

ISSN 2712-8326



НАУКА ONLINE *SCIENCE ONLINE*

Сетевое издание
№ 1 (26) | 2024

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

НАУКА ONLINE, № 1 (26), 2024.

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

ISSN 2712-8326

Выходит 4 раза в год.

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

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

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

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

Главный редактор: К. К. Алтунин.

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

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

E-mail: nauka_online@ulspu.ru

Science online, issue 1 (26), 2024.

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

ISSN 2712-8326

Published 4 times a year.

Founder: Ulyanovsk State Pedagogical University.

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

Publisher: Ulyanovsk State Pedagogical University.

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

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

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

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

E-mail: nauka_online@ulspu.ru

Редакционная коллегия

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

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, декан факультета физико-математического и 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.

Идиатуллов 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, декан естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», город Ульяновск, Российская Федерация.

Цыганов Андрей Владимирович, кандидат физико-математических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией математического моделирования, профессор кафедры высшей математики 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.

Шишкарёв 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.

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, Dean of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the 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 Idiattullov, 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, Dean of the Faculty of Natural Geography of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russian Federation.

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

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

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

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

Valery Gennadievich Shubovich, Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Informatics, Professor of the Department of Informatics of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russian Federation.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Физические науки	1
Оптика	1
1 Анализ подходов к вычислению эффективного показателя преломления нанокomпозитной плёнки по энергетическому коэффициенту пропускания оптического излучения <i>К. К. Алтунин</i>	
Биологические науки	12
Экология	12
12 Анализ загрязнения атмосферного воздуха на территории города Ульяновска с помощью методов биоиндикации <i>Ю. А. Анашкина, Е. С. Растемяшина, Е. Ю. Истомина</i>	
Технические науки	27
Нанотехнологии и наноматериалы	27
27 Анализ влияния наночастиц в составе наноеды на человека <i>А. И. Шарифутдинова</i>	
Науки об образовании	42
Теория и методика обучения и воспитания	42
42 Методика преподавания темы по основам молекулярно-кинетической теории в курсе физики в десятом классе общеобразовательной школы <i>Е. В. Александрова</i>	
56 Разработка материалов урока по теме «Электрический ток в жидкостях» в курсе физики в медицине в фармацевтическом колледже <i>А. Р. Гиматетдинова</i>	
73 Формирование функциональной грамотности на уроках физики при изучении сил в механике в седьмом классе общеобразовательной школы <i>Ю. М. Замальдинова</i>	
86 Апробация электронного образовательного ресурса по агрегатным состояниям вещества в восьмом классе общеобразовательной школы <i>Ю. О. Смолева</i>	
Авторский указатель	102

CONTENTS

Physical sciences	1
Optics	1
1 Analysis of approaches to calculating the effective refractive index of a nanocomposite film from the energy transmittance of optical radiation <i>K. K. Altunin</i>	
Biological sciences	12
Ecology	12
12 Analysis of atmospheric air pollution in the city of Ulyanovsk using bioindication methods <i>Yu. A. Anashkina, E. S. Rastemyashina, E. Yu. Istomina</i>	
Technical science	27
Nanotechnology and nanomaterials	27
27 Analysis of the effect of nanoparticles in nanofood on humans <i>A. I. Sharafutdinova</i>	
Educational sciences	42
Theory and methodology of training and education	42
42 Methodology for teaching topics on the basics of molecular kinetic theory in a physics course in the tenth grade of a secondary school <i>E. V. Alexandrova</i>	
56 Development of lesson materials on the topic “Electric current in liquids” in the course of physics in medicine at the College of Pharmacy <i>A. R. Gimatetdinova</i>	
73 Formation of functional literacy in physics lessons when studying forces in mechanics in the seventh grade of a comprehensive school <i>Yu. M. Zamaldinova</i>	
86 Approbation of an electronic educational resource on aggregate states of matter in the eighth grade of a secondary school <i>Yu. O. Smoleva</i>	
Author’s index	103

Секция 1

Физические науки

1.1 Оптика

Научная статья

УДК 535.3

ББК 22.343

ГРНТИ 29.31.21

ВАК 1.3.6.

