества перед биполярным транзистором. Что такое коэффициент усиления транзистора и как он определяется? Объясните принцип работы транзистора в режиме усиления и режиме переключения. Какие параметры определяют работу транзистора и как они влияют на его характеристики? Что такое напряжение отсечки и как оно связано с работой транзистора? Объясните принцип работы транзистора в схеме с общим эмиттером и общим коллектором. Что такое обратная связь в транзисторе и какие её виды существуют? Опишите работу транзистора в схеме с общей базой и объясните преимущества и недостатки этой схемы. Что такое  $h$ -параметры транзистора и как они используются для анализа его работы? Объясните принцип работы транзистора в схеме Дарлингтона и какие преимущества она даёт перед одиночным транзистором.

Семинар 5 по задачам на электрические цепи с конденсаторами, диодами и транзисторами: анализ и решение комбинированных олимпиадных задач по физике для курса в виде практикума по решению олимпиадных задач по физике. Как определить ёмкость конденсатора, если известно напряжение на его обкладках и заряд? Что такое эквивалентная схема электрической цепи и как она используется для анализа сложных цепей? Как рассчитать сопротивление диода в прямом и обратном направлении? Что такое вольт-амперная характеристика диода и как она связана с его свойствами? Как определить ток через диод при различных напряжениях на его выводах? Что такое стабилитрон и как он работает? Как рассчитать напряжение стабилизации стабилитрона? Что такое биполярный транзистор и как он работает? Как определить ток коллектора и ток базы биполярного транзистора? Что такое коэффициент усиления транзистора и как он связан с его свойствами? Как рассчитать сопротивление базы и сопротивление коллектора биполярного транзистора? Что такое полевой транзистор и как он работает?

Семинар 6 по заданиям экспериментального тура олимпиад по физике, включающие сборку электрических схем для курса в виде практикума по решению олимпиадных задач по физике. Сборка электрической схемы с источником питания, резистором и лампой накаливания. Проверка работы схемы при изменении сопротивления резистора. Сборка электрической схемы с источником питания, двумя резисторами и лампой нака-

ливания. Проверка правила Кирхгофа для определения токов в ветвях схемы. Сборка электрической схемы с источником питания, конденсатором и лампой накаливания. Проверка зависимости времени зарядки конденсатора от его ёмкости. Сборка электрической схемы с источником питания, катушкой индуктивности и лампой накаливания. Проверка зависимости времени разрядки конденсатора от его индуктивности. Сборка электрической схемы с источником питания, диодом и лампой накаливания. Проверка работы схемы при прямом и обратном включении диода. Сборка электрической схемы с источником питания, транзистором и лампой накаливания. Проверка работы схемы при изменении напряжения на базе транзистора. Сборка электрической схемы с источником питания, микросхемой и лампой накаливания. Проверка работы схемы при изменении входных сигналов микросхемы. Сборка электрической схемы с источником питания, переменным резистором и лампой накаливания. Проверка зависимости яркости лампы накаливания от сопротивления резистора. Сборка электрической схемы с источником питания, фотоэлементом и лампой накаливания. Проверка работы схемы при освещении фотоэлемента светом разной интенсивности. Сборка электрической схемы с источником питания, реле и лампой накаливания. Проверка работы схемы при замыкании и размыкании контактов реле. Сборка электрической схемы с источником питания, мультивибратором и лампой накаливания. Проверка работы схемы при изменении параметров элементов мультивибратора. Сборка электрической схемы с источником питания, логическими элементами (И, ИЛИ, НЕ) и лампой накаливания. Проверка работы схемы при различных комбинациях входных сигналов.

### Результаты разработки задач курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи»

Электрическая цепь состоит из идеального источника напряжения, двух одинаковых вольтметров и двух одинаковых амперметров. Известны показания трёх приборов: первого амперметра ( $I_1 = 1.5 \text{ mA}$ ) и двух вольтметров ( $U_1 = 0.2 \text{ В}$  и  $U_2 = 2.4 \text{ В}$ ). Найдите показания второго амперметра и напряжение источника.

Решение:

Поскольку электрический ток, текущий через вольтметр, последовательно соединённый с амперметром (будем далее называть его первым вольтметром), больше тока, текущего через вольтметр, соединённый с амперметром параллельно (второй вольтметр), то показание  $U_1 = 0.2 \text{ В}$  относится ко второму вольтметру, показание  $U_2 = 2.4 \text{ В}$  относится к первому вольтметру. Пусть сопротивление амперметров равно  $r_A$ , вольтметров равно  $r_V$ . Так как вольтметр показывает напряжение на самом себе, и через него течёт тот же ток, что и через первый амперметр, из закона Ома для первого вольтметра имеем:

$$r_V = \frac{U_2}{I_1}. \quad (1)$$

Поскольку сопротивление вольтметров одинаково, то ток, текущий через второй вольтметр, в  $U_1/U_2$  раза меньше тока, текущего через первый. Поэтому ток, текущий через второй амперметр, равен:

$$I_2 = I_1 - I_1 \frac{U_1}{U_2}. \quad (2)$$

Вычисляя численное значение, получим:  $I_2 = 1.375 \text{ mA}$ . А поскольку отношение токов, текущих через элементы цепи на участке параллельного соединения, обратно отношению их сопротивлений, для отношения сопротивлений амперметра и вольтметра и

сопротивления амперметра имеем:

$$U_0 = \frac{U_1 U_2}{U_2 - U_1} + U_1 + U_2. \quad (3)$$

Вычисляя численное значение, получим:  $U_0 = 2.82$  В.

Ответ:  $I_2 = 1.375$  мА,  $U_0 = 2.82$  В.

### **Результаты разработки структуры электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи»**

Электронный образовательный ресурс по решению олимпиадных задач на электрические цепи представляет собой информационную платформу, которая помогает обучающимся развивать навыки анализа и решения сложных олимпиадных задач на электрические цепи. Такой электронный образовательный ресурс включает теоретические материалы, примеры решения олимпиадных задач, алгоритмы решения олимпиадных задач, интерактивные симуляции, видеоуроки, тесты и форумы для общения с преподавателями. Опишем этапы создания электронного образовательного ресурса по решению олимпиадных задач на электрические цепи. Первым этапом создания электронного образовательного ресурса по решению олимпиадных задач на электрические цепи является определение целевой аудитории: изучение потребностей и уровня подготовки пользователей (школьники, студенты, слушатели курсов). Вторым этапом создания электронного образовательного ресурса по решению олимпиадных задач на электрические цепи является сбор и анализ контента, включающий подбор олимпиадных задач по физике, теоретического материала, решений и методических рекомендаций. Третьим этапом создания электронного образовательного ресурса по решению олимпиадных задач на электрические цепи является разработка структуры ресурса, включающее формирование логической схемы разделов, включая разделы для теории, физических задач, практических упражнений и тестирования. Четвёртым этапом создания электронного образовательного ресурса по решению олимпиадных задач на электрические цепи является создание контента, включающее написание текстов, создание видеоуроков и разработка интерактивных элементов (например, симуляторов). Пятым этапом создания электронного образовательного ресурса по решению олимпиадных задач на электрические цепи является выбор платформы, включающий определение технической базы и инструментов для создания и размещения электронного образовательного ресурса (CMS, LMS и т.д.). Шестым этапом создания электронного образовательного ресурса по решению олимпиадных задач на электрические цепи является дизайн интерфейса, включающий разработка удобного и привлекательного пользовательского интерфейса, который будет способствовать эффективному обучению. Седьмым этапом создания электронного образовательного ресурса по решению олимпиадных задач на электрические цепи является тестирование электронного образовательного ресурса, включающее проверку функциональности, удобства использования и корректности представленного материала с привлечением целевой аудитории. Восьмым этапом создания электронного образовательного ресурса по решению олимпиадных задач на электрические цепи является запуск электронного образовательного ресурса, включающий открытие доступа пользователям и запуск рекламной кампании для привлечения аудитории. Девятым этапом создания электронного образовательного ресурса по решению олимпиадных задач на электрические цепи является сбор отзывов и анализ эффективности электронного образовательного ресурса, включающий оценку обратной связи от пользователей для выявления сильных и слабых сторон электронного образовательного ресурса. Десятым этапом создания электронного образовательного ресурса по решению олимпиа-

адных задач на электрические цепи является обновление и поддержка электронного образовательного ресурса, включающая регулярное обновление контента, добавление новых физических задач, улучшение функционала и устранение возможных ошибок электронного образовательного ресурса.

## Результаты разработки элементов электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи»

Опишем избранные результаты разработки элементов электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

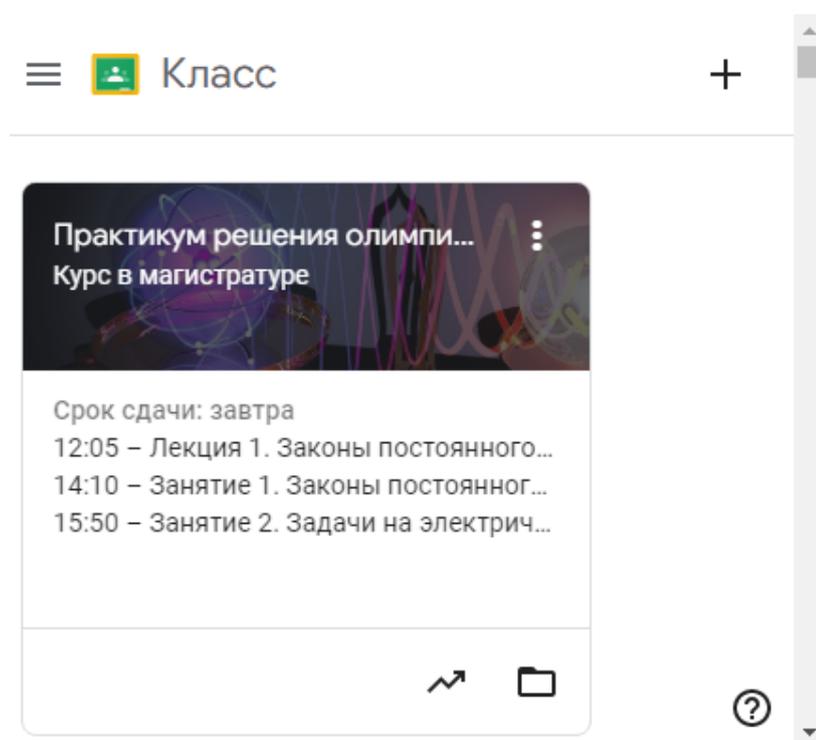


Рис. 1. Входная страница электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

На рис. 1 приведено изображение входной страницы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

На рис. 2 приведено изображение страницы с лентой электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

На рис. 3 приведено изображение страницы с элементами первой темы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

На рис. 4 приведено изображение страницы с элементами второй темы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

На рис. 5 приведено изображение страницы с элементами третьей темы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

На рис. 6 приведено изображение страницы с элементами четвертой темы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

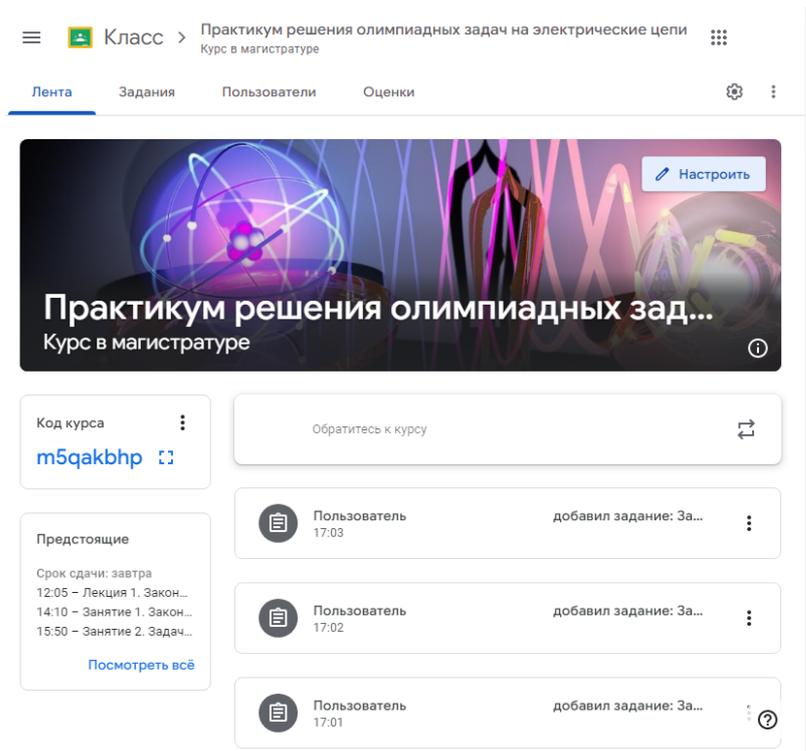


Рис. 2. Страница с лентой электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

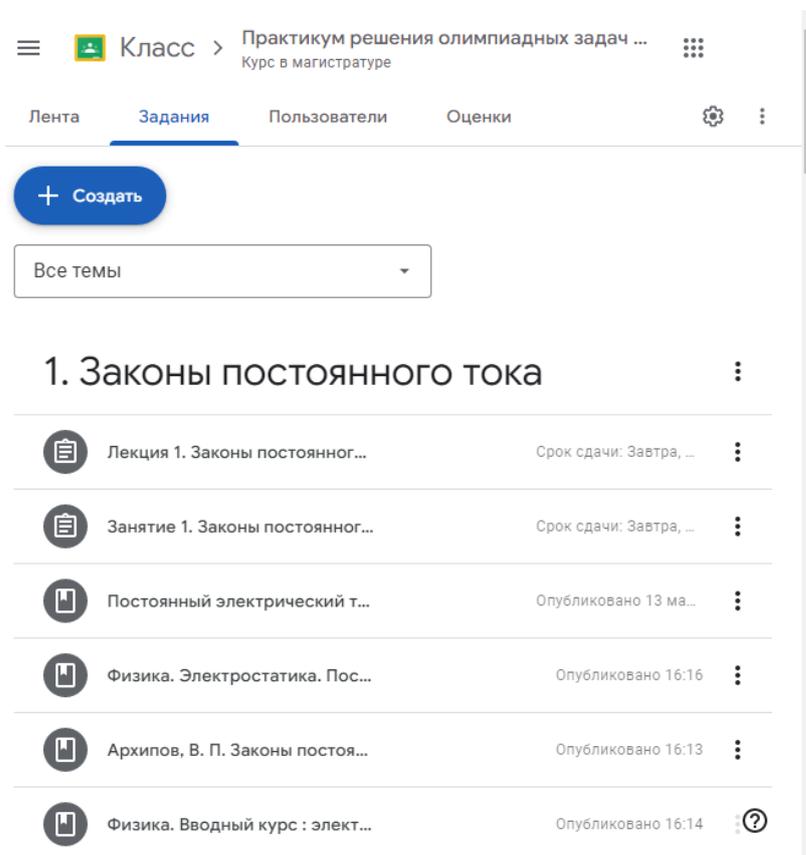


Рис. 3. Страница с элементами первой темы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

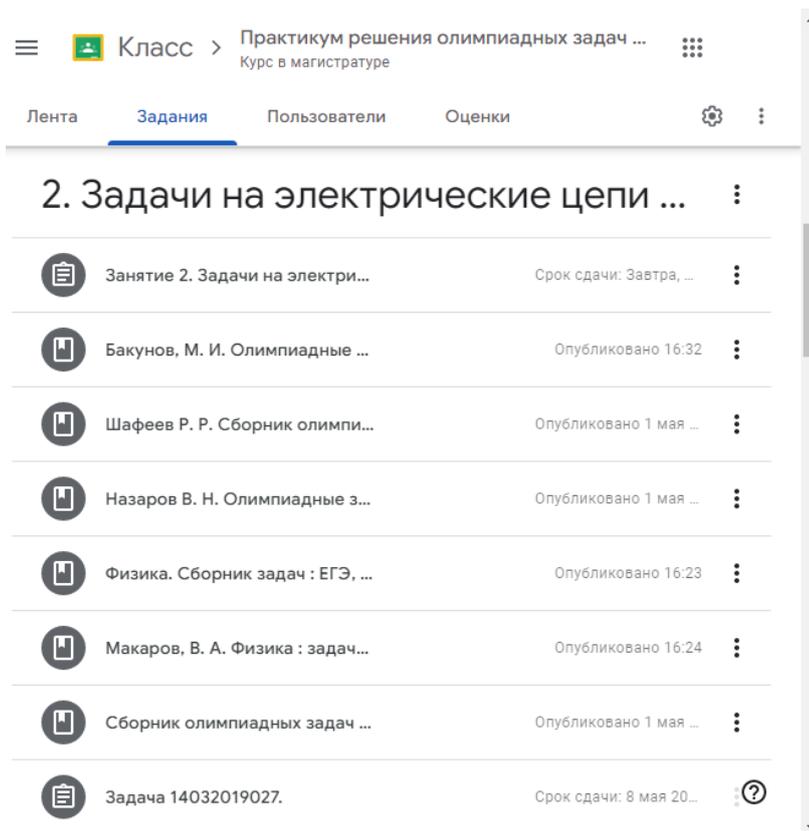


Рис. 4. Страница с элементами второй темы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

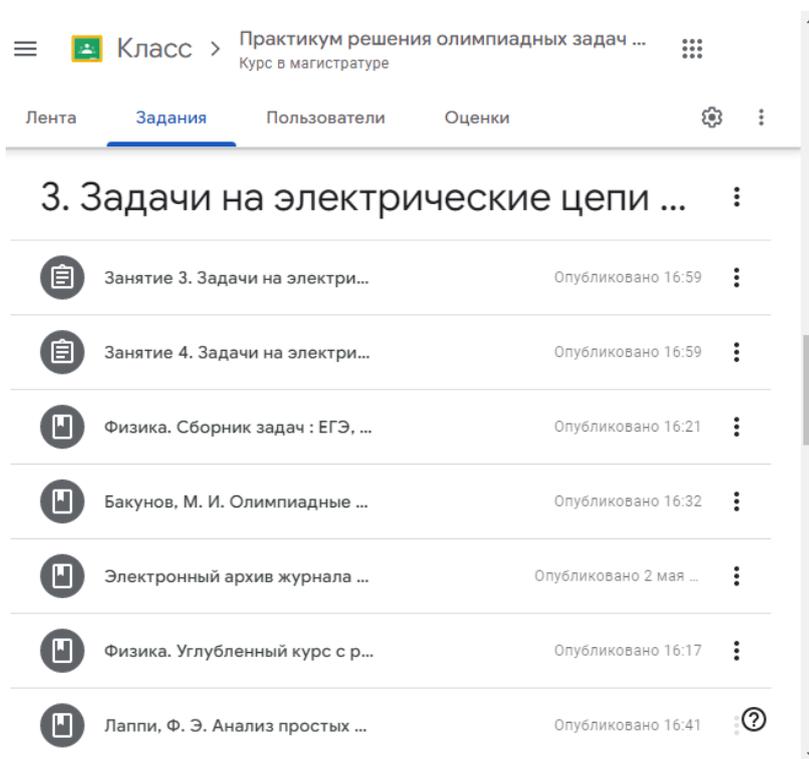


Рис. 5. Страница с элементами третьей темы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

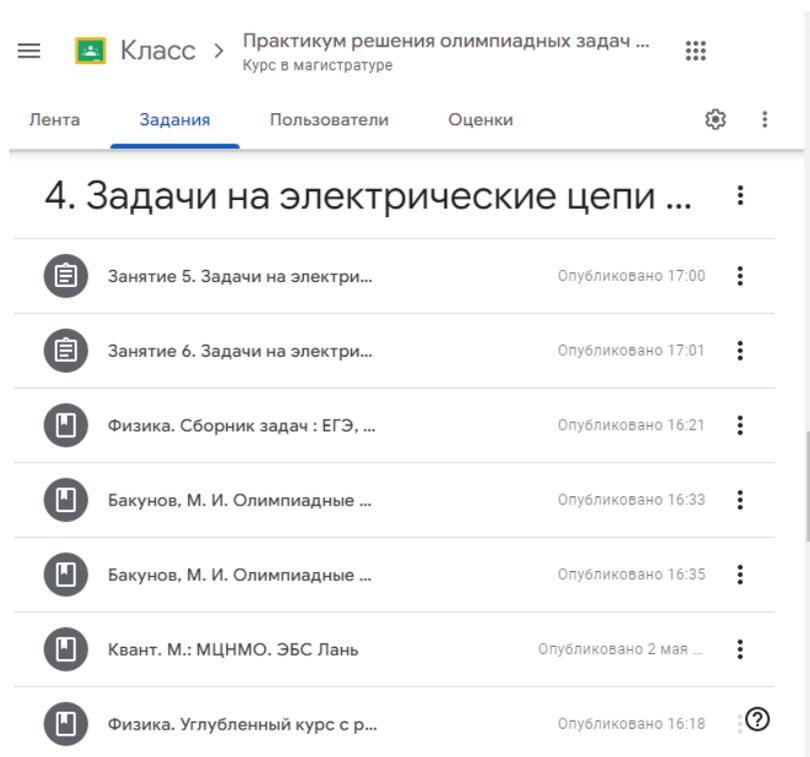


Рис. 6. Страница с элементами четвертой темы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

электрические цепи».

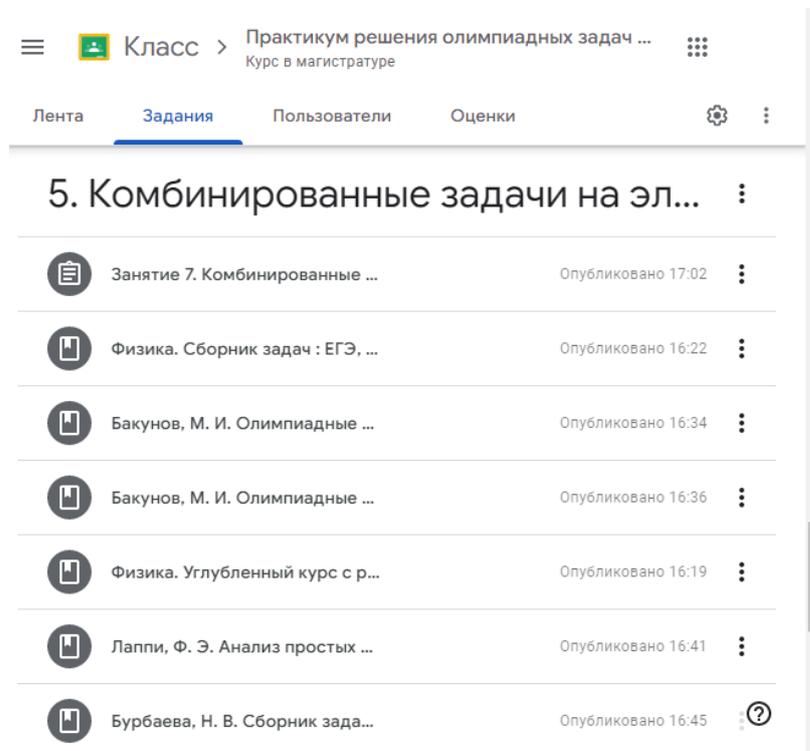


Рис. 7. Страница с элементами пятой темы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

На рис. 7 приведено изображение страницы с элементами пятой темы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на

электрические цепи».

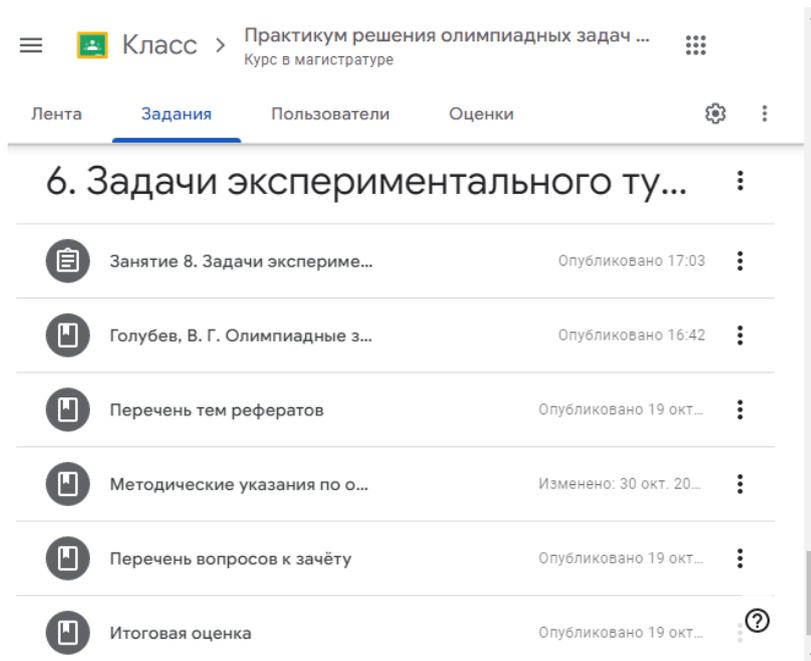


Рис. 8. Страница с элементами шестой темы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

На рис. 8 приведено изображение страницы с элементами шестой темы электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи».

К достоинствам электронного образовательного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи» относится то, что электронный образовательный ресурс можно использовать в любое время и из любой точки мира, существует возможность включения интерактивных элементов, таких как тесты и симуляции, помогает глубже понять материал, есть наличие электрических схем и анимаций, облегчающих понимание сложных электрических цепей, лёгкость добавления новых материалов и обновления существующих материалов, адаптация учебного плана под уровень подготовки обучающихся. К основным электронного ресурса для курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи» относится то, что использование электронного ресурса требует наличие устройства для доступа в Интернет, отсутствие живого общения может затруднять своевременное получение помощи, требуется больше самодисциплины для самостоятельного обучения, отсутствие живых дискуссий с преподавателем и другими обучающимися, технические проблемы могут вызвать дополнительные трудности в обучении.

## Заключение

Методы обучения решению задач по электрическим цепям разнообразны и продолжают развиваться с развитием технологий и образовательных исследований. От традиционных подходов, таких как перевернутый класс и методы семинаров, до инновационных методов, включающих виртуальное моделирование и веб-приложения, каждый метод предлагает уникальные преимущества для улучшения навыков решения физических задач у обучающихся и понимания анализа электрических цепей. Объединяя эти методы и адаптируя их к потребностям обучающихся, преподаватели могут создать всеобъемлющий и увлекательный опыт обучения, который подготовит обучающихся к решению олимпиадных задач по физике.

Показано, что применение электронного образовательного ресурса в комплексной методике преподавания курса «Практикум решения олимпиадных задач на электрические цепи» существенно повышает эффективность решения олимпиадных задач по физике.

Выводы по работе можно сформулировать следующим образом:

1. проведённый анализ существующих методик обучения решению олимпиадных задач показал недостаточную эффективность традиционных методов обучения и подчеркнул актуальность темы исследования,
2. разработанная методика доказала свою эффективность в процессе подготовки к решению олимпиадных задач различной сложности на олимпиадах по физике,
3. разработанный специальный курс в виде практикума по решению олимпиадных задач показал свою эффективность.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что применение подхода к обучению решению физических задач на электрические цепи, включающего правила Кирхгофа, метод контурных токов и анализ баланса мощностей, позволит существенно повысить эффективность решения олимпиадных задач на электрические цепи в курсе практикума по решению олимпиадных задач по физике, подтверждена полностью.

Задачи работы решены полностью.

Теоретическая значимость полностью реализована через систематизацию методов и разработку алгоритма решения задач. Практическая значимость подтверждена возможностью непосредственного применения методики в учебном процессе. Разработанная методика может быть использована учителями для подготовки обучающихся к олимпиадам по физике, а также самими обучающимися для самостоятельного обучения.

#### Список использованных источников

1. Azemi Asad. Teaching electric circuits using a flipped classroom approach // 2014 IEEE frontiers in education conference (FIE) proceedings. — IEEE, 2014. — oct. — P. 1–3. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/FIE.2014.7044213>.
2. Porebska Anna, Schmidt Pawel, Zegarmistrz Piotr. The use of various didactic approaches in teaching of circuit analysis // 2014 International conference on signals and electronic systems (ICSES). — IEEE, 2014. — sep. — P. 1–4. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ICSES.2014.6948740>.
3. Moloi M. J. Research and teaching methods for electrical circuits in science, technology, and engineering: a bibliometric analysis: electric circuits methodologies // Proceedings of the international academic conference on education, teaching and learning. — 2024. — oct. — Vol. 1, no. 1. — P. 29–44. — URL: <http://dx.doi.org/10.33422/iacet1.v1i1.595>.
4. Lilyanova Ilonka. Solving electrical engineering problems with MATLAB and MULTISIM // 2018 International conference on high technology for sustainable development (HiTech). — IEEE, 2018. — jun. — P. 1–4. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/HITECH.2018.8566672>.
5. Harb Shadi MS, Batarseh Issa, Harb Ahmad. Development, implementation, assessment of a web-based circuit solver for teaching basic electrical circuits theory // International journal of online and biomedical engineering (iJOE). — 2015. — aug. — Vol. 11, no. 4. — P. 55. — URL: <http://dx.doi.org/10.3991/IJOE.V11I4.4727>.

6. He D. K., Peng S. P., Zhu G. W. Teaching with original problems in the electrical exploration course // Proceedings of the international conference on education, management, commerce and society. — emcs-15. — Atlantis Press, 2015. — URL: <http://dx.doi.org/10.2991/EMCS-15.2015.77>.
7. Vesapuisto Maarit, Ellonen Otto, Vekara Timo. Improving the learning process of circuit analysis at university of Vaasa // 2022 31st Annual conference of the European association for education in electrical and information engineering (EAEEIE). — IEEE, 2022. — jun. — P. 1–6. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/eaeeie54893.2022.9820546>.
8. U=RI solve: A web-based application for learning electrical circuit analysis / Lino Sousa [et al.] // IEEE Circuits and systems magazine. — 2021. — Vol. 21, no. 3. — P. 66–95. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/MCAS.2021.3092535>.

**Сведения об авторах:**

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

E-mail: [ulian1499@gmail.com](mailto:ulian1499@gmail.com)

ORCID iD  0009-0001-8664-7213

Web of Science ResearcherID  LSK-9256-2024

Original article  
 PACS 01.40.Di  
 OCIS 000.2060  
 MSC 00A79

## Development of an online course on the academic discipline “Workshop for solving Olympiad problems on electrical circuits”

Yu. A. Novikova 

*Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia*

Submitted May 27, 2025

Resubmitted May 29, 2025

Published June 14, 2025

---

**Abstract.** The results of the development of an online course on the academic discipline “Practical training in solving Olympiad problems on electrical circuits” are presented.

**Keywords:** course, online course, workshops, electrical circuit, problem solving

---

### References

1. Azemi Asad. Teaching electric circuits using a flipped classroom approach // 2014 IEEE frontiers in education conference (FIE) proceedings. — IEEE, 2014. — oct. — P. 1–3. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/FIE.2014.7044213>.
2. Porebska Anna, Schmidt Pawel, Zegarmistrz Piotr. The use of various didactic approaches in teaching of circuit analysis // 2014 International conference on signals and electronic systems (ICSES). — IEEE, 2014. — sep. — P. 1–4. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ICSES.2014.6948740>.
3. Moloi M. J. Research and teaching methods for electrical circuits in science, technology, and engineering: a bibliometric analysis: electric circuits methodologies // Proceedings of the international academic conference on education, teaching and learning. — 2024. — oct. — Vol. 1, no. 1. — P. 29–44. — URL: <http://dx.doi.org/10.33422/iacet1.v1i1.595>.
4. Lilyanova Ilonka. Solving electrical engineering problems with MATLAB and MULTISIM // 2018 International conference on high technology for sustainable development (HiTech). — IEEE, 2018. — jun. — P. 1–4. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/HITECH.2018.8566672>.
5. Harb Shadi MS, Batarseh Issa, Harb Ahmad. Development, implementation, assessment of a web-based circuit solver for teaching basic electrical circuits theory // International journal of online and biomedical engineering (iJOE). — 2015. — aug. — Vol. 11, no. 4. — P. 55. — URL: <http://dx.doi.org/10.3991/IJOE.V11I4.4727>.
6. He D. K., Peng S. P., Zhu G. W. Teaching with original problems in the electrical exploration course // Proceedings of the international conference on education, management, commerce and society. — emcs-15. — Atlantis Press, 2015. — URL: <http://dx.doi.org/10.2991/EMCS-15.2015.77>.

7. Vesapuisto Maarit, Ellonen Otto, Vekara Timo. Improving the learning process of circuit analysis at university of Vaasa // 2022 31st Annual conference of the European association for education in electrical and information engineering (EAEEIE). — IEEE, 2022. — jun. — P. 1–6. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/eaeeie54893.2022.9820546>.
8. U=RI solve: A web-based application for learning electrical circuit analysis / Lino Sousa [et al.] // IEEE Circuits and systems magazine. — 2021. — Vol. 21, no. 3. — P. 66–95. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/MCAS.2021.3092535>.

**Information about authors:**

**Yulia Alekseevna Novikova** — 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: [ulian1499@gmail.com](mailto:ulian1499@gmail.com)

ORCID iD  0009-0001-8664-7213

Web of Science ResearcherID  LSK-9256-2024

## Секция 2

---

### Физические науки

---

#### 2.1 Физика конденсированного состояния

Научная статья

УДК 537.9

ББК 22.379

ГРНТИ 29.19.33

ВАК 1.3.8.

PACS 31.15.-p

OCIS 310.6870

MSC 00A79

#### Исследование физических свойств топологических изоляторов

А. Д. Селюкова  <sup>1</sup>

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

Поступила в редакцию 20 мая 2025 года

После переработки 23 мая 2025 года

Опубликована 14 июня 2025 года

---

**Аннотация.** Представлены результаты исследования энергетических характеристик топологических изоляторов в микроструктурных системах в терагерцовом диапазоне. Разработана теоретическая модель для расчёта энергетического спектра носителей электрического заряда в плёнках на основе топологических изоляторов в терагерцовом диапазоне. Проведено численное моделирование энергетического спектра носителей электрического заряда в плёнках на основе топологических изоляторов в терагерцовом диапазоне.

**Ключевые слова:** топологический изолятор, терагерцовый диапазон, энергетический спектр, носитель электрического заряда, плёнка, модель, электронные свойства, микроструктурная система

---

<sup>1</sup>E-mail: selyukova2003810@gmail.com

## Введение

Топологический изолятор является особым типом материала, который в объёме представляет собой диэлектрик или изолятор), а на поверхности проводит электрический ток. Топологические изоляторы демонстрируют уникальные электронные свойства, обусловленные наличием топологически защищённых поверхностных состояний. В терагерцовом диапазоне (0.1–10 ТГц) нелинейные эффекты в таких материалах становятся особенно значимыми из-за сильной спин-орбитальной связи и дисперсионных свойств. Исследуются энергетические спектры носителей электрического заряда в плёнках из топологических изоляторов. Возможность управления нелинейными оптическими свойствами топологических изоляторов в терагерцовом диапазоне открывает перспективы для создания устойчивых к помехам устройств связи и датчиков нового поколения.

Целью работы является исследование энергетических характеристик топологических изоляторов в микроструктурных системах в терагерцовом диапазоне.

Задачи исследования могут быть сформулированы следующим образом:

1. разработка теоретической модели нелинейной электродинамики топологических изоляторов с учётом топологических поверхностных состояний,
2. численное моделирование энергетического спектра носителей электрического заряда в плёнках на основе топологических изоляторов в терагерцовом диапазоне.

Объектом исследования является топологический изолятор на основе  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  с искусственно созданной микроструктурной периодической системой включений.

Предметом исследования является совокупность физических процессов в плёнках на основе топологических изоляторов в терагерцовом диапазоне.

Методы исследования включают в себя анализ научной литературы по топологическим изоляторам, численное моделирование энергетического спектра носителей заряда в плёнке топологического изолятора. Материалы исследования включают в себя плёнки топологических изоляторов.

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые проведены численные расчёты энергетического спектра носителей электрического заряда в плёнках на основе топологических изоляторов в терагерцовом диапазоне при различных толщинах плёнок топологических изоляторов.

Теоретическая значимость исследования заключается в раскрытии новых аспектов вопроса о свойствах материалов с топологическим порядком. Практическая значимость исследования заключается в том, что результаты работы могут быть использованы для создания прототипов терагерцовых модуляторов и датчиков с повышенной помехоустойчивостью.