RACS 42.25.Bs

OCIS 310.6628

MSC 00A79

Анализ подходов к вычислению эффективного показателя преломления нанокompозитной плёнки по энергетическому коэффициенту пропускания оптического излучения

К. К. Алтунин ¹

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

Поступила в редакцию 1 февраля 2024 года

После переработки 2 февраля 2024 года

Опубликована 12 марта 2024 года

Аннотация. Выполнены численные расчёты, позволяющие осуществить расчёт эффективного показателя преломления нанокompозитной плёнки посредством интерполяции экспериментальных данных для оптического пропускания нанокompозитного покрытия на примере покрытия с весовым содержанием наночастиц серебра 5 % и средним радиусом наночастиц 2.5 нм. Вычислено значение эффективного показателя преломления для металл-полимерного нанокompозитного покрытия в диапазоне длин волн от 400 нм до 1200 нм.

Ключевые слова: нанокompозит, нанокompозитная плёнка, нанокompозитное покрытие, наночастица, наночастица серебра, оптическое излучение, показатель преломления, показатель поглощения, коэффициент отражения, коэффициент пропускания

¹E-mail: kostya_altunin@mail.ru

Введение

Нанокompозитные материалы являются одним из наиболее перспективных направлений в области нанотехнологий. Наноматериалы представляют собой нанокompозиты, состоящие из наночастиц, распределённых в непрерывной матрице. Благодаря своим уникальным свойствам, нанокompозиты находят широкое применение в различных отраслях: от нанoeлектроники, нанoфотоники до биомедицины. Одним из ключевых параметров, характеризующих оптические свойства нанокompозитов, является эффективный комплексный показатель преломления нанокompозитной среды. Таким образом, исследование зависимости эффективного комплексного показателя преломления нанокompозитных плёнок от длины волны внешнего оптического излучения на основе экспериментальных данных по оптическому отражению и пропусканию является актуальной задачей в оптике наноструктур.

Целью исследования является разработка метода вычисления эффективного показателя преломления нанокompозитных плёнок на основе измерения энергетических коэффициентов пропускания и отражения оптического излучения от поверхности нанокompозитной плёнки.

Задачи исследования:

1. написание обзора существующих методов определения показателя преломления материалов и их применимость к нанокompозитам,
2. разработка теоретической модели, описывающей зависимость эффективного показателя преломления от энергетических коэффициентов пропускания и отражения, длины волны излучения, толщины плёнки для нанокompозитных плёнок,
3. проведение численных расчётов для проверки адекватности разработанной теоретической модели для определения эффективного показателя преломления нанокompозитных плёнок с металлическими наночастицами.

Объектом исследования является нанокompозитная плёнка. Предметом исследования является комплекс оптических параметров нанокompозитных плёнок, определяемых с использованием энергетических коэффициентов пропускания и отражения нанокompозитных плёнок.

В качестве методов исследования используются теоретические и численные методы современной оптики наноструктур. В качестве материалов исследования используются нанокompозитные материалы. Научная новизна исследования состоит в том, что разработанный метод определения эффективного показателя преломления нанокompозитных плёнок на основе энергетических коэффициентов пропускания и отражения оптического излучения позволит расширить возможности исследования оптических свойств нанокompозитных плёнок, в частности, исследовать их оптические параметры в зависимости от размера, формы и состава металлических наночастиц.

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать предлагаемую модель, то на основе экспериментальных данных для зависимостей энергетических коэффициентов пропускания и отражения нанокompозитных плёнок от длины волны можно вычислить зависимость эффективного показателя преломления нанокompозитных плёнок с учётом взаимодействия света с металлическими наночастицами.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что результаты исследования могут быть использованы для развития теории взаимодействия света с нанокompозитными материалами, а также для создания новых методов определения эффективных показателей преломления и поглощения в области оптических длин волн. Практическая значимость исследования состоит в том, что разработанный метод можно использовать для контроля качества нанокompозитных покрытий и нанокompозитных плёнок, а также в разработке новых оптических наноматериалов с заданными физическими свойствами.

Обзор

Металлополимерные нанокompозиты представляют собой материалы, в которых наночастицы металлов сочетаются с полимерами для улучшения их физических свойств. Металлополимерные нанокompозиты представляют собой гибридные материалы, сочетающие в себе превосходные плазмонные, электрические и термические свойства металлов с хорошей эластичностью и технологичностью полимеров. Это делает металлополимерные нанокompозиты перспективными кандидатами для применения в качестве проводящих наполнителей и покрытий, где механические свойства оптотермически связаны. В статье [1] изучается взаимодействие наноструктуры, термоплазмоники и упруго-механических свойств нанокompозитов серебро-полистирол с помощью просвечивающей электронной микроскопии, малоуглового рассеяния рентгеновских лучей, рассеяния света Бриллюэна и других дополнительных методов. В статье [1] используется хорошо известная архитектура частиц-щеток, чтобы обеспечить однородное и изотропное распределение наночастиц по всему гибриднему материалу. В статье [1] установлено, что эффективный продольный модуль свежеприготовленных образцов снижается с 5.7 ГПа до 4.8 ГПа с увеличением содержания серебра от 0 до 4.4 об.%. Измерения температурно-зависимого бриллюэновского рассеяния света показывают уникальный вклад локального термоплазмонного нагрева, который зависит от состава наночастиц серебра. Этот термоплазмонный эффект приводит к более низкой кажущейся температуре стеклования и более сильной зависимости скорости звука от мощности лазера. Превышение умеренных температур термического отжига больше 150°C приводит к сильной структурной перестройке внутри однородного нанокompозитного материала со своеобразным эффектом кластеризации-редисперсии, что также приводит к изменению механических свойств. Агрегация наночастиц серебра, вызванная отжигом, приводит к ещё более сильному термоплазмонному эффекту. В статье [1] подтверждаются экспериментальные результаты с помощью дополнительных термографических измерений и моделирования методом конечных элементов. В целом, работа [1] демонстрирует совместное влияние состава и (обратимой) агрегации на механические и термоплазмонные свойства металлополимерных нанокompозитов. Это не только углубляет понимание взаимодействия между светом, температурой и механическими свойствами в металлополимерных нанокompозитах, но также даёт руководство по настройке нанокompозитов серебро-полистирол для потенциальных применений.

Рентгеновская корреляционная спектроскопия фотонов использовалась в сочетании с малоугловым рассеянием рентгеновских лучей скользящего падения с резонансным усилением для исследования динамики и кинетики медленных частиц в тонких пленках нанокompозитов золото/полистирол. Такое усиленное когерентное рассеяние позволяет впервые измерить динамику частиц при волновых векторах до одного нанометра (или нескольких нанометров в пространстве) в неупорядоченной системе, то есть в режиме, когда перепутывание, удержание и взаимодействие частиц доминируют в динамике и кинетике. В статье [2] проведены измерения промежуточного структурного фактора, указывающие на то, что динамика частиц отличается от броуновского движения Стокса-Эйнштейна и объясняется с точки зрения вязкоупругих эффектов и межчастичных взаимодействий.

В статье [3] описаны результаты исследования многослойной структуры из нанокompозита на основе полимера с включениями золота, которую подвергали отжигу, чтобы вызвать диффузию частиц золота, которую контролировали с помощью спектрометрии обратного резерфордского рассеяния. Также были проведены эксперименты по движению маркеров для независимого исследования подвижности частиц и полимеров. В статье [3] показано, что подвижность частиц уменьшилась на 2-3 порядка по сравнению с предсказаниями теории Стокса-Эйнштейна. Диффузия молекул полимера через

слой частиц золота снижается в гораздо меньшей степени. Эти результаты объясняются образованием мостиков между частицами, возникающими в результате кинетики медленного обмена сегментов полимера на границе раздела полимер/металл.

В статье [4] рассматривается использование металлополимерных нанокомпозитов как перспективного подхода к созданию антибактериальных материалов. В статье [4] исследуются методы синтеза, механизмы действия и применение этих нанокомпозитов. В статье [4] разработан новый подход к разработке антибактериальных препаратов с целью повышения антибактериального потенциала. Наночастицы прикрепляются к поверхности других металлов или оксидов металлов и полимеров для получения нанокомпозитов. В статье [4] продемонстрированы значительные антибактериальные свойства по сравнению с наночастицами. В статье [4] исследуется антибактериальный потенциал нанокомпозитов на основе металлов и металл-полимер, различные методы, которые используются в синтезе металл-полимер, нанокомпозиты, механизмы действия, а также их преимущества, недостатки и области применения.