## Обзор

Топологические изоляторы — это материалы, которые являются изолирующими в своём объёме, но имеют проводящие поверхностные или краевые состояния, которые топологически защищены от обратного рассеяния и беспорядка. Топологические изоляторы обладают потенциалом для достижений в электронике, спинтронике, квантовых вычислениях и энергоэффективных устройствах. Топологические изоляторы — это новые фазы вещества с изолирующим объёмом и проводящими поверхностными или краевыми состояниями. Топологические изоляторы демонстрируют уникальные электронные свойства из-за взаимодействия между топологией, зонной структурой и квантовыми волновыми функциями. Топологические изоляторы — это материалы, характеризующиеся изолирующими внутренними частями и проводящими поверхностными состоя-

ниями, защищёнными симметрией обращения времени. Топологические изоляторы перспективны для электрических и спинтронных устройств из-за их способности манипулировать электронным спином без переноса заряда, что повышает производительность и эффективность. Топологические изоляторы представляют собой уникальный класс материалов, характеризующихся изолирующими объёмными свойствами, демонстрируя при этом проводящие поверхностные или краевые состояния, которые устойчивы к беспорядку и обратному рассеянию, в первую очередь из-за симметрии обращения времени [1, 2]. Топологический изолятор характеризуется изолирующими объёмными и проводящими поверхностными состояниями, что является разновидностью нового твёрдого материала, как обсуждается в работе [2], и он защищён симметрией обращения времени. Топологический изолятор — это новый тип твёрдого материала, характеризующийся изолирующими объёмными и проводящими поверхностными состояниями. Топологический изолятор обладает уникальными свойствами, такими как недиссипативная электрическая передача и высокая подвижность носителей. В работе [2] обсуждается разработка, синтез, характеристика и применение топологических изоляторов. Это отличительное поведение возникает из-за нетривиальной топологии их электронных волновых функций, что привело к значительному интересу к их потенциальному применению в различных областях, включая электронику, спинтронику и квантовые вычисления [3, 4]. Топологический изолятор — это новая фаза материи, характеризующаяся топологически защищёнными односторонними краевыми состояниями, которые невосприимчивы к дефектам или беспорядкам, с приложениями, распространяющимися на оптику, подчёркивающими её быстрое развитие и многообещающий потенциал в различных областях. В работе [3] изучаются нелинейные топологические состояния высшего порядка и солитоны, расширяя концепции топологического изолятора на оптику, с многообещающими приложениями и открывая новую фазу материи с топологически защищёнными состояниями, невосприимчивыми к дефектам или беспорядкам. Топологические изоляторы, такие как теллурид висмута ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ), демонстрируют такие преимущества, как недиссипативная электрическая передача и высокая подвижность носителей, что может повысить производительность устройства за счёт снижения энергопотребления и увеличения скорости работы [3, 5]. Кроме того, текущие исследования изучают синтез новых материалов и интеграцию топологических изоляторов в коммерческие технологии с целью использования их уникальных свойств для передовых приложений [4, 5]. Топологические изоляторы — это материалы с изолирующими объёмными состояниями и топологически защищёнными проводящими поверхностными и краевыми состояниями, демонстрирующие высокую подвижность носителей, сверхвысокий показатель преломления и значительные нелинейные оптические свойства, что делает их перспективными для современных оптических функциональных устройств и приложений. Топологические изоляторы — это новый тип электронного материала с изолирующим объёмным состоянием и топологически защищённым проводящим поверхностными и краевыми состояниями, как обсуждается в статье [6], которые демонстрируют выдающиеся оптические свойства, включая высокую подвижность носителей, сверхвысокий показатель преломления, широкий рабочий спектральный диапазон и динамическую настраиваемость, играют важную роль в оптических функциональных устройствах. Топологические изоляторы, демонстрирующие выдающиеся оптические свойства, включающие высокую подвижность носителей, сверхвысокий показатель преломления, широкий рабочий спектральный диапазон и динамическую настраиваемость, играют важную роль в оптических функциональных устройствах. В частности, топологические изоляторы со специальными топологическими энергетическими зонами обладают высоким нелинейным оптическим коэффициентом, превосходящим обычные полупроводниковые и двумерные материалы. Ожидается, что нелинейные оптические

свойства топологических изоляторов реализуют высокоэффективное нелинейное оптическое преобразование, нелинейное поглощение и полностью оптическое переключение, терагерцовое излучение [6]. Топологические изоляторы предоставят новую платформу для взаимодействия света и вещества, а также для развития нелинейной оптики. В работе [6] делаются выводы о текущих достижениях в некоторых исследованиях нелинейных оптических эффектов на основе топологических изоляторов и связанных с ними устройств и даются перспективы потенциальных приложений топологических изоляторов в нелинейной оптике.

## Модель

Расчёт энергетического спектра носителей электрического заряда в топологических изоляторах включает в себя несколько передовых вычислительных методов, каждый из которых решает определённые задачи, связанные с топологическими изоляторами. Один из подходов заключается в использовании методов бесконечномерных операторов, которые избегают искусственной периодичности и граничных условий, что позволяет точно вычислять спектральные свойства даже при наличии дефектов и беспорядка. Этот метод особенно эффективен для исследования спектральных свойств топологических изоляторов без ограничений приближений суперячеек или искусственного усечения, как показано в модели Холдейна, и применим к другим двумерным и трёхмерным системам [7]. В статье [7] исследованы спектральные свойства топологических изоляторов при наличии дефектов материала, рёбер и беспорядка в модели Холдейна. Спектральные свойства могут быть вычислены в двух и трёх измерениях. В статье [7] представлены методы расчёта энергетического спектра топологических изоляторов с использованием методов вычисления спектральных свойств бесконечномерных операторов. Эти методы позволяют избежать искусственной периодичности и нефизических граничных условий, что позволяет проводить прямое исследование спектральных свойств даже при наличии дефектов, рёбер и беспорядка. В статье [7] показано, что разработанные вычислительные инструменты позволяют рассчитывать спектры, приближённые собственным состояниям, спектральные меры и транспортные свойства, что подтверждается численными примерами для модели Холдейна и может быть распространено на другие топологические изоляторы в двух и трёх измерениях. Другой метод включает в себя высокопроизводительные вычисления с использованием спектра фазы Берри в  $k$ -пространстве, который рассчитывается непосредственно из электронных волновых функций. Этот подход, не опирающийся на функции Ванье, подходит для скрининга больших баз данных двумерных материалов, идентифицируя многочисленные квантовые спиновые холловские, квантовые аномальные холловские и кристаллические топологические изоляторы [8]. В статье [8] используется автоматизированная оценка спектра фазы Берри в  $k$ -пространстве, рассчитанного непосредственно из электронных волновых функций, что позволяет избежать необходимости использования функций Ванье. Этот метод обеспечивает высокопроизводительные вычисления и идентифицирует топологические изоляторы путём поиска материалов с бесщелевым спектром фазы Берри. Алгоритм параллельного переноса используется для вычисления необходимых матричных элементов, что позволяет извлекать топологические индексы и анализировать энергетический спектр различных двумерных топологических изоляторов [8]. Метод теории функционала плотности DFT-1/2 также применяется для трёхмерных топологических изоляторов, обеспечивая точные результаты для запрещённых зон и топологических инвариантов без увеличения вычислительных затрат по сравнению со стандартной теорией функционала плотности. Этот метод особенно полезен для материалов со сложными системами и большим количеством атомов [9]. В статье [9] метод DFT-1/2 был использован для получения топологического инварианта  $Z_2$ , что не

увеличивает вычислительные затраты по сравнению со стандартным методом теории функционала плотности, что позволяет применять его для материалов с большим числом атомов и сложных систем. В статье [9] обсуждается применение метода DFT-1/2 для расчёта энергетического спектра трёхмерных топологических изоляторов, в частности, для таких материалов, как  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{CuTlSe}_2$  и  $\text{CuTlS}_2$ . Этот метод обеспечивает точные результаты для ширины запрещённых зон, формы зон и атомного характера вблизи области инверсии зон. Этот метод эффективно вычисляет топологические инварианты без увеличения вычислительных затрат по сравнению со стандартным методом теории функционала плотности, что делает его пригодным для сложных систем с большим числом атомов [9]. Кроме того, низкоэнергетическое моделирование трёхмерных наноструктур топологических изоляторов с использованием четырёхзонного гамильтониана объёмной модели  $\mathbf{k} \cdot \mathbf{p}$  предлагает стратегию подгонки, которая обеспечивает точное описание низкоэнергетических объёмных и поверхностных состояний, решая такие проблемы, как анизотропия зон и электронно-дырочная асимметрия [10]. Топологические изоляторы представляют собой новые квантовые состояния со спиральными бесщелевыми краевыми или поверхностными состояниями внутри объёмной запрещённой зоны, упомянутые в статье [10], которые устойчивы к слабым инвариантным к обращению времени возмущениям, таким как искажения решётки и немагнитные примеси. В статье [11] обсуждается несколько методов расчёта энергетического спектра топологических изоляторов, в основном, с помощью расчётов из первых принципов. Эти методы включают оценку  $Z_2$ -инвариантов с использованием собственных значений чётности в инвариантные к обращению времени моменты для соединений с симметрией инверсии. Для соединений без симметрии инверсии предлагаются альтернативные подходы. В статье [11] подчёркивается важность этих расчётов для прогнозирования топологических изоляторов и понимания их электронной структуры и топологических свойств. В статье [12] используются как аналитические, так и методы для расчёта энергетического спектра топологических изоляторов. Для изучения влияния поверхностного потенциала на топологические связанные состояния используется континуальная модель полубесконечного трёхмерного топологического изолятора. Кроме того, для учёта специфики материалов гетероструктур, образованных обычными и топологическими изоляторами, используются расчёты зонной структуры, в частности, теория функционала плотности, что обеспечивает комплексное понимание энергетического спектра. В статье [13] спектр и волновая функция бесщелевых краевых мод выводятся аналитически для модели сильной связи топологических изоляторов на квадратной решётке, а ключевой метод заключается в идентификации операторов, которые объединяются для уничтожения краевого состояния в эффективной одномерной модели с импульсом вдоль края. В статье [13] используется модель сильной связи для вывода энергетического спектра бесщелевых краевых мод в топологических изоляторах. В статье [13] определяются операторы, которые уничтожают краевое состояние в эффективной одномерной модели, с упором на геометрии краёв, такие как прямые (1,0) и зигзагообразные (1,1) края. Спектр анализируется с помощью условий существования действительных решений и преобразований, которые раскрывают нечётную функцию природы спектра краевых мод, обеспечивая понимание уровней энергии на основе параметров системы. Эти разнообразные методологии в совокупности улучшают понимание и моделирование энергетических спектров в топологических изоляторах, облегчая разработку наноэлектронных устройств на основе этих материалов.

Топологические изоляторы типа  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  демонстрируют нетривиальные поверхностные состояния. На основе анализа литературы приведём формулы, позволяющие рассчитать энергетический спектр носителей электрического заряда в плёнке из топологических изоляторов.

Энергетический спектр носителей заряда в трёхмерном топологическом изоляторе вычисляется по формуле [14]:

$$E_{\pm}(k_{\parallel}) = E_0 - Dk_{\parallel}^2 \pm \sqrt{(v_F \hbar k_{\parallel})^2 + \left(\frac{\Delta}{2} - Bk_{\parallel}^2\right)^2}, \quad (1)$$

где  $v_F$  – скорость Ферми,  $\hbar$  – постоянная Планка.

Энергетический спектр носителей заряда в трёхмерном топологическом изоляторе с учётом спиновой поляризации вычисляется по формуле [14]:

$$E_{\sigma\pm}(k_{\parallel}) = E_0 - Dk_{\parallel}^2 \pm \sqrt{(|V'| + \sigma v_F \hbar k_{\parallel})^2 + \left(\frac{\Delta}{2} - Bk_{\parallel}^2\right)^2}, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – параметр спиновой поляризации, принимающий значения  $\sigma = \pm 1$ .

Представим результаты численных расчётов энергетического спектра носителей заряда в плёнке топологического изолятора.

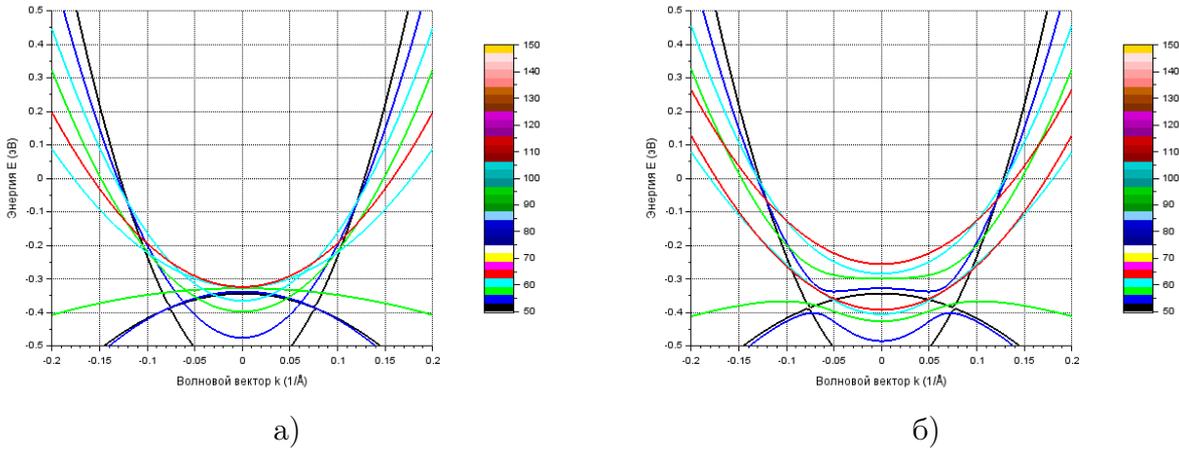


Рис. 1. Энергетический спектр топологического изолятора при различных значениях толщины плёнки топологического изолятора. а)  $E_{\pm}(k_{\parallel})$ , б)  $E_{\sigma\pm}(k_{\parallel})$ .

На рис. 1 изображён энергетический спектр топологического изолятора при различных значениях толщины плёнки топологического изолятора. Значения энергии представлены в электрон-вольтах.

Параметры энергетического спектра для плёнки топологического изолятора толщиной  $50 \text{ \AA}$  принимают следующие значения:  $E_0 = -0.470 \text{ эВ}$ ,  $D = -14.4 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ ,  $\Delta = 0.252 \text{ эВ}$ ,  $B = 21.8 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ ,  $v_F = 4.71 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ ,  $|V'| = 0 \text{ эВ}$ ,  $\alpha_R = 0 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ .

Параметры энергетического спектра для плёнки топологического изолятора толщиной  $75 \text{ \AA}$  принимают следующие значения:  $E_0 = -0.407 \text{ эВ}$ ,  $D = -9.7 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ ,  $\Delta = 0.138 \text{ эВ}$ ,  $B = 18.0 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ ,  $v_F = 4.81 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ ,  $|V'| = 0.038 \text{ эВ}$ ,  $\alpha_R = 0.71 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ .

Параметры энергетического спектра для плёнки топологического изолятора толщиной  $100 \text{ \AA}$  принимают следующие значения:  $E_0 = -0.363 \text{ эВ}$ ,  $D = -8.0 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ ,  $\Delta = 0.070 \text{ эВ}$ ,  $B = 10.0 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ ,  $v_F = 4.48 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ ,  $|V'| = 0.053 \text{ эВ}$ ,  $\alpha_R = 1.27 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ .

Параметры энергетического спектра для плёнки топологического изолятора толщиной  $125 \text{ \AA}$  принимают следующие значения:  $E_0 = -0.345 \text{ эВ}$ ,  $D = -15.3 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ ,  $\Delta = 0.041 \text{ эВ}$ ,  $B = 5.0 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ ,  $v_F = 4.53 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ ,  $|V'| = 0.057 \text{ эВ}$ ,  $\alpha_R = 2.42 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ .

Параметры энергетического спектра для плёнки топологического изолятора толщиной  $150 \text{ \AA}$  принимают следующие значения:  $E_0 = -0.324 \text{ эВ}$ ,  $D = -13.0 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ ,  $\Delta = 0.0 \text{ эВ}$ ,  $B = 0.0 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ ,  $v_F = 4.52 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ ,  $|V'| = 0.068 \text{ эВ}$ ,  $\alpha_R = 2.78 \text{ эВ} \cdot \text{\AA}^2$ .

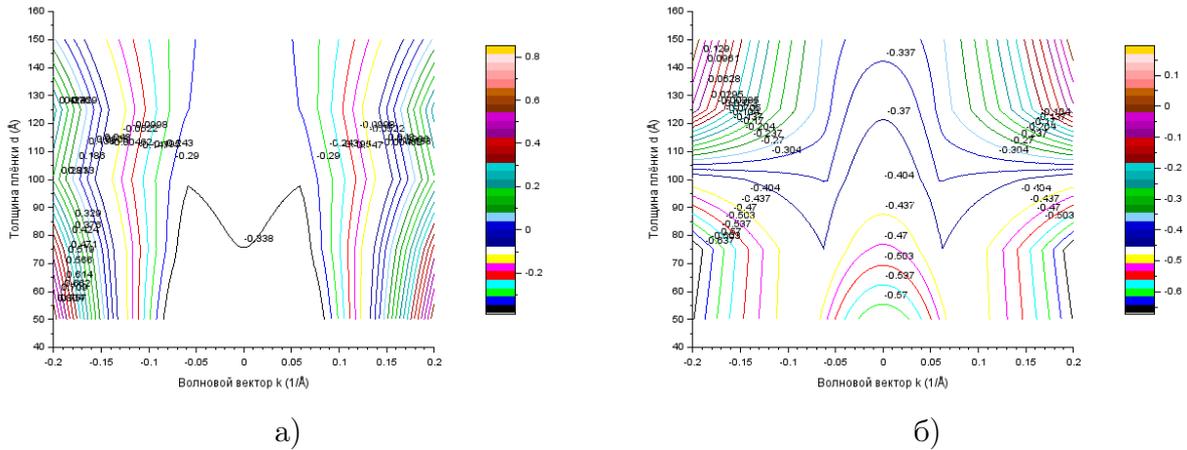


Рис. 2. Контурный график зависимости энергии носителей заряда  $E_{\pm}(k_{\parallel})$  от волнового вектора и толщины плёнки топологического изолятора. а)  $E_{+}(k_{\parallel})$ , б)  $E_{-}(k_{\parallel})$ .

На рис. 2 изображён контурный график зависимости энергии носителей заряда  $E_{\pm}(k_{\parallel})$  от волнового вектора и толщины плёнки топологического изолятора. Значения энергии представлены в электрон-вольтах.

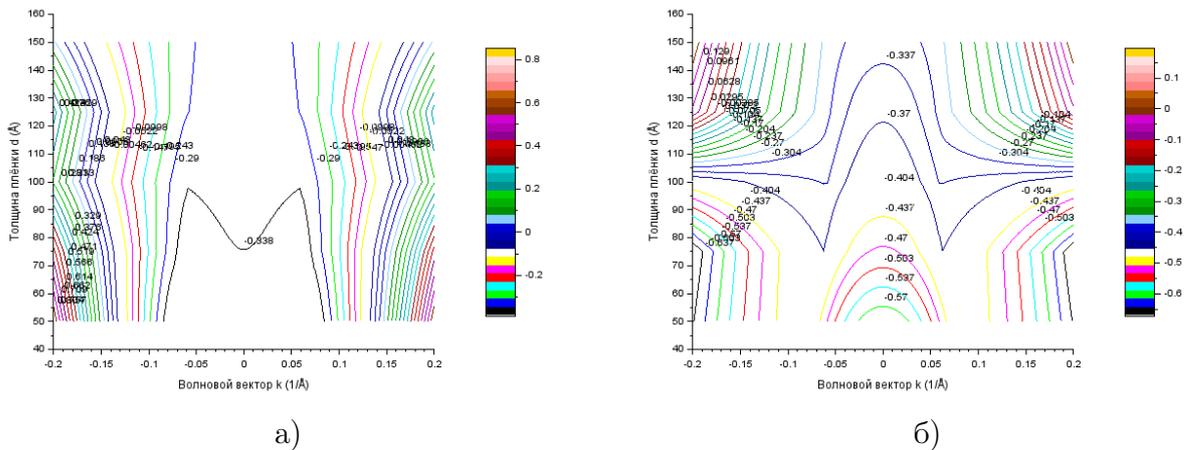


Рис. 3. Контурный график зависимости энергии носителей заряда  $E_{\sigma_{\pm}}(k)$  от волнового вектора и толщины плёнки топологического изолятора. а)  $E_{\sigma_{+}}(k_{\parallel})$ , б)  $E_{\sigma_{-}}(k_{\parallel})$ .

На рис. 3 изображён контурный график зависимости энергии носителей заряда  $E_{\sigma_{\pm}}(k_{\parallel})$  от волнового вектора и толщины плёнки топологического изолятора. Значения энергии представлены в электрон-вольтах.

В результате численных расчётов получены энергетические спектры носителей электрического заряда в плёнках из топологических изоляторов толщиной от 50 Å до 150 Å. В результате численных расчётов показано, что носители электрического заряда локализуются на поверхности и границах раздела плёнки из топологического изолятора.