В статье [5] обсуждается получение полимерно-металлических нанокомпозитов с использованием ультразвука в качестве источника инициирования и восстановления. Полимерно-металлические нанокомпозиты вызывают растущий интерес для широкого спектра применений; однако получение этих нанокомпозитов часто требует добавления внешних инициаторов и восстановителей для синтеза полимерных и металлических наночастиц соответственно. В статье [5] продемонстрировано получение полимерно-металлических нанокомпозитов для улучшения каталитических характеристик путём использования ультразвука в качестве источника инициирования и восстановления.

В статье [6] рассматривается получение металлополимерных нанокомпозитов путём химического восстановления ионов металлов в полимерных матрицах, уделяя особое внимание их функциям в качестве стабилизирующих агентов, шаблонов и восстановителей. В статье [6] обобщены последние достижения в области получения металлополимерных нанокомпозитов путём химического восстановления ионов металлов в полимерных матрицах, которые по функциям классифицируются как стабилизаторы, шаблоны и восстановители. Особое внимание уделено различным факторам, влияющим на размер и морфологию частиц, состав и структуру металлополимерных нанокомпозитов. Рассмотрены проблемы и перспективы создания металлополимерных нанокомпозитов, полученных химическим восстановлением ионов металлов.

Проведённый анализ литературы показал актуальность задачи вычисления эффективного показателя преломления нанокомпозитной плёнки по энергетическим коэффициентам пропускания и отражения оптического излучения.

Результаты

Коэффициент Френеля для отражения оптической волны от поверхности нанокомпозитной плёнки равен

$$R = r + \frac{r(1-r)^2\tau^2}{1-r^2\tau^2}. \quad (1)$$

Коэффициент Френеля для пропускания оптической волны через поверхность нанокомпозитной плёнки равен

$$T = \frac{(1-r)^2\tau}{1-r^2\tau^2}. \quad (2)$$

Амплитудный коэффициент Френеля для отражения от одной границы раздела равен

$$r = |\rho_1|^2 = \frac{(n_1 - 1)^2 + \kappa_1^2}{(n_1 + 1)^2 + \kappa_1^2}. \quad (3)$$

Амплитудный коэффициент Френеля для пропускания одной границей раздела равен

$$\tau = \exp\left(-\frac{4\pi\kappa_1}{\lambda}d_1\right), \quad (4)$$

где d_1 – толщина нанокompозитной плёнки, λ – длина волны излучения.

Тогда получается квадратное уравнение

$$T\tau^2 + ((R - 1)^2 - T^2)\tau - T = 0. \quad (5)$$

Решение квадратного уравнения (5) имеет вид:

$$\tau = \frac{-((R - 1)^2 - T^2) \pm \sqrt{\Delta}}{2T}, \quad (6)$$

где $\Delta = ((R - 1)^2 - T^2)^2 + 4T^2$.

Мнимая часть комплексного показателя преломления плёнки определяется выражением:

$$\kappa_1 = -\frac{\lambda}{4\pi d_1} \ln \tau. \quad (7)$$

Амплитудный коэффициент Френеля для отражения от одной границы раздела найдём по формуле:

$$r = \frac{2R}{1 + \tau^2 \pm \sqrt{(1 + \tau^2)^2 - 4\tau^2 R(2 - R)}}. \quad (8)$$

Тогда показатель преломления нанокompозитной среды может быть найден по формуле:

$$n_1 = \frac{1 + r}{1 - r} \pm \sqrt{\frac{4r}{(1 - r)^2} - \kappa_1^2}. \quad (9)$$

В случае прозрачной среды выполняется закон сохранения

$$R + T = 1. \quad (10)$$

В случае поглощающей среды выполняется закон сохранения

$$R + T + A = 1. \quad (11)$$

Энергетический коэффициент поглощения среды находится по формуле:

$$A = \frac{(1 - r)(1 - \tau)}{1 - r\tau}. \quad (12)$$

Из соотношений Крамерса-Кронига получаем

$$\angle \rho_1(\omega) = \frac{\pi}{\omega} \int_0^{+\infty} \frac{\ln r(\bar{\omega})}{\bar{\omega}^2 - \omega^2} d\bar{\omega}. \quad (13)$$