### Заключение

Исследованы физические свойства плёнок из топологических изоляторов. В работе проведены численные расчёты энергетического спектра носителей электрического заряда в плёнках на основе топологических изоляторов в терагерцовом диапазоне при различных толщинах плёнок топологических изоляторов.

Выводы по работе можно сформулировать следующим образом:

1. разработанная теоретическая модель позволяет адекватно описывать энергетический спектр носителей электрического заряда в плёнках топологических изоляторов с учётом топологических поверхностных состояний,
2. предложенная теоретическая модель позволяет вычислять энергетический спектр носителей электрического заряда в плёнках топологических изоляторов различной толщины.

В ходе работы раскрыт новый аспект вопроса о свойствах плёнок из топологических изоляторов. Нелинейные эффекты усиливаются в терагерцовом диапазоне из-за топологической защиты поверхностных состояний. Полученные формулы могут быть использованы для расчёта параметров устройств на основе топологических изоляторов. Результаты работы могут быть использованы для создания прототипов терагерцовых модуляторов и датчиков.

### Список использованных источников

1. Tiwari Anil. Topological insulators: novel phases of matter with unique electronic properties // International journal for research in applied science and engineering technology. — 2024. — mar. — Vol. 12, no. 3. — P. 1210–1216. — URL: <http://dx.doi.org/10.22214/ijraset.2024.59039>.
2. Feng Zhiying. Research and application of topological insulators // 2nd International conference on mechanical, electronics, and electrical and automation control (METMS 2022) / Ed. by Xuexia Ye. — SPIE, 2022. — apr. — P. 150. — URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2635158>.
3. Zhang Yiqi, Kartashov Yaroslav V. Nonlinear higher-order topological states and higher-order topological solitons // 2024 International conference laser optics (ICLO). — IEEE, 2024. — jul. — P. 281–281. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/iclo59702.2024.10624200>.
4. Ando Yoichi. Topological insulators // Wide bandgap semiconductor spintronics. — Jenny Stanford Publishing, 2016. — mar. — P. 97–120. — ISBN: 9780429154775. — URL: <http://dx.doi.org/10.1201/b20038-8>.
5. Using topological insulators properties to improve electronic and spintronic devices / Firas Mahmood Mustafa [et al.] // Radioelectronics. Nanosystems. Information technologies. — 2024. — sep. — Vol. 16, no. 6. — P. 721–730. — URL: <http://dx.doi.org/10.17725/j.rensit.2024.16.721>.
6. Li Dikun, Lu Hua, Zhao Jianlin. Topological insulator-based nonlinear optical effects and functional devices // Journal of nonlinear optical physics and materials. — 2023. — feb. — Vol. 32, no. 04. — URL: <http://dx.doi.org/10.1142/s0218863523300025>.
7. Computing spectral properties of topological insulators without artificial truncation or supercell approximation / Matthew J. Colbrook [et al.] // IMA Journal of applied mathematics. — 2023. — jan. — Vol. 88, no. 1. — P. 1–42. — URL: <http://dx.doi.org/10.1093/imamat/hxad002>.
8. Discovering two-dimensional topological insulators from high-throughput computations / Thomas Olsen [et al.] // Physical Review Materials. — 2019. — feb. — Vol. 3, no. 2. — P. 024005. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PHYSREVMATERIALS.3.024005>.

9. DFT-1/2 method applied to 3D topological insulators / Tullio Mota [et al.] // Journal of physics: condensed matter. — 2022. — sep. — Vol. 34, no. 46. — P. 465501. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-648X/ac8fd2>.
10. Low-energy modeling of three-dimensional topological insulator nanostructures / Eduard Zsurka [et al.] // Physical review materials. — 2024. — aug. — Vol. 8, no. 8. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/physrevmaterials.8.084204>.
11. Zhang Haijun, Zhang Shou-Cheng. Topological insulators from the perspective of first-principles calculations // physica status solidi (RRL) - Rapid research letters. — 2012. — nov. — Vol. 7, no. 1–2. — P. 72–81. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/PSSR.201206414>.
12. Modelling near-surface bound electron states in a 3D topological insulator: analytical and numerical approaches / V. N. Men'shov [et al.] // Journal of physics: condensed matter. — 2014. — oct. — Vol. 26, no. 48. — P. 485003. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0953-8984/26/48/485003>.
13. Analytic theory of edge modes in topological insulators / Shijun Mao [et al.] // Journal of the physical society of Japan. — 2010. — dec. — Vol. 79, no. 12. — P. 124709. — URL: <http://dx.doi.org/10.1143/JPSJ.79.124709>.
14. Crossover of the three-dimensional topological insulator Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> to the two-dimensional limit / Yi Zhang [et al.] // Nature physics. — 2010. — jun. — Vol. 6, no. 8. — P. 584–588. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/NPHYS1689>.

#### Сведения об авторах:

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

E-mail: [selyukova2003810@gmail.com](mailto:selyukova2003810@gmail.com)

ORCID iD  0009-0003-6886-9490

Web of Science ResearcherID  ISA-2143-2023

Original article  
PACS 31.15.-p  
OCIS 310.6870  
MSC 00A79

## Investigation of physical properties of topological insulators

A. D. Selyukova 

*Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia*

Submitted May 20, 2025  
Resubmitted May 23, 2025  
Published June 14, 2025

---

**Abstract.** The results of the study of energy characteristics of topological insulators in microstructural systems in the terahertz range are presented. A theoretical model for calculating the energy spectrum of electric charge carriers in films based on topological insulators in the terahertz range is developed. Numerical modeling of the energy spectrum of electric charge carriers in films based on topological insulators in the terahertz range is carried out.

**Keywords:** topological insulator, terahertz range, energy spectrum, electric charge carrier, film, model, electronic properties, microstructural system

---

### References

1. Tiwari Anil. Topological insulators: novel phases of matter with unique electronic properties // International journal for research in applied science and engineering technology. — 2024. — mar. — Vol. 12, no. 3. — P. 1210–1216. — URL: <http://dx.doi.org/10.22214/ijraset.2024.59039>.
2. Feng Zhiying. Research and application of topological insulators // 2nd International conference on mechanical, electronics, and electrical and automation control (METMS 2022) / Ed. by Xuexia Ye. — SPIE, 2022. — apr. — P. 150. — URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2635158>.
3. Zhang Yiqi, Kartashov Yaroslav V. Nonlinear higher-order topological states and higher-order topological solitons // 2024 International conference laser optics (ICLO). — IEEE, 2024. — jul. — P. 281–281. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/iclo59702.2024.10624200>.
4. Ando Yoichi. Topological insulators // Wide bandgap semiconductor spintronics. — Jenny Stanford Publishing, 2016. — mar. — P. 97–120. — ISBN: 9780429154775. — URL: <http://dx.doi.org/10.1201/b20038-8>.
5. Using topological insulators properties to improve electronic and spintronic devices / Firas Mahmood Mustafa [et al.] // Radioelectronics. Nanosystems. Information technologies. — 2024. — sep. — Vol. 16, no. 6. — P. 721–730. — URL: <http://dx.doi.org/10.17725/j.rensit.2024.16.721>.

6. Li Dikun, Lu Hua, Zhao Jianlin. Topological insulator-based nonlinear optical effects and functional devices // *Journal of nonlinear optical physics and materials*. — 2023. — feb. — Vol. 32, no. 04. — URL: <http://dx.doi.org/10.1142/s0218863523300025>.
7. Computing spectral properties of topological insulators without artificial truncation or supercell approximation / Matthew J. Colbrook [et al.] // *IMA Journal of applied mathematics*. — 2023. — jan. — Vol. 88, no. 1. — P. 1–42. — URL: <http://dx.doi.org/10.1093/imamat/hxad002>.
8. Discovering two-dimensional topological insulators from high-throughput computations / Thomas Olsen [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2019. — feb. — Vol. 3, no. 2. — P. 024005. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PHYSREVMATERIALS.3.024005>.
9. DFT-1/2 method applied to 3D topological insulators / Tulio Mota [et al.] // *Journal of physics: condensed matter*. — 2022. — sep. — Vol. 34, no. 46. — P. 465501. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-648X/ac8fd2>.
10. Low-energy modeling of three-dimensional topological insulator nanostructures / Eduard Zsurka [et al.] // *Physical review materials*. — 2024. — aug. — Vol. 8, no. 8. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/physrevmaterials.8.084204>.
11. Zhang Haijun, Zhang Shou-Cheng. Topological insulators from the perspective of first-principles calculations // *physica status solidi (RRL) - Rapid research letters*. — 2012. — nov. — Vol. 7, no. 1–2. — P. 72–81. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/PSSR.201206414>.
12. Modelling near-surface bound electron states in a 3D topological insulator: analytical and numerical approaches / V. N. Men'shov [et al.] // *Journal of physics: condensed matter*. — 2014. — oct. — Vol. 26, no. 48. — P. 485003. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0953-8984/26/48/485003>.
13. Analytic theory of edge modes in topological insulators / Shijun Mao [et al.] // *Journal of the physical society of Japan*. — 2010. — dec. — Vol. 79, no. 12. — P. 124709. — URL: <http://dx.doi.org/10.1143/JPSJ.79.124709>.
14. Crossover of the three-dimensional topological insulator Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> to the two-dimensional limit / Yi Zhang [et al.] // *Nature physics*. — 2010. — jun. — Vol. 6, no. 8. — P. 584–588. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/NPHYS1689>.

#### Information about authors:

**Anastasia Denisovna Selyukova** — 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: [selyukova2003810@gmail.com](mailto:selyukova2003810@gmail.com)

ORCID iD  0009-0003-6886-9490

Web of Science ResearcherID  ISA-2143-2023

## Секция 3

---

### Науки об образовании

---

#### 3.1 Теория и методика обучения и воспитания

Научная статья  
УДК 372.853  
ББК 74.262.23  
ГРНТИ 14.25.09  
ВАК 5.8.2.  
PACS 01.40.-d  
OCIS 000.2060  
MSC 00A79

#### Результаты апробации методики преподавания избранных тем механики в общеобразовательной школе

Е. С. Железникова  <sup>1</sup>

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

Поступила в редакцию 5 мая 2025 года  
После переработки 6 мая 2025 года  
Опубликована 14 июня 2025 года

---

**Аннотация.** Представлены результаты исследования, направленного на апробацию методики преподавания темы механики, охватывающей механическую энергию, мощность, работу и кинетическую энергию в курсе физики основной школы. Получены положительные результаты апробации методики преподавания темы по механической мощности и работе, темы по работе и кинетической энергии в курсе физики основной школы. Показано, что проведённый педагогический эксперимент по апробации методики преподавания темы по механической мощности и работе дал положительные результаты.

**Ключевые слова:** механическая мощность, работа, методика, педагогический эксперимент

---

<sup>1</sup>E-mail: zheleznikovaliza200@gmail.com

## Введение

Изучение механики в школьном курсе физики является важнейшим этапом формирования у учащихся физического мировоззрения. Однако традиционные методы преподавания темы механической энергии, мощности, работы и кинетической энергии не всегда обеспечивают высокий уровень усвоения. В связи с этим актуальна разработка и апробация новых методик преподавания темы. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности изучения механики в школе за счёт внедрения инновационных педагогических технологий.

Целью работы является апробация методики преподавания темы по механической энергии, мощности, работе и кинетической энергии, направленной на повышение уровня усвоения материала учащимися основной школы.

Для достижения указанной цели в работе поставлены следующие задачи:

1. проанализировать научную литературу по существующим методикам преподавания механики в школьном курсе физики,
2. разработать авторскую методику преподавания избранной темы с применением современных педагогических технологий,
3. провести апробацию методики в учебном процессе общеобразовательной школы.

Объектом исследования является процесс обучения физике в основной школе. Предметом исследования является методика преподавания темы по механической энергии, мощности, работе и кинетической энергии в рамках курса физики основной школы.

Методы исследования включают в себя анализ научной литературы, педагогический эксперимент, включающий сравнительный анализ успеваемости в контрольной и экспериментальной группах, статистические методы для обработки результатов педагогического эксперимента. Материалы исследования включают в себя учебные программы и учебники по физике для основной школы, разработанные дидактические материалы, результаты учащихся по проверочным работам по физике.

Научная новизна исследования заключается в том, что разработана авторская методика с использованием практико-ориентированных задач механики.

Гипотеза научного исследования заключается в том, что если применять разработанную методику, основанную на активных и интерактивных формах обучения в сочетании с цифровыми образовательными технологиями, то можно получить более глубокое усвоение материала темы механики учащимися основной школы.

Теоретическая значимость научного исследования заключается в том, что работа вносит вклад в развитие методики преподавания физики, систематизирует подходы к объяснению понятий механики и предлагает оригинальную методику преподавания темы. Практическая значимость научного исследования заключается в том, что разработанная методика может быть использована учителями физики для повышения качества преподавания темы механики, а также в подготовке будущих педагогов.

## Обзор

Преподавание понятий механической энергии, мощности, работы и кинетической энергии в общеобразовательной школе может быть эффективно реализовано посредством сочетания традиционных и инновационных педагогических методов. Традиционные методы, такие как решение задач с помощью карандаша и бумаги или компьютерных вычислений, необходимы для понимания фундаментальных принципов работы, энергии и мощности, поскольку они позволяют учащимся применять векторное скалярное произведение силы и перемещения, а также исследовать кинетическую и потенциальную энергию в различных контекстах [1]. В работе [1] рассматриваются понятия,

связанные с механической работой, энергией и мощностью, а также применение таких понятий, как кинетическая, потенциальная и упругая энергия, закон сохранения энергии и теорема о работе и энергии, для решения задач. В работе [1] обсуждается решение задач, связанных с механической работой, энергией и мощностью, с акцентом на применение векторных скалярных произведений, кинетической энергии, гравитационной потенциальной энергии и упругой потенциальной энергии. Эффективные методы обучения включают практические эксперименты, демонстрирующие эти понятия, компьютерное моделирование для визуализации преобразований энергии и решение задач с использованием карандаша, бумаги и цифровых инструментов. Вовлечение учащихся в изучение практических приложений теоремы о работе и энергии и закона сохранения механической энергии может улучшить понимание и усвоение этих фундаментальных физических тем. Однако интеграция этих понятий с «параллельной» педагогикой, которая одновременно охватывает смежные понятия механики, такие как импульс, силы и кинематика, может улучшить концептуальное понимание. Этот подход использует интерактивные видео и ориентированные на учащихся упражнения, чтобы побудить учащихся глубоко вникать в материал, а не просто заучивать формулы [2]. В статье [2] обсуждается подход «параллельной» педагогики, который охватывает механическую энергию, мощность, работу и кинетическую энергию одновременно, а не последовательно. Этот метод использует интерактивные видеоматериалы для подачи материала, что позволяет проводить групповую работу и интерактивные занятия, ориентированные на учащихся. Начиная с простых примеров и постепенно усложняя их, учащиеся глубоко погружаются в основополагающие физические концепции, что способствует более глубокому пониманию концепций. В статье [2] опросы показывают, что учащиеся положительно реагируют на эту инновационную модель обучения, углубляя своё понимание механической энергии и связанных с ней тем. Параллельная педагогика, как обсуждается в статье [2], охватывает четыре понятия механики: импульс, энергию, силу и кинематику одновременно, а не строит каждое понятие на понимании предыдущего. Для младших школьников введение понятий энергии через машинное обучение в программу по естествознанию может быть полезным. Этот метод предполагает постепенное введение понятий и исследовательскую учебную деятельность, что способствует развитию научных компетенций и решению распространённых учебных трудностей. Кроме того, обсуждение принципа работы-энергии и закона сохранения энергии, включая роль консервативных и неконсервативных сил, обеспечивает всестороннее понимание того, как энергия преобразуется и сохраняется в различных системах [3, 4]. В работе [3] рассматриваются фундаментальные концепции, формы энергии и принцип работы-энергии, которые можно использовать для разработки увлекательных планов уроков. Включение практических экспериментов, практических примеров и интерактивного моделирования способствует лучшему пониманию материала. Кроме того, обсуждение вопросов сохранения энергии и энергоэффективности может расширить понимание учащихся этих тем в рамках преподавания физики. В работе [4] даются определения механической мощности и работы, выводится теорема о работе и энергии, а также обсуждаются консервативные силы, потенциальная энергия и закон сохранения энергии с примерами, иллюстрирующими их применение в физике. В работе [4] рассматриваются понятия мощности, работы и энергии, с акцентом на теореме о работе и энергии и роли консервативных сил. Для эффективного преподавания этих тем преподаватели могут использовать практические примеры, иллюстрирующие закон сохранения энергии, такие как силы тяжести и силы упругости. Включение практических экспериментов и примеров из реальной жизни может улучшить понимание материала. Кроме того, наглядные пособия и интерактивное моделирование помогают учащимся понять взаимосвязь между силой, работой и кинетической энергией, делая процесс

обучения более интересным и всеобъемлющим. Комбинируя эти методы, преподаватели могут создать надёжную образовательную среду, способствующую как теоретическому пониманию, так и практическому применению концепций механической энергии.

В работе [5] рассматриваются физические принципы, лежащие в основе процессов, связанных с энергией, и показывают, что величина выполненной работы в любой ситуации зависит от приложенной силы и расстояния, на которое переместилось тело. В работе [5] подчёркивается важность понимания взаимосвязи между работой, энергией и мощностью, отмечая, что работа связана с преодолением противодействующих сил, а кинетическая энергия зависит от массы и скорости. Преподаватели могут использовать практические демонстрации и примеры из реальной жизни для эффективной иллюстрации этих концепций, помогая учащимся усвоить пропорциональные соотношения между работой и энергией.

В статье [6] системный подход к преподаванию энергетики для учащихся 15-16 лет, представленный в недавно опубликованном голландском учебнике физики (Licht et al, 1990), характеризуется определением системы и изучением обмена энергией между системой и окружающей средой. В статье [6] подчёркивается важность системного подхода к преподаванию энергетики, который включает определение систем и изучение обмена энергией с помощью диаграмм энергетического баланса. Этот метод связывает различные разделы физики и побуждает учащихся к фундаментальным вопросам. В статье [6] подчёркивается важность определения входной, выходной и внутренней энергии, таких как кинетическая и гравитационная энергия. В статье [6] отмечается, что для правильного применения этого метода учащимся требуется специальная подготовка, поскольку неправильные представления могут помешать их пониманию механической энергии, мощности, работы и кинетической энергии.

В работе [7] рассматриваются физические величины и концепции, необходимые для понимания энергии и связанного с ней принципа сохранения, включая концепцию энергии как скалярной величины, обычно выражаемой в тех же единицах, что и работа. В работе [7] подчёркивается важность понимания определений и взаимосвязей между этими понятиями, такими как работа, требующая приложения силы и перемещения, и мощность как скорость выполнения работы. Преподаватели могут использовать практические примеры и эксперименты для иллюстрации этих принципов, способствуя более глубокому пониманию энергии как скалярной величины, связанной со способностью совершать работу.

В работе [8] вводится понятие виртуальной работы и обосновывается принцип работы для частицы, затем для твёрдого тела и, наконец, для деформируемого тела. В работе [8] основное внимание уделяется принципу виртуальной работы, обсуждается его применение к частицам, твёрдым и деформируемым телам, а также выводятся выражения для систем внутренних и внешних сил. Для разработки методики преподавания потребуются дополнительные образовательные ресурсы или педагогическое образование.

В статье [9] была разработана и применена концептуальная рамочная модель работы и механической энергии для руководства разработкой оценки для измерения уровня интеграции знаний учащихся, а также были собраны качественные и количественные данные в двух средних школах в городе на востоке Китая.

В статье [10] изучается прогресс в понимании кинетической энергии учащимися старших классов с использованием концептуальных карт, тестовых инструментов и модели Раша для анализа когнитивного развития учащихся и построения логического порядка знаний по предмету.

В работе [11] рекомендуется усилить исследовательскую работу преподавателей по данному курсу, разработать более инновационные проектные решения, программное

аналоговое моделирование, метод «перевернутого класса» и другие учебные ресурсы для достижения лучших результатов обучения. В работе [11] рассматриваются различные методы преподавания теории механики, которые могут быть применены к таким темам, как механическая энергия и мощность, работа и кинетическая энергия. Рекомендуемые методы включают проектное обучение, интеграцию инновационного проектирования в области механики, обучение с усвоением материала, использование программного обеспечения для компьютерного моделирования и модель «перевернутого класса». Эти подходы направлены на повышение вовлечённости студентов и развитие их способности применять знания посредством активного участия и практического обучения, что делает их подходящими для эффективного преподавания этих физических концепций.

В работе [12] рассматривается модернизация методов преподавания физики с акцентом на интерактивные и личностно-ориентированные подходы. Для таких тем, как механическая энергия, мощность, работа и кинетическая энергия, предлагается использовать практические эксперименты, моделирование и совместные проекты для улучшения понимания материала. Использование технологий, таких как виртуальные лаборатории, также может способствовать более глубокому изучению этих концепций. Основное внимание уделяется развитию критического мышления и навыков решения проблем, что делает процесс обучения более эффективным и актуальным для учащихся средней школы. В работе [12] модернизируются методы преподавания физики в средней школе, исследуя инновационные подходы к повышению вовлечённости и понимания материала учащимися, уделяя особое внимание улучшению результатов обучения и подготовке учителей в современном образовательном контексте.

## Описание схемы педагогического эксперимента по физике

Педагогический эксперимент является важным инструментом для оценки эффективности образовательных методик и учебных программ. Целью данного исследования является сравнительный анализ успеваемости учащихся девятых классов по физике на основе учебника Н. С. Пурышевой, Н. Е. Важеевской, В. М. Чаругина 2015 года издания при изучении раздела по механике и темы по механической работе и мощности, темы по работе и потенциальной энергии, темы по работе и кинетической энергии. В эксперименте участвуют две группы: экспериментальная и контрольная, обучающиеся по одной программе.

Экспериментальная группа состоит из 27 учеников, из них 12 мальчиков и 15 девочек, 5 учеников из данной группы будут сдавать экзамен по физике. В этой группе акцентируется внимание на использовании активных методов обучения, таких как лекции с использованием презентации, наглядное объяснение физических процессов, показ научных роликов, и дополнительных материалов для углубленного понимания тем. Контрольная группа состоит из 26 учеников, из них 13 мальчиков и 13 девочек, и обучается по традиционным методам, без применения дополнительных ресурсов; в данной группе экзамен по физике никто сдавать не будет.

В ходе эксперимента были проведены три проверочные работы: на входе, промежуточная и на выходе. Входная проверочная работа была проведена в начале исследования для определения исходного уровня знаний учащихся. Промежуточная проверочная работа проводилась после изучения первых двух тем, чтобы оценить прогресс учащихся. Выходная проверочная работа проводилась в конце исследования для итогового результата. Анализ результатов проводился по трём основным показателям: абсолютная успеваемость, качественная успеваемость и степень обученности учеников. Абсолютная успеваемость вычисляется как сумма количества учеников с отметками «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно», разделить на общее количество учащихся и затем

умножить на 100 %. Качественная успеваемость вычисляется по формуле: сумма количества учеников с оценками «отлично» и «хорошо» разделить на общее количество учеников, а затем умножить на 100 %. Степень обученности учеников вычисляется по формуле: сумму количества учеников с оценкой «отлично» умножить на 1, «хорошо» умножить на 0.64, «удовлетворительно» умножить на 0.36, количество «неудовлетворительно» умножить на 0.16, разделить на общее количество учеников, а затем умножить на 100 %.

## Результаты педагогического эксперимента по физике в экспериментальной группе

В экспериментальной группе входная проверочная работа по теме «Механическая работа и мощность» была написана 9.12.2024, средний балл составил 3.52. Промежуточная проверочная работа по теме «Работа и потенциальная энергия» была написана 20.12.2024, средний балл составил 4.04. Заключаящая проверочная работа на выходе по теме «Работа и кинетическая энергия» была написана 26.12.2024, средний балл составил 4.52.

Результаты анализа по основным показателям всей экспериментальной группы за период исследования: Абсолютная успеваемость на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 9.12.2024, составляет 78 %, что соответствует допустимому уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 9.12.2024, составляет 63 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 9.12.2024, составляет 53 %, что соответствует допустимому уровню обученности учащихся.

Абсолютная успеваемость на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, составляет 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, составляет 85 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, составляет 69 %, что соответствует оптимальному уровню обученности учащихся.

Абсолютная успеваемость на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 26.12.2024, составляет 100 %, что соответствует допустимому уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 26.12.2024, составляет 100 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 26.12.2024, составляет 83 %, что соответствует оптимальному уровню обученности учащихся.

Приведём индивидуальные результаты обучения учеников экспериментальной группы за период проведения педагогического эксперимента по физике.

Ученик 1 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 9.12.2024, получил отметку «отлично». Ученик 1 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 1 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 26.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 2 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 9.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 2 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 2 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 26.12.2024, получил отметку «хорошо».





Ученик 23 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 9.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 23 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «отлично». Ученик 23 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 26.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 24 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 9.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 24 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 24 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 26.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 25 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 9.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 25 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «отлично». Ученик 25 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 26.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 26 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 9.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 26 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 26 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 26.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 27 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 9.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 27 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 27 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 26.12.2024, получил отметку «хорошо».

## **Результаты педагогического эксперимента по физике в контрольной группе**

В контрольной группе входная проверочная работа по теме «Механическая работа и мощность» была написана 6.12.2024, средний балл составил 3.19. Промежуточная проверочная работа по теме «Работа и потенциальная энергия» была написана 20.12.2024, средний балл составил 3.27. Заключаящая проверочная работа на выходе по теме «Работа и кинетическая энергия» была написана 27.12.2024, средний балл составил 3.69.

Приведём результаты анализа по основным показателям всей контрольной группы за период исследования. Абсолютная успеваемость на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, составляет 81 %, что соответствует допустимому уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, составляет 35 %, что соответствует допустимому уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, составляет 43 %, что соответствует удовлетворительному уровню обученности учащихся.

Абсолютная успеваемость на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, составляет 81 %, что соответствует допустимому уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, составляет 38 %, что соответствует допустимому уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, составляет 46 %, что соответствует удовлетворительному уровню обученности учащихся.

Абсолютная успеваемость на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия»,

проведённом 27.12.2024, составляет 92 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, составляет 62 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, составляет 57 %, что соответствует допустимому уровню обученности учащихся.

Представим индивидуальные результаты учеников контрольной группы за период проведения педагогического эксперимента.

Ученик 1 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 1 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 1 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 2 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 2 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «неудовлетворительно». Ученик 2 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 3 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 3 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «неудовлетворительно». Ученик 3 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «неудовлетворительно».

Ученик 4 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 4 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 4 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 5 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 5 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 5 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «удовлетворительно».

Ученик 6 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 6 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «отлично». Ученик 6 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 7 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил «удовлетворительно». Ученик 7 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «отлично». Ученик 7 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 8 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 8 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «неудовлетворительно». Ученик 8 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 9 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «неудовлетворительно». Ученик 9 на занятии по теме «Ра-



теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 19 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «удовлетворительно».

Ученик 20 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «неудовлетворительно». Ученик 20 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «неудовлетворительно». Ученик 20 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «удовлетворительно».

Ученик 21 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 21 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 21 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «удовлетворительно».

Ученик 22 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 22 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 22 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «удовлетворительно».

Ученик 23 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «неудовлетворительно». Ученик 23 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 23 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «неудовлетворительно».

Ученик 24 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 24 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 24 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 25 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 25 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 25 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 26 на занятии по теме «Механическая работа и мощность», проведённом 6.12.2024, получил отметку «неудовлетворительно». Ученик 26 на занятии по теме «Работа и потенциальная энергия», проведённом 20.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 26 на занятии по теме «Работа и кинетическая энергия», проведённом 27.12.2024, получил отметку «удовлетворительно».

На рис. 1 изображена гистограмма абсолютной успеваемости учащихся на проверочных работах по физике в ходе педагогического эксперимента.

На рис. 2 изображена гистограмма качества знаний учащихся на проверочных работах по физике в ходе педагогического эксперимента.

На рис. 3 изображена гистограмма степени обученности учащихся по результатам проверочных работ по физике, проведённых в ходе педагогического эксперимента. Педагогический эксперимент показал, что использование активных и интерактивных форм обучения в сочетании с цифровыми образовательными технологиями и дополнительными материалами в экспериментальной группе привело к повышению вовлечённости учеников и уровня успеваемости по сравнению с контрольной группой. Учащиеся экспериментальной группы продемонстрировали значительное улучшение абсолютной и качественной успеваемости, а также более высокую степень обученности.

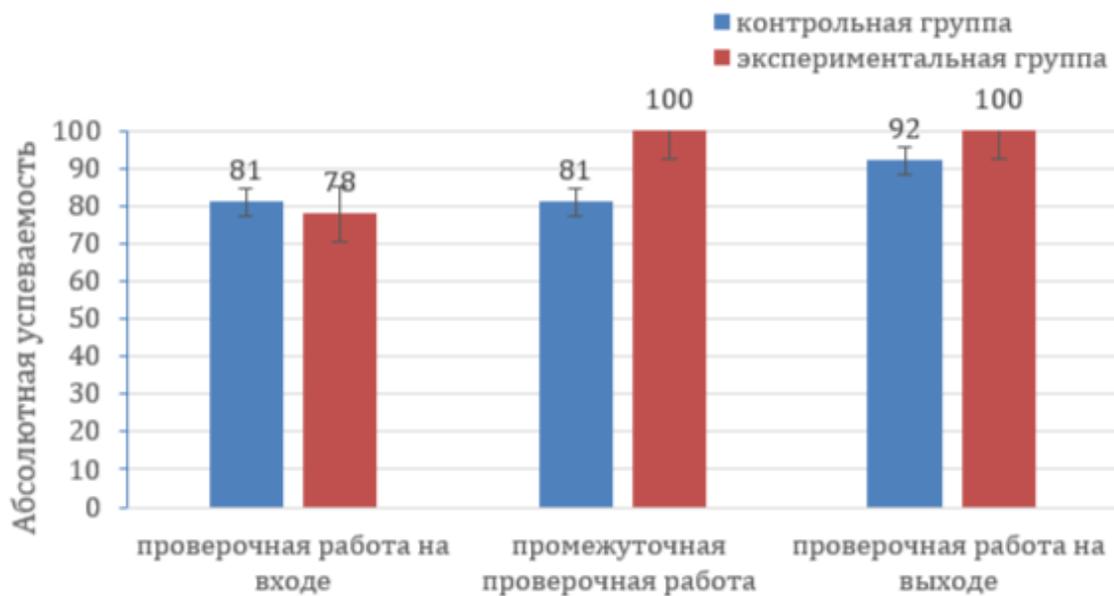


Рис. 1. Абсолютная успеваемость учащихся на проверочных работах по физике в ходе педагогического эксперимента.

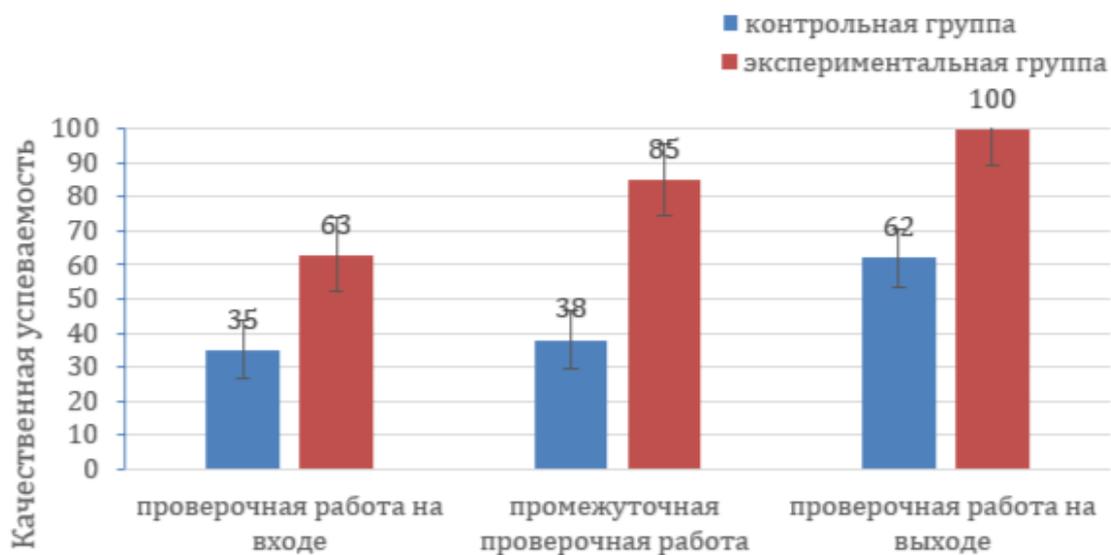


Рис. 2. Качество знаний учащихся на проверочных работах по физике в ходе педагогического эксперимента.

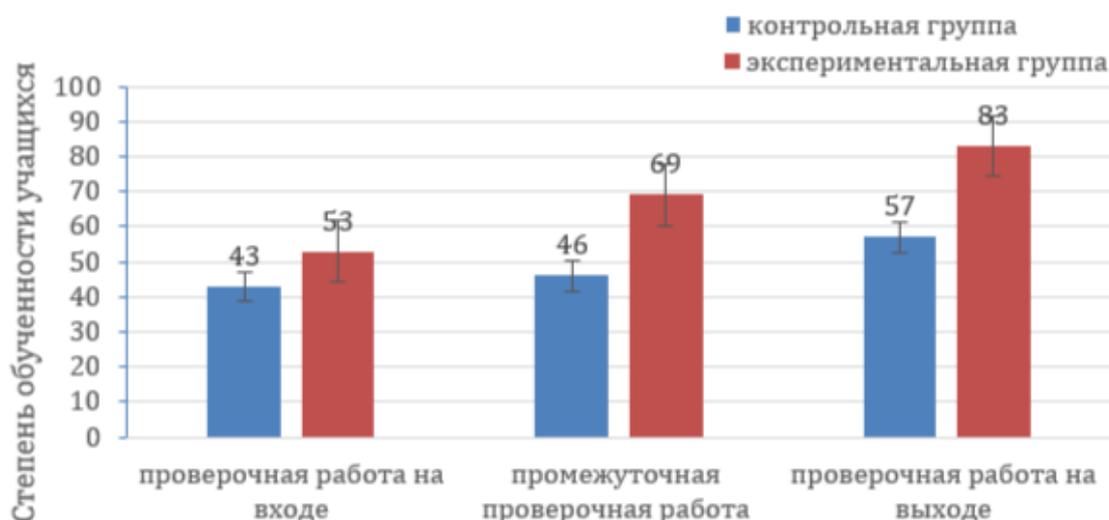


Рис. 3. Степень обученности учащихся на проверочных работах по физике в ходе педагогического эксперимента.

## Заключение

Выводы по работе можно сформулировать следующим образом:

1. предложенная методика позволяет повысить качество обучения механике в курсе физики, что делает её перспективной для дальнейшего внедрения в образовательный процесс основной школы. апробация методики подтвердила её эффективность в повышении уровня понимания учащимися ключевых понятий механики,
2. в ходе апробации показано, что методика может успешно применяться в образовательной практике основной школы,
3. использование практико-ориентированных заданий способствовало активному вовлечению учащихся в процесс изучения механики в курсе физики основной школы.

Гипотеза научного исследования, заключающаяся в том, что если применять разработанную методику, основанную на активных и интерактивных формах обучения в сочетании с цифровыми образовательными технологиями, то можно получить более глубокое усвоение материала темы механики учащимися основной школы, подтверждена полностью.

Показано, что исследование способствовало углубленному анализу методических подходов к преподаванию механики. Апробация показала, что методика может успешно применяться в школьной практике.

Разработанную методику целесообразно внедрять в школах в сочетании с цифровыми образовательными технологиями для повышения мотивации и результативности обучения.

## Список использованных источников

1. Hassan Wan, Saridan Wan Muhamad. Work, energy, and power // Physics - problems, solutions, and computer calculations. — Springer Nature Switzerland, 2023. — P. 207–250. — ISBN: 9783031426780. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-42678-0\\_7](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-42678-0_7).
2. Schwartz Pete. Focusing on concepts by covering them simultaneously // The physics teacher. — 2017. — may. — Vol. 55, no. 5. — P. 280–284. — URL: <http://dx.doi.org/10.1119/1.4981034>.

3. Kostic M. Work, power, and energy // Encyclopedia of energy. — Elsevier, 2004. — P. 527–538. — ISBN: 9780121764807. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B0-12-176480-X/00075-9>.
4. O'Reilly Oliver M. Power, work, and energy // Engineering dynamics. — Springer International Publishing, 2019. — P. 95–117. — ISBN: 9783030117450. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-11745-0\\_5](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-11745-0_5).
5. Marion Jerry B. Work, energy, and power // Energy in perspective. — Elsevier, 1974. — P. 10–31. — ISBN: 9780124722750. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-472275-0.50005-1>.
6. Huis Cor van, Berg Ed van den. Teaching energy: a systems approach // Physics education. — 1993. — may. — Vol. 28, no. 3. — P. 146–153. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/28/3/003>.
7. Stanford A. L., Tanner J. M. Work, power, and energy // Physics for students of science and engineering. — Elsevier, 1985. — P. 109–144. — ISBN: 9780126633801. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-663380-1.50008-2>.
8. Megson T. H. G. Virtual work and energy methods // Aircraft structures for engineering students. — Elsevier, 2022. — P. 99–130. — ISBN: 9780128228685. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-822868-5.00004-8>.
9. Assessment of student knowledge integration in learning work and mechanical energy / Dazhen Tong [et al.] // Physical review physics education research. — 2023. — apr. — Vol. 19, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/physrevphyseducres.19.010127>.
10. Cui Xuemei, Zheng Yue, Chen Yu. A study on the learning progressions of understanding the core concepts of kinetic energy in high school // Journal of contemporary educational research. — 2024. — nov. — Vol. 8, no. 11. — P. 46–55. — URL: <http://dx.doi.org/10.26689/jcer.v8i11.8826>.
11. Research and thinking on diversified teaching methods of mechanical theory / Ruican Hao [et al.] // E-learning, e-education, and online training. — Springer International Publishing, 2019. — P. 74–81. — ISBN: 9783030350956. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-35095-6\\_9](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-35095-6_9).
12. Sultanova A., Sultanova N. Modernization of methods and approaches of teaching physics for secondary school education // Modern problems of physics education. — Baskir State University, 2021. — P. 363. — URL: <http://dx.doi.org/10.33184/mppe-2021-11-10.125>.