Тогда можно записать приближённые соотношения для действительной и мнимой части комплексного показателя преломления среды нанокompозитной плёнки в следующем виде:

$$n_1 \cong \frac{1 - r}{(1 + r) - 2\sqrt{r} \cos(\angle \rho_1)}, \quad (14)$$

$$\kappa_1 \cong \frac{2\sqrt{r} \sin(\angle \rho_1)}{(1 + r) - 2\sqrt{r} \cos(\angle \rho_1)}. \quad (15)$$

Рассмотрим интерполяцию зависимости энергетического коэффициента пропускания металл-полимерной нанокомпозитной плёнки от длины волны излучения. Оптические свойства нанокомпозитных плёнок из полиметилметакрилата с наночастицами серебра описаны в работах [7–14]. После интерполяции данных значений строится график зависимости коэффициента пропускания нанокомпозитной плёнки из полиметилметакрилата с весовым содержанием наночастиц серебра 5% от длины волны излучения (рис. 1) для шести случаев: 1 – чистая стеклянная подложка, 2 – образец с полимерной плёнкой толщиной 17 мкм, 3-6 – образцы с нанокомпозитными плёнками толщиной 17 мкм с разными типами пневматического нанесения. Весовое содержание наночастиц серебра равно 5%, средний радиус наночастиц серебра составляет 2.5 нм.

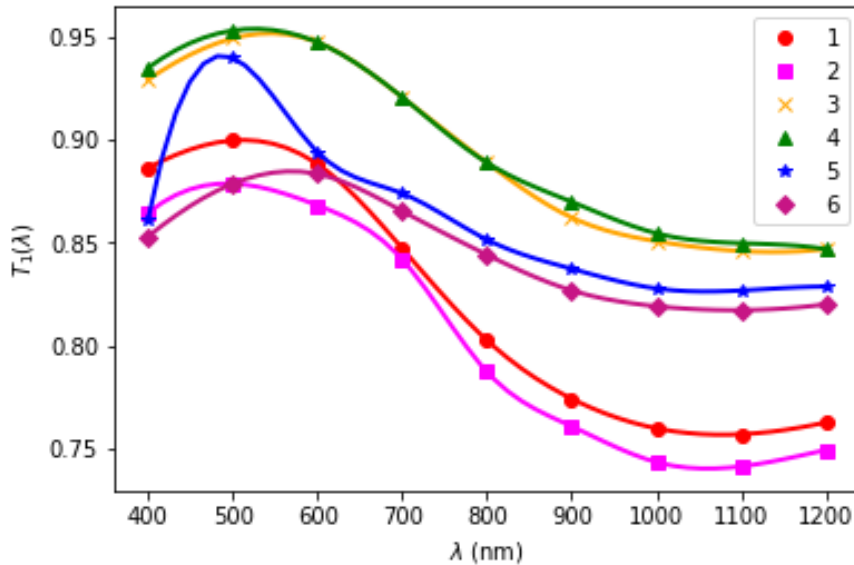


Рис. 1. Графики зависимости энергетического коэффициента пропускания металл-полимерной нанокомпозитной плёнки с весовым содержанием наночастиц серебра 5% и средним радиусом наночастиц 2.5 нм от длины волны оптического излучения для шести случаев: 1 – чистая стеклянная подложка, 2 – образец с полимерной плёнкой толщиной 17 мкм, 3-6 – образцы с нанокомпозитными плёнками толщиной 17 мкм с разными типами пневматического нанесения.

График зависимости энергетического коэффициента пропускания металл-полимерной нанокомпозитной плёнки от длины волны оптического излучения, представленный на рис. 1, показывает увеличение оптического пропускания просветляющих нанокомпозитных покрытий, содержащих металлические наночастицы с весовым содержанием наночастиц серебра 5% и средним радиусом наночастиц 2.5 нм. Известно, что можно приблизительно измерить показатель преломления по двум соседним максимумам оптического пропускания, но этот не является точным и имеет существенные ограничения для анизотропных материалов.

Расчёт эффективного показателя преломления металл-полимерной нанокомпозитной плёнки можно осуществить с помощью приближённой формулы:

$$n_1 \approx \left(\frac{1+R}{1-R} \right) + \sqrt{\frac{4R}{(1-R)^2} - \left(\frac{1}{2k_0 d_1} \ln \left(\frac{1-R}{T} \right) \right)^2}, \quad (16)$$

где k_0 – волновое число излучения в вакууме, d_1 – толщина нанокомпозитной плёнки, R – энергетический коэффициент отражения от поверхности нанокомпозитной плёнки, T – энергетический коэффициент пропускания нанокомпозитной плёнки.