### Сведения об авторах:

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

E-mail: [zheleznikovaliza200@gmail.com](mailto:zheleznikovaliza200@gmail.com)

ORCID iD  0000-0002-5854-1366

Web of Science ResearcherID  AGV-8100-2022

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

## Results of testing the methodology for teaching selected topics of mechanics in a comprehensive school

E. S. Zheleznikova 

*Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia*

Submitted 5 May 2025

Resubmitted 6 May 2025

Published 14 June 2025

---

**Abstract.** The results of the study aimed at testing the methodology of teaching the topic of mechanics, covering mechanical energy, power, work and kinetic energy in the physics course in a comprehensive school are presented. Positive results were obtained in testing the methodology of teaching the topic of mechanical energy and power, the topic of work and kinetic energy in the physics course of a comprehensive school. It is shown that the conducted pedagogical experiment on testing the methodology of teaching the topic of mechanical energy and power gave positive results.

**Keywords:** mechanical power, work, methodology, pedagogical experiment

---

### References

1. Hassan Wan, Saridan Wan Muhamad. Work, energy, and power // Physics - problems, solutions, and computer calculations. — Springer Nature Switzerland, 2023. — P. 207–250. — ISBN: 9783031426780. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-42678-0\\_7](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-42678-0_7).
2. Schwartz Pete. Focusing on concepts by covering them simultaneously // The physics teacher. — 2017. — may. — Vol. 55, no. 5. — P. 280–284. — URL: <http://dx.doi.org/10.1119/1.4981034>.
3. Kostic M. Work, power, and energy // Encyclopedia of energy. — Elsevier, 2004. — P. 527–538. — ISBN: 9780121764807. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B0-12-176480-X/00075-9>.
4. O'Reilly Oliver M. Power, work, and energy // Engineering dynamics. — Springer International Publishing, 2019. — P. 95–117. — ISBN: 9783030117450. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-11745-0\\_5](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-11745-0_5).
5. Marion Jerry B. Work, energy, and power // Energy in perspective. — Elsevier, 1974. — P. 10–31. — ISBN: 9780124722750. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-472275-0.50005-1>.
6. Huis Cor van, Berg Ed van den. Teaching energy: a systems approach // Physics education. — 1993. — may. — Vol. 28, no. 3. — P. 146–153. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/28/3/003>.

7. Stanford A. L., Tanner J. M. Work, power, and energy // Physics for students of science and engineering. — Elsevier, 1985. — P. 109–144. — ISBN: 9780126633801. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-663380-1.50008-2>.
8. Megson T. H. G. Virtual work and energy methods // Aircraft structures for engineering students. — Elsevier, 2022. — P. 99–130. — ISBN: 9780128228685. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-822868-5.00004-8>.
9. Assessment of student knowledge integration in learning work and mechanical energy / Dazhen Tong [et al.] // Physical review physics education research. — 2023. — apr. — Vol. 19, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/physrevphyseducres.19.010127>.
10. Cui Xuemei, Zheng Yue, Chen Yu. A study on the learning progressions of understanding the core concepts of kinetic energy in high school // Journal of contemporary educational research. — 2024. — nov. — Vol. 8, no. 11. — P. 46–55. — URL: <http://dx.doi.org/10.26689/jcer.v8i11.8826>.
11. Research and thinking on diversified teaching methods of mechanical theory / Ruican Hao [et al.] // E-learning, e-education, and online training. — Springer International Publishing, 2019. — P. 74–81. — ISBN: 9783030350956. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-35095-6\\_9](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-35095-6_9).
12. Sultanova A., Sultanova N. Modernization of methods and approaches of teaching physics for secondary school education // Modern problems of physics education. — Baskir State University, 2021. — P. 363. — URL: <http://dx.doi.org/10.33184/mppe-2021-11-10.125>.

**Information about authors:**

**Elizaveta Sergeevna Zheleznikova** — 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: [zheleznikovaliza200@gmail.com](mailto:zheleznikovaliza200@gmail.com)

ORCID iD  0000-0002-5854-1366

Web of Science ResearcherID  AGV-8100-2022

Научная статья  
УДК 372.853  
ББК 74.262.23  
ГРНТИ 14.25.09  
ВАК 5.8.2.  
PACS 01.40.-d  
OCIS 000.2060  
MSC 00A79

## Результаты апробации методики преподавания темы по адиабатическому процессу и первому началу термодинамики

П. П. Карасева  <sup>1</sup>

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

Поступила в редакцию 22 апреля 2025 года

После переработки 24 апреля 2025 года

Опубликована 14 июня 2025 года

---

**Аннотация.** Описаны особенности апробации методики преподавания темы, связанной с изучением адиабатического процесса и первого начала термодинамики в общеобразовательной школе. Показано, что методика преподавания способствует углублённому пониманию физического смысла первого начала термодинамики и адиабатического процесса, формированию познавательного интереса к изучению термодинамики в общеобразовательной школе. Представлены результаты педагогического эксперимента по апробации методики преподавания темы по адиабатическому процессу и первому началу термодинамики в общеобразовательной школе. В ходе педагогического эксперимента получены положительные результаты апробации методики преподавания адиабатического процесса и первого начала термодинамики в общеобразовательной школе. Апробированная методика показала эффективность в повышении успеваемости учащихся за счёт лучшего понимания абстрактных понятий термодинамики.

**Ключевые слова:** физика, термодинамика, первое начало термодинамики, адиабатический процесс, методика, педагогический эксперимент

---

## Введение

В условиях возрастающей роли физического образования необходимы инновационные методики, способствующие более глубокому усвоению сложных физических концепций. Термодинамика является фундаментальным разделом физики, изучение которого в общеобразовательной школе вызывает у учащихся значительные трудности. Особенно сложными темами термодинамики в курсе физики для понимания обучающимися являются адиабатический процесс и первое начало термодинамики.

Целью работы является апробация методики преподавания темы по адиабатическому процессу и первому началу термодинамики в курсе физики, направленной на повышение уровня усвоения материала учащимися.

Задачи исследования можно сформулировать следующим образом:

---

<sup>1</sup>E-mail: karassiic1407@mail.ru

1. провести анализ литературы по существующим методикам преподавания термодинамики в курсе физики,
2. разработать авторскую методику преподавания термодинамики в курсе физики старшей школы, включающую интерактивные и наглядные элементы обучения термодинамике,
3. оценить эффективность предложенной методики преподавания термодинамики в курсе физики старшей школы в условиях реального учебного процесса.

Объектом исследования является процесс обучения физике в старшей школе.

Предметом исследования является методика преподавания адиабатического процесса и первого начала термодинамики в курсе физики старшей школы.

Методами исследования являются анализ научной литературы, педагогический эксперимент, статистические методы для обработки результатов педагогического эксперимента. Материалы исследования включают в себя учебные программы и учебники по физике для старших классов общеобразовательной школы, результаты учащихся на проверочных работах по физике.

Научная новизна исследования заключается в том, что предложена авторская методика преподавания термодинамики с применением современных интерактивных технологий в курсе физики старшей школы.

Гипотеза научного исследования заключается в том, что если применять предложенную методику преподавания темы по адиабатическому процессу и первому началу термодинамики, то повысится уровень обученности учащимися на проверочных работах по физике.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что исследование дополняет педагогическую науку новыми подходами к преподаванию термодинамики, расширяет методическую базу для учителей физики. Практическая значимость исследования заключается в том, что разработанная методика может быть использована учителями для повышения эффективности обучения, а также адаптирована для других разделов физики.

## Обзор

Эффективное преподавание адиабатического процесса и первого закона термодинамики требует многогранного подхода, который устраняет распространенные заблуждения студентов и объединяет как теоретические, так и практические элементы. Студенты часто испытывают трудности с различием между теплом, работой, температурой и внутренней энергией, что приводит к трудностям в применении первого закона к адиабатическим процессам [1, 2]. В статье [1] первый закон термодинамики был использован для объяснения адиабатических процессов сжатия идеального газа и для объяснения повышения температуры в процессе сжатия. В статье [1] приводятся реальные примеры для обучения первому закону термодинамики и адиабатическим процессам, подчёркивая их практическое применение. Демонстрации, такие как баллончик с лаком для волос и пожарный шприц, иллюстрируют, как работа влияет на внутреннюю энергию и изменения температуры. Эти примеры вызывают обсуждение и помогают студентам понять контринтуитивную природу работы в термодинамике, выходя за рамки закона идеального газа. Рабочие листы с концептуальными вопросами ещё больше укрепляют понимание, делая принципы актуальными и значимыми для студентов [1]. Для решения этих проблем преподаватели могут использовать реальные примеры и практические семинары. Например, Чанг предлагает использовать демонстрации в классе для иллюстрации независимости тепла и работы как методов передачи энергии, помогая студентам понять, что одного закона идеального газа недостаточно для анализа

термодинамических процессов [1]. В статье [2] сообщается об исследовании понимания студентами первого закона термодинамики и их неспособности применить концепцию работы для учёта изменения температуры в адиабатическом процессе. В статье [2] обсуждаются последствия для обучения теплофизике, подчёркивая необходимость методов обучения, которые проясняют связь между первым законом термодинамики и адиабатическими процессами. В статье [2] предлагается устранить неправильные представления студентов о тепле, температуре, работе и внутренней энергии. Включение практических занятий, визуальных моделей и приложений в реальном мире может помочь студентам лучше понять эти концепции. Кроме того, укрепление связей между механикой и термодинамикой может улучшить понимание работы в тепловых процессах, в конечном итоге улучшая понимание студентов. Аналогичным образом, Миллс и другие авторы описывают семинар с использованием шприцевого устройства для визуализации передачи энергии во время адиабатического и изотермического сжатия, что помогает студентам в разработке механической интерпретации этих процессов [3]. В работе [3] представлен практикум, в котором используется самодельное устройство для освещения концепций тепла, работы, передачи энергии и термодинамического пути, что подходит для студентов, изучающих общую химию. В практикуме используется самодельное устройство со шприцем для обучения адиабатическим процессам и первому закону термодинамики. Сначала студенты наблюдают макроскопические эффекты, быстро сжимая газ, отмечая повышение температуры, что имитирует адиабатическое сжатие. Затем они выполняют изотермическое сжатие, медленно нажимая на поршень, что позволяет достичь температурного равновесия. Благодаря групповым обсуждениям и презентациям студенты развивают последовательное микроскопическое понимание передачи энергии, улучшая свое понимание термодинамических принципов в практической, совместной учебной среде. Этот практический опыт имеет решающее значение для преодоления разрыва между макроскопическими наблюдениями и микроскопическими объяснениями. Кроме того, понимание математических соотношений, таких как адиабатическое условие  $TV^{\gamma-1} = const$  и проделанная работа  $W = nC_V\Delta T$ , необходимо для того, чтобы студенты могли понять количественные аспекты адиабатических процессов [4]. Для эффективного преподавания этой темы используйте наглядные пособия для иллюстрации концепции адиабатического расширения и её влияния на температуру и давление. Включите практические эксперименты, демонстрирующие адиабатические процессы, например, использование газа в поршне. Кроме того, свяжите первый закон термодинамики с реальными приложениями для улучшения понимания и вовлечённости. В работе [5] обсуждается первый закон термодинамики и адиабатические процессы, иллюстрируя концепции с помощью математических выражений и практических примеров. Первый закон термодинамики описывает теплообмен и работу, определяя внутреннюю энергию, теплоемкость и энтальпию. В работе [5] обсуждаются изменения энтальпии во время реакций и фазовых переходов, а также вводится скрытая и явная теплота. Для преподавания этих тем преподаватели могут использовать наглядные пособия для демонстрации сохранения энергии в изолированных системах, проводить эксперименты, моделирующие адиабатические процессы, и связывать их с реальными явлениями, такими как градиенты атмосферного давления. Вовлечение студентов в упражнения по решению задач, включающие теплообмен и работу, также может улучшить понимание этих фундаментальных термодинамических принципов. Объединяя теоретические инструкции с практическими демонстрациями и устраняя распространённые заблуждения, преподаватели могут улучшить понимание студентами первого закона термодинамики и адиабатических процессов.

В работе [6] анализируется интерпретация процесса адиабатического изменения на основе первого закона термодинамики, а также важность эффектов изменения темпе-

ратуры для атмосферных процессов позволила учёным разработать новые объяснения для известных явлений, которые превосходят старые объяснения. В работе [6] подчёркивается важность графических методов, улучшенных таблиц адиабатических изменений температуры и наблюдательного материала с подъёмов на воздушных шарах и наблюдений в горах как эффективных инструментов, используемых ранними учёными. Эти методы могут служить основой для обучения, подчёркивая практические приложения и реальные наблюдения для улучшения понимания концепций.

В статье [7] рассматриваются экспериментальные основы первого закона термодинамики и связанные с ними операциональные определения, а также оценивается альтернативная формулировка первого закона с адиабатической работой. В статье [7] представлена альтернативная формулировка с адиабатической работой и новые математические выражения для необратимой работы в адиабатических процессах, которые могут служить основополагающим содержанием для обучения. Использование графических сравнений необратимой работы с обратимыми пределами и операциональными определениями может улучшить понимание в образовательном контексте.

В работе [8] первый закон термодинамики был использован для вывода критериев равновесия в случае одноагентной установки. В работе [8] обсуждается первый закон термодинамики, который связывает внутреннюю энергию, тепло и работу, обеспечивая основу для обучения адиабатическим процессам. Эффективные методы включают использование наглядных пособий для иллюстрации передачи энергии, проведение экспериментов для демонстрации адиабатического расширения и сжатия и использование моделирования для визуализации концепций. Кроме того, интеграция реальных приложений может улучшить понимание, в то время как обсуждения критериев равновесия, выведенных из первого закона, могут углубить понимание термодинамических принципов.

В работе [9] рассматривается затухающий гармонический осциллятор в рамках термодинамики, и раскрывается необходимость немеханической переменной состояния, чтобы можно было анализировать термомеханические системы, создавая концептуальную связь между классической механикой и термодинамикой. В работе [9] подчёркивается важность понимания характеристик термодинамических систем, таких как закрытые и адиабатические системы, и взаимосвязи между изменениями энергии и внешними силами. Использование практических примеров, таких как затухающие гармонические осцилляторы, может помочь эффективно проиллюстрировать эти концепции в контексте обучения.

В работе [10] обсуждаются концепция внутренней энергии, передача энергии, первый закон термодинамики и некоторые приложения первого закона термодинамики. Первый закон термодинамики выражает общий принцип сохранения энергии. Согласно этому закону, передача энергии в систему или из неё посредством теплоты или работы может изменить внутреннюю энергию системы.

В работе [11] обсуждается энергия в её различных формах в контексте первого закона термодинамики, а также объясняется разница между передачей работы и теплопередачей, а также иллюстрируется работа движущейся границы, зависящая от пути.

В работе [12] определяются три закона передачи тепла и его преобразования в механическую работу и наоборот, а также определяют абсолютный минимум энтропии для некоторых систем.

## Результаты педагогического эксперимента

Педагогический эксперимент проводился в муниципальном бюджетном общеобразовательном учреждении «Средняя школа № 21», расположенной на улице Тимирязева города Ульяновска, в период с 25 ноября 2024 года по 31 декабря 2024 года. В каче-

стве экспериментальной группы был выбран 10 А класс. Ученики 10 А класса изучают физику на углубленном уровне. В процессе обучения физике используются следующие средства обучения: компьютер, мультимедиа проектор, учебник по физике углубленного уровня В. А. Касьянова, сборник задач по физике А. П. Рымкевича. В процессе обучения физике используются следующие методы обучения: эвристическая беседа, объяснение, алгоритм действия, элементы проблемного обучения. В процессе обучения физике используются традиционные фронтальные формы работы с обучающимися при актуализации знаний и обсуждении результатов тестов и заданий. В процессе обучения физике используются следующие групповые формы работы с обучающимися при решении задач и тестов по применению к конкретным физическим ситуациям. В процессе обучения физике используются следующие методы оценивания: текущая устная проверка, самопроверка, взаимооценивание, систематическое наблюдение за поведением обучающихся.

Ученик 1 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 1 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 1 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 2 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 2 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 2 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «удовлетворительно».

Ученик 3 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «отлично». Ученик 3 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «отлично». Ученик 3 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 4 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «отлично». Ученик 4 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «отлично». Ученик 4 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 5 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 5 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «отлично». Ученик 5 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 6 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 6 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 6 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 7 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 7 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «отлично». Ученик 7 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 8 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 8 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 8 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 9 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 9 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 9 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 10 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку



23.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 23 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «отлично». Ученик 23 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 23 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 24 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 24 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «неудовлетворительно». Ученик 24 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 25 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 25 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 25 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 26 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 26 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 26 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 27 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 27 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 27 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 28 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 28 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «отлично». Ученик 28 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «отлично».

Ученик 29 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «неудовлетворительно». Ученик 29 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 29 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «удовлетворительно».

Ученик 30 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «удовлетворительно». Ученик 30 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 30 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «хорошо».

Ученик 31 на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 31 на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, получил отметку «хорошо». Ученик 31 на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, получил отметку «хорошо».

В результате статистической обработки результатов педагогического эксперимента получено, что абсолютная успеваемость учащихся 10 А класса на входной диагностической работе по физике, проведённой 27.11.2024, составила 96.8 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость учащихся 10 А класса на входной диагностической работе по физике, проведённой 27.11.2024, составила 74.2 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся 10 А класса на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, составила 60.8 %, что соответствует допустимому уровню степени обученности учащихся. Высший уровень требований к учащимся 10 А класса на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, составил 60.3 %. Средний уровень требований к учащимся 10 А класса на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, составил 33.9 %. Низший уровень требований к учащимся 10 А класса на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, составил 15.4 %. Среднее арифметическое значение

отметок учащихся 10 А класса на входной работе по физике, проведённой 27.11.2024, равно 3.839 %.

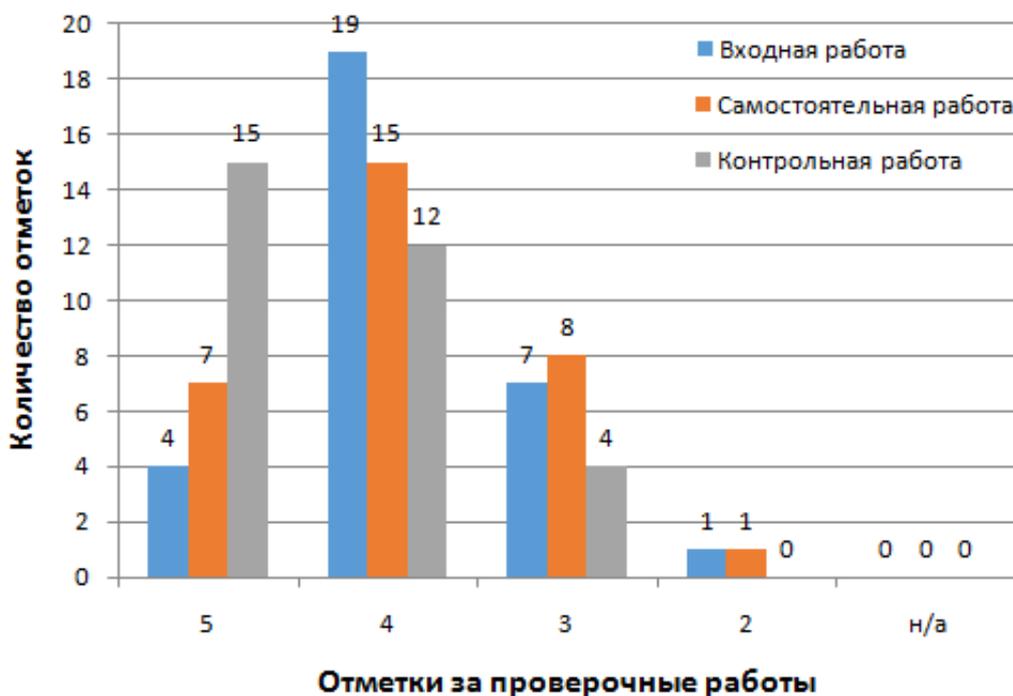


Рис. 1. Количество отметок на проверочных работах по физике.