Эффективный комплексный показатель преломления играет важную роль в определении оптических свойств нанокompозитных материалов. Эффективный показатель преломления позволяет оценить эффективность взаимодействия излучения с нанокompозитными структурами, что в свою очередь определяет их применение в оптике, фотонике, оптоэлектронике и других областях.

Более детальный расчёт эффективного показателя преломления металл-полимерной нанокompозитной плёнки даёт приближённую формулу:

$$n_1 \approx \left(\frac{1+R}{1-R} \right) + \sqrt{\frac{4R}{(1-R)^2} - \left(\frac{1}{2k_0d_1} \ln \left(\frac{(1-R)^2}{2T} + \sqrt{\frac{(1-R)^4}{4T^2} + R^2} \right) \right)}. \quad (17)$$

Пользуясь значениями графика, представленного на рис. 1, и формулами отражения и пропускания среды можно вычислить значение эффективного показателя преломления для металл-полимерного нанокompозитного покрытия и построить график зависимости показателя преломления n от длины волны λ для данных шести случаев: 1 – чистая стеклянная подложка, 2 – образец с полимерной плёнкой толщиной 17 мкм, 3-6 – образцы с нанокompозитной плёнкой толщиной 17 мкм с разными типами пневматического нанесения. Весовое содержание наночастиц серебра в нанокompозитной плёнке составляет 5 %, средний радиус наночастиц равен 2.5 нм.

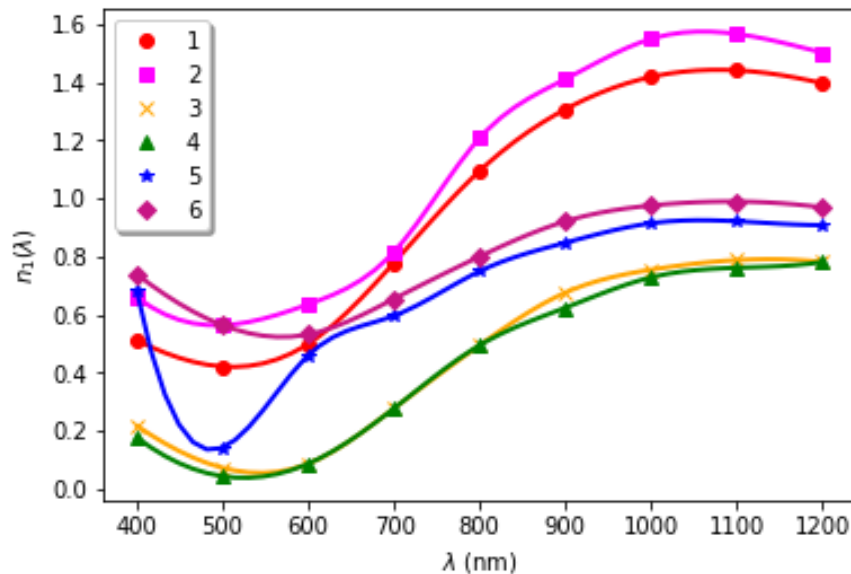


Рис. 2. Графики зависимости эффективного показателя преломления для металл-полимерной нанокompозитной плёнки с весовым содержанием наночастиц серебра 5 % и средним радиусом наночастиц 2.5 нм от длины волны излучения для шести случаев: 1 – чистая стеклянная подложка, 2 – образец с полимерной плёнкой толщиной 17 мкм, 3-6 – образцы с нанокompозитной плёнкой толщиной 17 мкм с разными типами пневматического нанесения.

На рис. 2 показаны графики зависимости эффективного показателя преломления для просветляющего нанокompозитного покрытия, состоящего из полимерной матрицы полиметилметакрилата и системы включений из сферических наночастиц серебра, от длины волны внешнего оптического излучения.