На рис. 1 изображена гистограмма количества отметок на проверочных работах по физике.

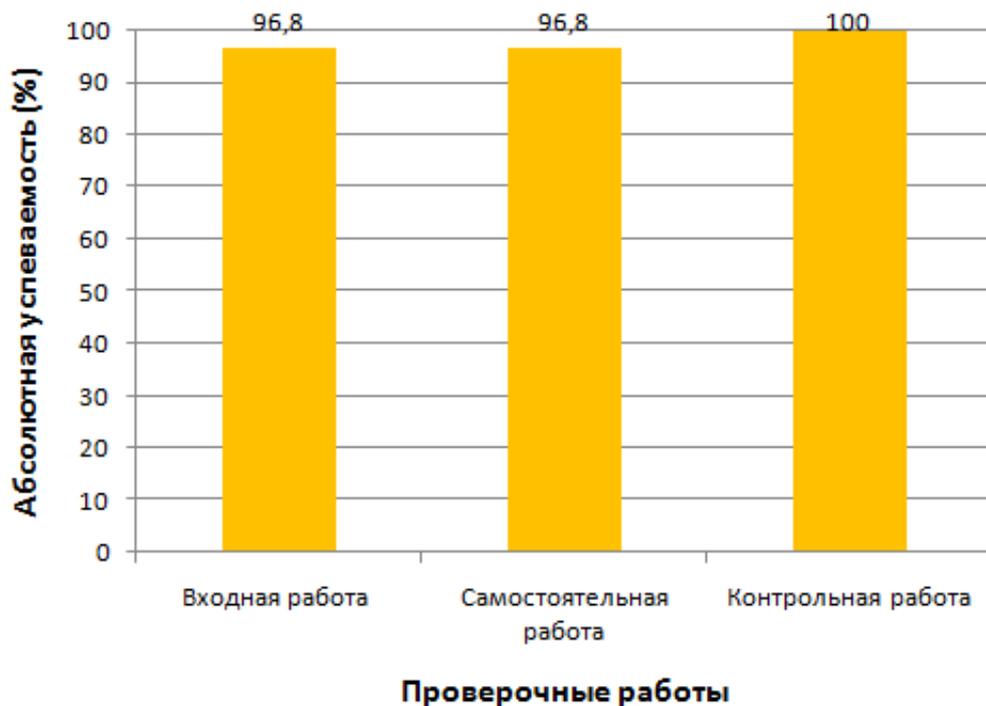


Рис. 2. Абсолютная успеваемость на проверочных работах по физике.

На рис. 2 изображена гистограмма абсолютной успеваемости на проверочных работах по физике.

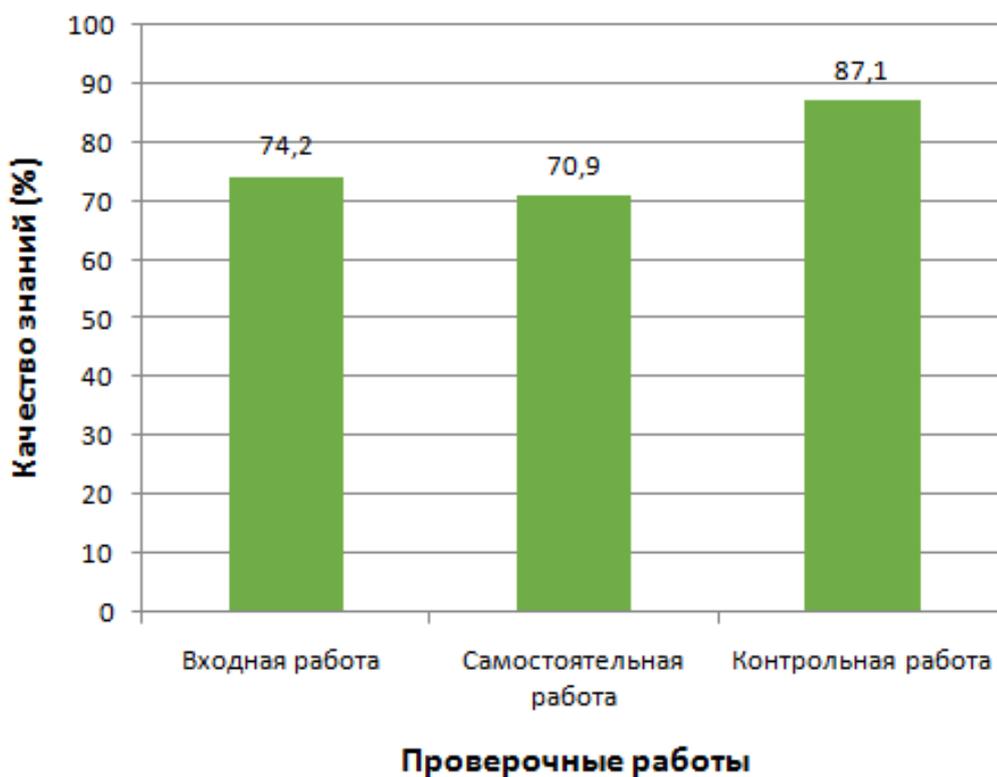


Рис. 3. Качество знаний на проверочных работах по физике.

На рис. 3 изображена гистограмма качества знаний на проверочных работах по физике.

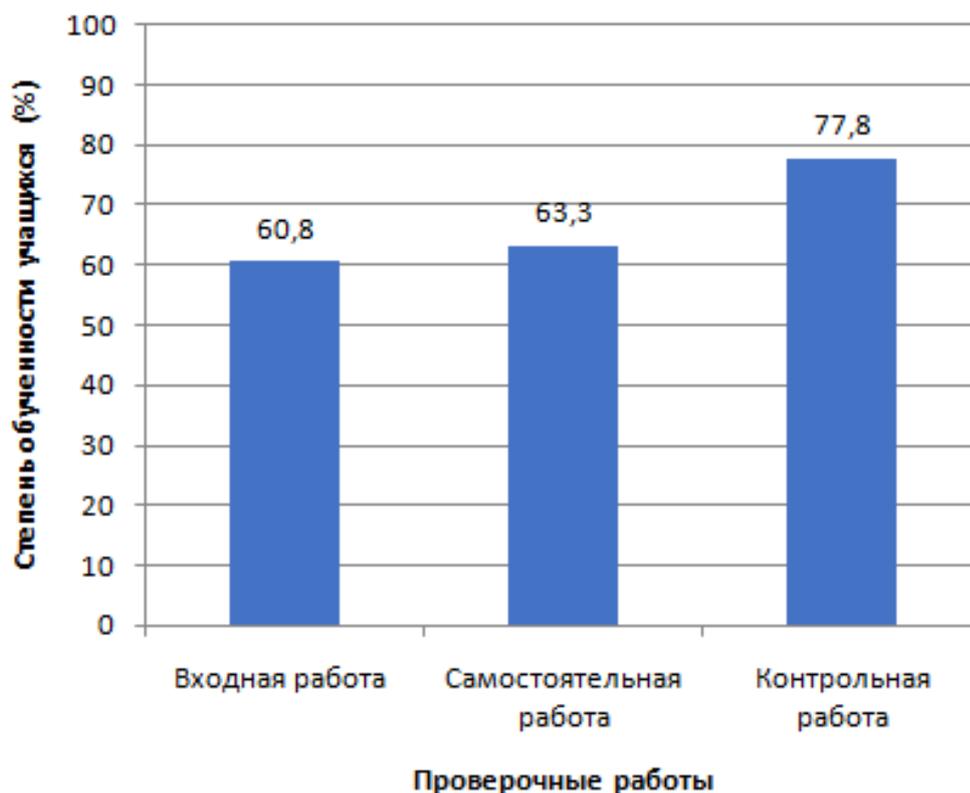


Рис. 4. Степень обученности учащихся на проверочных работах по физике.

На рис. 4 изображена гистограмма степени обученности учащихся на проверочных работах по физике.



Рис. 5. Средний балл отметок учащихся на проверочных работах по физике.

На рис. 5 изображена гистограмма среднего балла отметок учащихся на проверочных работах по физике.

Абсолютная успеваемость учащихся 10 А класса на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, составила 96.8 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость группы учащихся 10 А класса на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, составила 70.9 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся 10 А класса на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, составила 63.3 %, что соответствует допустимому уровню степени обученности учащихся. Высший уровень требований к учащимся 10 А класса на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, составил 62.8 %. Средний уровень требований к учащимся 10 А класса на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, составил 36.0 %. Низший уровень требований к учащимся 10 А класса на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, составил 16.9 %. Среднее арифметическое значение отметок учащихся 10 А класса на самостоятельной работе по физике, проведённой 13.12.2024, равно 3.903 %.

Абсолютная успеваемость учащихся 10 А класса на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость учащихся 10 А класса на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, составила 87.1 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся 10 А класса на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, составила 77.8 %, что соответствует оптимальному уровню степени обученности учащихся. Высший уровень требований к учащимся 10 А класса на контрольной работе по физике, проведённой

23.12.2024, составил 77.8%. Средний уровень требований к учащимся 10 А класса на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, составил 47.0%. Низший уровень требований к учащимся 10 А класса на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, составил 24.1%. Среднее арифметическое значение отметок учащихся 10 А класса на контрольной работе по физике, проведённой 23.12.2024, равно 4.354%.

Проведённый педагогический эксперимент дал положительные результаты.

## Заключение

Представленные результаты педагогического эксперимента подтвердили положительные результаты апробации методики преподавания темы по адиабатическому процессу и первому началу термодинамики.

Выводы по работе можно сформулировать следующим образом:

1. в ходе педагогического эксперимента получены положительные результаты апробации методики преподавания адиабатического процесса и первого начала термодинамики в старшей школе,
2. апробированная методика показала эффективность в повышении успеваемости учащихся за счёт лучшего понимания абстрактных понятий термодинамики.

Показано, что разработка эффективной методики преподавания темы, связанной с изучением адиабатического процесса и первого начала термодинамики в старшей школе, способствует углублённому пониманию законов термодинамики, формированию исследовательских навыков и познавательного интереса к изучению физики.

Гипотеза научного исследования, заключающаяся в том, что если применять предложенную методику преподавания темы по адиабатическому процессу и первому началу термодинамики, то повысится уровень обученности учащимися на проверочных работах по физике, подтверждена полностью.

Исследование обогатило методическую базу преподавания термодинамики новыми педагогическими подходами. Методика показала свою применимость в реальных школьных условиях и может быть рекомендована для внедрения в образовательный процесс старшей школы с дальнейшим мониторингом её эффективности. Разработанная методика может быть использована учителями физики для повышения эффективности обучения, а также адаптирована для других разделов физики.

## Список использованных источников

1. Chang Wheijen. Teaching the first law of thermodynamics via real-life examples // The physics teacher. — 2011. — mar. — Vol. 49, no. 4. — P. 231–233. — URL: <http://dx.doi.org/10.1119/1.3566034>.
2. Loverude Michael E., Kautz Christian H., Heron Paula R. L. Student understanding of the first law of thermodynamics: relating work to the adiabatic compression of an ideal gas // American journal of physics. — 2002. — feb. — Vol. 70, no. 2. — P. 137–148. — URL: <http://dx.doi.org/10.1119/1.1417532>.
3. Mills Pamela, Sweeney William V., Cieniewicz Waldemar. Experiencing and visualizing the first law of thermodynamics: an in-class workshop // Journal of Chemical Education. — 2001. — oct. — Vol. 78, no. 10. — P. 1360. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/ED078P1360>.
4. Eu Byung Chan, Al-Ghoul Mazen. The first law of thermodynamics // Chemical thermodynamics. — WORLD SCIENTIFIC, 2010. — aug. — P. 31–56. — ISBN: 9789814295123. — URL: [http://dx.doi.org/10.1142/9789814295123\\_0003](http://dx.doi.org/10.1142/9789814295123_0003).

5. Middelburg Jack J. The first law: work, heat and thermochemistry // Thermodynamics and equilibria in Earth system sciences: an introduction. — Springer Nature Switzerland, 2024. — P. 11–25. — ISBN: 9783031534072. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-53407-2\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-53407-2_2).
6. Kutzbach Gisela. Early applications of the first law of thermodynamics // The thermal theory of cyclones. — American meteorological society, 1979. — P. 45–62. — ISBN: 9781940033808. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-940033-80-8\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-940033-80-8_3).
7. Gislason Eric A., Craig Norman C. First law of thermodynamics; irreversible and reversible processes // Journal of chemical education. — 2002. — feb. — Vol. 79, no. 2. — P. 193. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/ED079P193>.
8. Matsushita Taishi, Mukai Kusuhiko. The first law of thermodynamics // Chemical thermodynamics in materials science. — Springer Singapore, 2018. — P. 17–22. — ISBN: 9789811304057. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-0405-7\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-0405-7_3).
9. Ansermet Jean-Philippe, Brechet Sylvain D. Thermodynamic system and first law // Principles of thermodynamics. — Cambridge University Press, 2018. — dec. — P. 3–25. — ISBN: 9781108426091. — URL: <http://dx.doi.org/10.1017/9781108620932.002>.
10. Radi Hafez A., Rasmussen John O. Heat and the first law of thermodynamics // Principles of physics. — Springer Berlin Heidelberg, 2013. — P. 379–425. — ISBN: 9783642230264. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-23026-4\\_12](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-23026-4_12).
11. Ting David. The first law of thermodynamics // Thermofluids. — Elsevier, 2022. — P. 85–108. — ISBN: 9780323906265. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-323-90626-5.00019-7>.
12. Bergethon Peter R. Measuring the energy of a system: energetics and the first law of thermodynamics // The physical basis of biochemistry. — Springer New York, 2010. — P. 269–291. — ISBN: 9781441963246. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6324-6\\_10](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6324-6_10).

#### Сведения об авторах:

**Полина Петровна Карасева** — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: karassiic1407@mail.ru

ORCID iD  0009-0007-7205-0575

Web of Science ResearcherID  LDB-2733-2024

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

## Results of testing the methodology for teaching the topic of adiabatic process and the first law of thermodynamics

P. P. Karaseva 

*Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia*

Submitted April 22, 2025  
Resubmitted April 24, 2025  
Published June 14, 2025

---

**Abstract.** The features of testing the methodology of teaching the topic related to the study of the adiabatic process and the first law of thermodynamics in a comprehensive school were described. It is shown that the teaching methodology contributes to an in-depth understanding of the physical meaning of the first law of thermodynamics and the adiabatic process, the formation of cognitive interest in the study of thermodynamics in a comprehensive school. The results of the pedagogical experiment on testing the methodology of teaching the topic of the adiabatic process and the first law of thermodynamics in a comprehensive school are presented. During the pedagogical experiment, positive results were obtained in testing the methodology of teaching the adiabatic process and the first law of thermodynamics in a comprehensive school. The tested methodology showed effectiveness in improving students' academic performance due to a better understanding of abstract concepts of thermodynamics.

**Keywords:** physics, thermodynamics, first law of thermodynamics, adiabatic process, methodology, pedagogical experiment

---

### References

1. Chang Wheijen. Teaching the first law of thermodynamics via real-life examples // The physics teacher. — 2011. — mar. — Vol. 49, no. 4. — P. 231–233. — URL: <http://dx.doi.org/10.1119/1.3566034>.
2. Loverude Michael E., Kautz Christian H., Heron Paula R. L. Student understanding of the first law of thermodynamics: relating work to the adiabatic compression of an ideal gas // American journal of physics. — 2002. — feb. — Vol. 70, no. 2. — P. 137–148. — URL: <http://dx.doi.org/10.1119/1.1417532>.
3. Mills Pamela, Sweeney William V., Cieniewicz Waldemar. Experiencing and visualizing the first law of thermodynamics: an in-class workshop // Journal of Chemical Education. — 2001. — oct. — Vol. 78, no. 10. — P. 1360. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/ED078P1360>.
4. Eu Byung Chan, Al-Ghoul Mazen. The first law of thermodynamics // Chemical thermodynamics. — WORLD SCIENTIFIC, 2010. — aug. — P. 31–56. — ISBN: 9789814295123. — URL: [http://dx.doi.org/10.1142/9789814295123\\_0003](http://dx.doi.org/10.1142/9789814295123_0003).

5. Middelburg Jack J. The first law: work, heat and thermochemistry // Thermodynamics and equilibria in Earth system sciences: an introduction. — Springer Nature Switzerland, 2024. — P. 11–25. — ISBN: 9783031534072. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-53407-2\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-53407-2_2).
6. Kutzbach Gisela. Early applications of the first law of thermodynamics // The thermal theory of cyclones. — American meteorological society, 1979. — P. 45–62. — ISBN: 9781940033808. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-940033-80-8\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-940033-80-8_3).
7. Gislason Eric A., Craig Norman C. First law of thermodynamics; irreversible and reversible processes // Journal of chemical education. — 2002. — feb. — Vol. 79, no. 2. — P. 193. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/ED079P193>.
8. Matsushita Taishi, Mukai Kusuhiko. The first law of thermodynamics // Chemical thermodynamics in materials science. — Springer Singapore, 2018. — P. 17–22. — ISBN: 9789811304057. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-0405-7\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-0405-7_3).
9. Ansermet Jean-Philippe, Brechet Sylvain D. Thermodynamic system and first law // Principles of thermodynamics. — Cambridge University Press, 2018. — dec. — P. 3–25. — ISBN: 9781108426091. — URL: <http://dx.doi.org/10.1017/9781108620932.002>.
10. Radi Hafez A., Rasmussen John O. Heat and the first law of thermodynamics // Principles of physics. — Springer Berlin Heidelberg, 2013. — P. 379–425. — ISBN: 9783642230264. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-23026-4\\_12](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-23026-4_12).
11. Ting David. The first law of thermodynamics // Thermofluids. — Elsevier, 2022. — P. 85–108. — ISBN: 9780323906265. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-323-90626-5.00019-7>.
12. Bergethon Peter R. Measuring the energy of a system: energetics and the first law of thermodynamics // The physical basis of biochemistry. — Springer New York, 2010. — P. 269–291. — ISBN: 9781441963246. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6324-6\\_10](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6324-6_10).

**Information about authors:**

**Polina Petrovna Karaseva** — 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: karassiic1407@mail.ru

ORCID iD  0009-0007-7205-0575

Web of Science ResearcherID  LDB-2733-2024

Научная статья  
УДК 373.54  
ББК 74.26  
ГРНТИ 14.25.07  
ВАК 5.8.2.  
PACS 01.40.-d  
OCIS 000.2060  
MSC 00A79

## Анализ результатов психолого-педагогической диагностики во время педагогического эксперимента по апробации методики преподавания темы по колебаниям и волнам в школе

В. В. Левочкина <sup>1</sup>

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

Поступила в редакцию 14 апреля 2025 года

После переработки 17 апреля 2025 года

Опубликована 14 июня 2025 года

---

**Аннотация.** Представлены результаты психолого-педагогической диагностики, проведённой во время педагогического эксперимента по апробации методики преподавания темы по колебаниям и волнам в школе в средней школе. По итогам проведённой психолого-педагогической диагностики установлено соотношение учащихся профессиям различных типов.