Заключение

Выполнены численные расчёты, позволяющие осуществить расчёт эффективного показателя преломления нанокompозитной плёнки посредством интерполяции экспериментальных данных для оптического пропускания нанокompозитного покрытия на примере покрытия с весовым содержанием наночастиц серебра 5% и средним радиусом наночастиц 2.5 нм. Вычислено значение эффективного показателя преломления для металл-полимерного нанокompозитного покрытия в диапазоне длин волн от 400 нм до 1200 нм. Показано, что эффективный комплексный показатель преломления нанокompозитной плёнки можно вычислить по энергетическим коэффициентам пропускания и отражения оптического излучения, используя разработанный метод. Это позволяет расширить возможности исследования оптических свойств нанокompозитных материалов и создавать новые методы определения показателей преломления и поглощения в оптическом диапазоне длин волн внешнего излучения.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если использовать предлагаемую модель, то на основе экспериментальных данных для зависимостей энергетических коэффициентов пропускания и отражения нанокompозитных плёнок от длины волны можно вычислить зависимость эффективного показателя преломления нанокompозитных плёнок с учётом взаимодействия света с металлическими наночастицами, подтверждена полностью.

По итогам работы можно сделать вывод, что выполненные численные расчёты позволяют посредством интерполяции экспериментальных данных для оптического пропускания нанокompозитного покрытия на примере покрытия с весовым содержанием наночастиц серебра 5% и средним радиусом наночастиц 2.5 нм вычислить значение эффективного показателя преломления для металл-полимерного нанокompозитного покрытия.

Список использованных источников

1. Well-defined metal-polymer nanocomposites: The interplay of structure, thermoplastics, and elastic mechanical properties / David Saleta Reig [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2018. — dec. — Vol. 2, no. 12. — P. 123605. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevMaterials.2.123605>.
2. Particle dynamics in polymer-metal nanocomposite thin films on nanometer-length scales / Suresh Narayanan [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2007. — may. — Vol. 98, no. 18. — P. 185506. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.185506>.
3. Metal-polymer interactions in a polymer/metal nanocomposite / Douglas H. Cole [et al.] // *Physical Review Letters*. — 1997. — jun. — Vol. 78, no. 26. — P. 5006–5009. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.78.5006>.
4. Ghazzy Asma, Naik Rajashri R., Shakya Ashok K. Metal-polymer nanocomposites: a promising approach to antibacterial materials // *Polymers*. — 2023. — may. — Vol. 15, no. 9. — P. 2167. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/polym15092167>.
5. Wan Jing, Fan Bo, Thang San H. Sonochemical preparation of polymer-metal nanocomposites with catalytic and plasmonic properties // *Nanoscale Advances*. — 2021. — Vol. 3, no. 11. — P. 3306–3315. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/D1NA00120E>.
6. Dzhardimalieva Gulzhian I., Uflyand Igor E. Preparation of metal-polymer nanocomposites by chemical reduction of metal ions: functions of polymer matrices // *Journal of Polymer Research*. — 2018. — nov. — Vol. 25, no. 12. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/S10965-018-1646-8>.

7. Altunin K. K., Gadomsky O. N. High-negative effective refractive index of silver nanoparticles system in nanocomposite films // Optics Communications. — 2012. — mar. — Vol. 285, no. 5. — P. 816–820. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.optcom.2011.11.033>.
8. Near-field effect in composite nanomaterials with a quasi-zero refractive index / O. N. Gadomsky [et al.] // Optics Communications. — 2014. — mar. — Vol. 315. — P. 286–294. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.optcom.2013.11.035>.
9. Gadomsky O. N., Altunin K. K., Ushakov N. M. Ideal optical antireflection of composite films activated by spherical nanoparticles // JETP Letters. — 2009. — oct. — Vol. 90, no. 4. — P. 251–256. — URL: <http://dx.doi.org/10.1134/S0021364009160061>.
10. High-efficiency antireflection nanostructural optical coatings for solar cells / O. N. Gadomskii [et al.] // Technical Physics. — 2010. — jul. — Vol. 55, no. 7. — P. 996–1002. — URL: <http://dx.doi.org/10.1134/S1063784210070133>.
11. Алтунин К. К. Особенности оптического пропускания в наноразмерных металл-полимерных структурах с показателями преломления и поглощения, близкими к нулю // Наноматериалы и наноструктуры - XXI век. — 2014. — Т. 5, № 3. — С. 3–8. — URL: <https://elibrary.ru/tjxqnj>.
12. Алтунин К. К. Оптические свойства металл-полимерных пленочных наноструктур с сферическими наночастицами // Наноматериалы и наноструктуры - XXI век. — 2017. — Т. 8, № 4. — С. 8–12. — URL: <https://elibrary.ru/ynrthy>.
13. Алтунин К. К. Усиленное оптическое пропускание нанокомпозитных пленок с наночастицами серебра на различных подложках. Часть 1. Вопросы теории и модель // Наноматериалы и наноструктуры - XXI век. — 2015. — Т. 6, № 2. — С. 4–14. — URL: <https://elibrary.ru/uawayx>.
14. Алтунин К. К. Исследование оптического пропускания двухслойных и трехслойных просветляющих нанокомпозитных покрытий с оптимальными параметрами // Наноматериалы и наноструктуры - XXI век. — 2018. — Т. 9, № 4. — С. 3–11. — URL: <https://elibrary.ru/yujvql>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: kostya_altunin@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