**Ключевые слова:** методика преподавания физики, физика, физическое образование, механические колебания, электромагнитные волны, колебания и волны, педагогический эксперимент, психолого-педагогическая диагностика, эффективность обучения физике

---

## Введение

Изучение темы по колебаниям и волнам в общеобразовательной школе представляет сложность для школьников из-за абстрактности физических явлений и необходимости применения математического аппарата. В связи с этим разработка эффективных методик преподавания данной темы остаётся актуальной задачей современной методики преподавания физики. Поскольку существует необходимость повышения качества усвоения физики в общеобразовательной школе и преодоления трудностей восприятия сложных физических концепций, требующая поиска инновационных методических подходов преподавания физики, то тема является актуальной.

Целью работы является проведение психолого-педагогической диагностики учащихся в рамках преподавания темы по колебаниям и волнам в общеобразовательной школе. Задачи исследования состоят в том, чтобы проанализировать научную литературу по

---

<sup>1</sup>E-mail: sokolovavasilevna2002@inbox.ru

теме, провести сравнительный анализ результатов психолого-педагогической диагностики учащихся в рамках преподавания темы по колебаниям и волнам в общеобразовательной школе.

Объектом исследования является процесс обучения физике в средней общеобразовательной школе. Предметом исследования является психолого-педагогическая диагностика в рамках преподавания темы по колебаниям и волнам в общеобразовательной школе.

Гипотеза научного исследования заключается в том, что если применять выбранную психолого-педагогическую диагностику учащихся, то можно эффективнее стимулировать профессиональную ориентацию школьников в рамках преподавания темы по колебаниям и волнам в общеобразовательной школе.

В качестве методов исследования используются методы анализа научной литературы и педагогический эксперимент. В качестве материалов исследования используются результаты психолого-педагогической диагностики во время педагогического эксперимента по апробации методики преподавания темы по колебаниям и волнам в общеобразовательной школе.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что исследование вносит вклад в развитие теории и методики преподавания физики, расширяя представления о способах психолого-педагогической диагностики учащихся в рамках преподавания темы по колебаниям и волнам в общеобразовательной школе. Практическая значимость исследования состоит в том, что предложенная диагностика может быть адаптирована для других сложных тем курса физики в общеобразовательной школе.

## Обзор

В контексте педагогического эксперимента по проверке методики обучения колебаниям и волнам в средней школе психолого-педагогическая диагностика играет решающую роль в оценке эффективности различных стратегий обучения. Интеграция интерактивных демонстраций и практических занятий, как предлагает Вонгсавад, может улучшить понимание и вовлечённость учащихся в волновые явления, делая раздел более интересным и понятным для учащихся старших классов [1]. В статье [1] предложены увлекательные и простые способы более полного включения основных волновых явлений, таких как звук, в программу курса физики, одновременно дополняя разделы курса физики по простым гармоническим колебаниям и колебаниям интерактивными демонстрациями и практическими занятиями. В статье [1] особое внимание уделяется включению интерактивных демонстраций и практических занятий для улучшения понимания и вовлечённости в тему. Эти методы могут служить неформальной диагностикой, выявляя уровень понимания и интереса учащихся, что имеет решающее значение для оценки эффективности методик преподавания в средней школе. В статье [1] основное внимание уделяется тому, чтобы сделать процесс обучения более понятным и увлекательным для учащихся. Использование программного обеспечения для моделирования, такого как Multisim, при обучении сложным концепциям, таким как колебательный контур моста Вина, позволяет учащимся визуально воспринимать абстрактные теоретические знания, тем самым улучшая их перцептивное понимание и способствуя более глубокой интеграции теории и практики [2]. В статье [2] рассматривается моделирование колебательного контура моста Вина с помощью программы Multisim для улучшения понимания учащимися теоретических концепций. В статье [2] акцент делается на повышении эффективности эксперимента и интеграции теории с практикой, а не на диагностических методологиях. Более того, качественные методы, такие как наблюдения в классе и интервью, дают представление о взаимодействии между учителями и учащимися, помогая выявить эффективные педагогические стратегии обучения вынужденным элек-

трическим колебаниям [3]. В работе [3] рассматривается преподавание вынужденных электрических колебаний качественными методами, сочетающими наблюдение в классе и интервью с учителями, для выявления факторов, влияющих на эффективность преподавания, и разработки педагогических стратегий, способствующих более глубокому пониманию учащимися и применению ими научных концепций. В работе [3] подчёркивается важность качественных методов, таких как наблюдение в классе и интервью с учителями, для изучения педагогических стратегий и взаимодействия, способствующих более глубокому пониманию учащимися вынужденных электрических колебаний. Эти методы могут способствовать разработке эффективных педагогических практик, которые могут косвенно быть связаны с диагностикой в образовательной среде. Наконец, вовлечение учащихся в исследовательскую образовательную деятельность, как продемонстрировали Буонджорно и другие, стимулирует их к ответственности за своё обучение, тем самым улучшая концептуальное понимание сложных тем, таких как фаза и групповая скорость [4]. В статье [4] рассматривается исследовательская работа с участием 145 студентов, занимавшихся концептуальным изучением импульсов и механических волн, с акцентом на различия между фазовой и групповой скоростью. В исследовании участвовали студенты, планировавшие и проводившие эксперименты для оценки учебных материалов. В статье [5] анализируются ответы учащихся на вопросы интервью и письменные вопросы с использованием модели координационного класса ДиСессы и Шерин, которая предполагает, что использование учащимися конкретных ресурсов рассуждения, возможно, обусловлено неосознаваемыми сигналами. В статье [5] основное внимание уделяется рассуждениям учащихся в области волновой физики, с акцентом на использование объектно-подобных описаний и ресурсов рассуждения. В статье [5] рассматривается, как учащиеся подходят к волновым явлениям. В работе [6] проведён педагогический эксперимент по определению результатов данного вида обучения с активным применением методов исследования по теме «Механические волны» для учащихся 16 лет. В совокупности эти подходы подчёркивают важность разнообразных, интерактивных и контекстно-релевантных методик обучения для улучшения педагогических результатов обучения колебаниям и волнам в средней школе.

## Результаты

Опишем результаты психолого-педагогической диагностики во время педагогического эксперимента по апробации методики преподавания темы по колебаниям и волнам в средней школе.

Педагогический эксперимент проводился в МБОУ «Средняя школа № 21 города Ульяновска» с 25 ноября 2024 года по 31 декабря 2024 года. Исследуемая группа состояла из девяти учеников одиннадцатого класса, изучающих физику на базовом уровне. Уроки проводились в оборудованном кабинете физики. Демонстрационный стол, находящийся на подиуме, не заставлен предметами, не относящимся к уроку. Методические и дидактические пособия, ученические тетради для контрольных работ и лабораторных работ по физике находятся в специальных шкафах. Кабинет оборудован проектором и интерактивной доской для наглядной демонстрации учебного материала по физике. На стенах кабинета физики присутствуют плакаты со справочным материалом по физике, а также с учёными в области физики. В ходе педагогического эксперимента были проведены два психологических тестирования: опросник на определение уровня креативности и дифференциально-диагностический опросник Е. А. Климова. Опросники проведены для определения профессиональной ориентации и для выявления уровня креативности. Опросник на определение уровня креативности включает в себя пятнадцать простых вопросов, по результатам которых можно присвоить ученику высокий, средний или низкий уровень креативности. Дифференциально-диагностический опрос-

ник Е. А. Климова состоит из тридцати вопросов, на которые необходимо отвечать быстро, не задумываясь. В результате выявляется ориентация человека на пять типов профессий: человек-природа, человек-техника, человек-человек, человек-знаковая система, человек-художественный образ, человек-сам человек. Благоприятная атмосфера царил в одиннадцатом классе среди учащихся. Ученики были дружелюбны как друг к другу. Среди учащихся были как отличники, так и ученики, балансирующие между оценками «удовлетворительно» и «хорошо». По результатам психологического тестирования 55 % учащихся обладают высоким уровнем креативности, 45 % обладают средним уровнем. Большая часть учащихся отдаёт предпочтение типам профессии «Человек-природа» и «Человек-художественный образ», наименьшая часть отдаёт предпочтение типу профессии «Человек-знаковая система».

В ходе педагогического эксперимента были проведены два психологических тестирования на определение уровня креативности и дифференциально-диагностический опросник Е. А. Климова, в которых приняли анонимное участие 9 человек. Опросники проведены для определения профессиональной ориентации и для выявления уровня креативности.

Опросник на определение уровня креативности состоит из пятнадцати простых вопросов, по результатам которых можно присвоить ученику высокий, средний и или низкий уровень креативности. За каждый положительный ответ ученик получает один балл. Высокому уровню соответствует результат от 10 до 15 баллов, среднему уровню соответствует результат от 6 до 9 баллов, а низкому уровню соответствует результат в 5 баллов и менее. Ученик 1 на четвёртый, седьмой и одиннадцатый вопрос дал отрицательный ответ и набрал двенадцать баллов, что говорит о высоком уровне креативности. Ученик 2 на все вопросы дал положительные ответы, кроме четырнадцатого вопроса, что тоже говорит о высоком уровне креативности. Ученики 3 и 4 набрали соответственно шесть и семь баллов соответственно, им присвоен средний уровень креативности. Ученику 5 присвоен высокий уровень креативности, так как набрано 11 баллов за тестирование. Ученик 6 ответил положительно на шесть вопросов, что говорит о среднем уровне креативности. Ученики 7 и 8 набрали одинаковое количество баллов, то есть по 10 баллов, что соответствует высокому уровню креативности. Ученик 9 обладает средним уровнем креативности. Высоким уровнем креативности обладают 55.5 % учащихся, средним уровнем креативности обладают 44.5 % учащихся, низким уровнем креативности обладают 0 % учащихся.

Дифференциально-диагностический опросник Е. А. Климова состоит из тридцати простых вопросов, требующих незамедлительного ответа. По результатам опросника можно определить предрасположенность учащегося к определенному типу профессии: человек-человек, человек-техника, человек-природа, человек-знаковая система, человек-художественный образ, человек-сам человек. Предрасположенность определяется по количествам набранных баллов: уровень от 0 до 1 балла соответствует активному отвержению, уровень от 2 до 3 баллов соответствует тому, что склонность не выражена, уровень от 4 до 6 баллов соответствует тому, что склонность находится на среднем уровне, уровень от 7 до 8 баллов соответствует тому, что проявляется выраженная склонность, уровень от 9 до 10 баллов соответствует тому, что проявляется ярко выраженная склонность.

Ученик 1 имеет выраженную склонность к типу «Человек – художественный образ», к остальным типам выявлена склонность на среднем уровне. Ученик 2 имеет выраженную склонность к типу «Человек – техника». К типу «Человек – художественный образ» склонность не выражена, к остальным типам выявлена склонность на среднем уровне. Ученик 3 имеет выраженную склонность к типу «Человек – художественный образ». Активное отвержение к типу «Человек – техника», к остальным типам выяв-

лена склонность на среднем уровне. Ученик 4 имеет выраженную склонность к типам «Человек – художественный образ» и «Человек – природа». Склонность не выражена к типу «Человек – знаковые системы», к остальным типам выявлена склонность на среднем уровне. Ученик 5 имеет ярко выраженную склонность к типу «Человек – художественный образ», выраженную склонность к типу «Человек – природа», склонность на среднем уровне к типам «Человек – человек», «Человек – сам человек», склонность не выражена к типу «Человек – знаковые системы», активное отвержение к типу «Человек – техника». Ученик 6 имеет склонность на среднем уровне к типам «Человек – техника», «Человек – знаковые системы», «Человек – художественный образ», «Человек – сам человек». Склонность не выражена к таким типам профессий, как «Человек – природа» и «Человек – человек». Ученик 7 имеет выраженную склонность к типу «Человек – природа». Активное отвержение наблюдается к типу профессии «Человек – сам человек». К остальным типам профессий наблюдается склонность на среднем уровне. Ученик 8 имеет выраженную склонность к типу «Человек – сам человек». Активное отвержение наблюдается к типу профессии «Человек – природа». К остальным типам профессий наблюдается склонность на среднем уровне. Ученик 9 имеет выраженную склонность к типам «Человек – природа» и «Человек – человек». Определена склонность на среднем уровне к типу профессии «Человек – сам человек», «Человек – знаковые системы», «Человек – художественный образ». Не выражена склонность к типу «Человек-техника».

По итогам проведённой психолого-педагогической диагностики выявлено соотношение учащихся к типам профессий: профессии типа «Человек – природа» составляет 3 человека (33.3%), профессии типа «Человек – техника» составляет 2 человека (22.2%), профессии типа «Человек – человек» составляет 1 человек (11.1%), профессии типа «Человек – знаковая система» составляет 1 человек (11.1%), профессии типа «Человек – художественный образ» составляет 5 человек (55.5%), профессии типа «Человек – сам человек» составляет 2 человека (22.2%).

## Заключение

В результате анализа научной литературы доказана актуальность темы исследования. В результате проведённого сравнительного анализа полученных результатов психолого-педагогической диагностики учащихся в рамках преподавания темы по колебаниям и волнам в общеобразовательной школе выявлено соотношение учащихся профессиям различных типов.

Анализ результатов психолого-педагогической диагностики во время педагогического эксперимента подтвердил положительные результаты апробации методики преподавания темы по колебаниям и волнам в общеобразовательной школе.

Поставленные задачи решены в полном объёме.

Гипотеза научного исследования, заключающаяся в том, что если применять выбранную психолого-педагогическую диагностику учащихся, то можно эффективнее стимулировать профессиональную ориентацию школьников в рамках преподавания темы по колебаниям и волнам в общеобразовательной школе, подтверждена полностью.

Показано, что исследование вносит вклад в развитие теории и методики преподавания физики, расширяя представления о способах психолого-педагогической диагностики учащихся в рамках преподавания темы по колебаниям и волнам в общеобразовательной школе. Показано, что предложенная диагностика может быть адаптирована для других сложных тем курса физики в общеобразовательной школе. Предложенная диагностика может быть использована учителями физики для совершенствования методики преподавания темы по колебаниям и волнам в курсе физики.

**Список использованных источников**

1. Vongsawad Cameron T. Wave phenomena and the high school AP physics classroom // The journal of the acoustical society of America. — 2023. — mar. — Vol. 153, no. 3. — P. A360–A360. — URL: <http://dx.doi.org/10.1121/10.0019157>.
2. Wang Xiufen, Yang Shengyi, Jiang Pu. Teaching research on Wien-Bridge oscillation simulation experiment // Higher education research. — 2023. — mar. — URL: <http://dx.doi.org/10.11648/j.her.20230801.14>.
3. Oueslati Ahlem, Naija Rym. Analysis of students' difficulties in learning forced electrical oscillations: a qualitative approach to teaching practices // Qualitative approaches to pedagogical engineering. — IGI Global, 2024. — oct. — P. 341–358. — ISBN: 9798369360231. — URL: <http://dx.doi.org/10.4018/979-8-3693-6021-7.ch014>.
4. Buongiorno Daniele, Micheline Marisa, Faletic Sergej. Phase and group velocity: a research-based educational activity driven by students on the topic on waves // Journal of Physics: Conference Series. — 2021. — may. — Vol. 1929, no. 1. — P. 012017. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1929/1/012017>.
5. Wittmann Michael C. The object coordination class applied to wave pulses: analysing student reasoning in wave physics // International journal of science education. — 2002. — jan. — Vol. 24, no. 1. — P. 97–118. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/09500690110066944>.
6. Katsarova Kostadina, Raykova Zhelyazka. An opportunity to study mechanical waves by the use of inquiry methods // AIP conference proceedings. — Vol. 2075. — Author(s), 2019. — P. 180019. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.5091416>.

**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](mailto:sokolovavasilevna2002@inbox.ru)

ORCID iD  0000-0003-3479-119X

Web of Science ResearcherID  AGV-8078-2022

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

## Analysis of the results of psychological and pedagogical diagnostics during a pedagogical experiment to test the methodology of teaching the topic of oscillations and waves at school

V. V. Levochkina 

*Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia*

Submitted April 14, 2025

Resubmitted April 17, 2025

Published June 14, 2025

**Abstract.** The results of psychological and pedagogical diagnostics conducted during a pedagogical experiment to test the methodology of teaching the topic of oscillations and waves in a secondary school are presented. Based on the results of the psychological and pedagogical diagnostics, the ratio of students to professions of various types was established.

**Keywords:** methodology of teaching physics, physics, physical education, mechanical oscillations, electromagnetic waves, oscillations and waves, pedagogical experiment, psychological and pedagogical diagnostics, effectiveness of teaching physics

### References

1. Vongsawad Cameron T. Wave phenomena and the high school AP physics classroom // The journal of the acoustical society of America. — 2023. — mar. — Vol. 153, no. 3. — P. A360–A360. — URL: <http://dx.doi.org/10.1121/10.0019157>.
2. Wang Xiufen, Yang Shengyi, Jiang Pu. Teaching research on Wien-Bridge oscillation simulation experiment // Higher education research. — 2023. — mar. — URL: <http://dx.doi.org/10.11648/j.her.20230801.14>.
3. Oueslati Ahlem, Naija Rym. Analysis of students' difficulties in learning forced electrical oscillations: a qualitative approach to teaching practices // Qualitative approaches to pedagogical engineering. — IGI Global, 2024. — oct. — P. 341–358. — ISBN: 9798369360231. — URL: <http://dx.doi.org/10.4018/979-8-3693-6021-7.ch014>.
4. Buongiorno Daniele, Micheli Marisa, Faletic Sergej. Phase and group velocity: a research-based educational activity driven by students on the topic on waves // Journal of Physics: Conference Series. — 2021. — may. — Vol. 1929, no. 1. — P. 012017. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1929/1/012017>.
5. Wittmann Michael C. The object coordination class applied to wave pulses: analysing student reasoning in wave physics // International journal of science education. — 2002. — jan. — Vol. 24, no. 1. — P. 97–118. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/09500690110066944>.

6. Katsarova Kostadina, Raykova Zhelyazka. An opportunity to study mechanical waves by the use of inquiry methods // AIP conference proceedings. — Vol. 2075. — Author(s), 2019. — P. 180019. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.5091416>.

**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](mailto:sokolovavasilevna2002@inbox.ru)

ORCID iD  0000-0003-3479-119X

Web of Science ResearcherID  AGV-8078-2022

# Авторский указатель

Алтунин, К. К., 1  
Железникова, Е. С., 78  
Карасева, П. П., 95  
Левочкина, В. В., 109

Новикова, Ю. А., 49  
Родионова, А. А., 26  
Селюкова, А. Д., 67  
Тимченко, В. М., 1

# Author's index

Altunin, K. K., 1

Karaseva, P. P., 95

Levochkina, V. V., 109

Novikova, Yu. A., 49

Rodionova, A. A., 26

Selyukova, A. D., 67

Timchenko, V. M., 1

Zheleznikova, E. S., 78