IstinaResearcherID  66185348

Original article
PACS 42.25.Bs
OCIS 310.6628
MSC 00A79

Analysis of approaches to calculating the effective refractive index of a nanocomposite film from the energy transmittance of optical radiation

K. K. Altunin 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted February 1, 2024
Resubmitted February 2, 2024
Published March 12, 2024

Abstract. Numerical calculations have been performed that make it possible to calculate the effective refractive index of a nanocomposite film by interpolating experimental data for the optical transmission of a nanocomposite coating using the example of a coating with a weight content of silver nanoparticles of 5% and an average nanoparticle radius of 2.5 nm. The value of the effective refractive index for a metal-polymer nanocomposite coating in the wavelength range from 400 nm to 1200 nm has been calculated.

Keywords: nanocomposite, nanocomposite film, nanocomposite coating, nanoparticle, silver nanoparticle, optical radiation, refractive index, absorption index, reflectance, transmittance

@auxrussian@auxenglish

References


1. Well-defined metal-polymer nanocomposites: The interplay of structure, thermoplasmonics, and elastic mechanical properties / David Saleta Reig [et al.] // *Physical Review Materials*. — 2018. — dec. — Vol. 2, no. 12. — P. 123605. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevMaterials.2.123605>.
2. Particle dynamics in polymer-metal nanocomposite thin films on nanometer-length scales / Suresh Narayanan [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2007. — may. — Vol. 98, no. 18. — P. 185506. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.185506>.
3. Metal-polymer interactions in a polymer/metal nanocomposite / Douglas H. Cole [et al.] // *Physical Review Letters*. — 1997. — jun. — Vol. 78, no. 26. — P. 5006–5009. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.78.5006>.
4. Ghazzy Asma, Naik Rajashri R., Shakya Ashok K. Metal-polymer nanocomposites: a promising approach to antibacterial materials // *Polymers*. — 2023. — may. — Vol. 15, no. 9. — P. 2167. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/polym15092167>.
5. Wan Jing, Fan Bo, Thang San H. Sonochemical preparation of polymer-metal nanocomposites with catalytic and plasmonic properties // *Nanoscale Advances*. — 2021. — Vol. 3, no. 11. — P. 3306–3315. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/D1NA00120E>.

6. Dzhardimalieva Gulzhian I., Uflyand Igor E. Preparation of metal-polymer nanocomposites by chemical reduction of metal ions: functions of polymer matrices // *Journal of Polymer Research*. — 2018. — nov. — Vol. 25, no. 12. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/S10965-018-1646-8>.
7. Altunin K. K., Gadomsky O. N. High-negative effective refractive index of silver nanoparticles system in nanocomposite films // *Optics Communications*. — 2012. — mar. — Vol. 285, no. 5. — P. 816–820. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.optcom.2011.11.033>.
8. Near-field effect in composite nanomaterials with a quasi-zero refractive index / O. N. Gadomsky [et al.] // *Optics Communications*. — 2014. — mar. — Vol. 315. — P. 286–294. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.optcom.2013.11.035>.
9. Gadomsky O. N., Altunin K. K., Ushakov N. M. Ideal optical antireflection of composite films activated by spherical nanoparticles // *JETP Letters*. — 2009. — oct. — Vol. 90, no. 4. — P. 251–256. — URL: <http://dx.doi.org/10.1134/S0021364009160061>.
10. High-efficiency antireflection nanostructural optical coatings for solar cells / O. N. Gadomskii [et al.] // *Technical Physics*. — 2010. — jul. — Vol. 55, no. 7. — P. 996–1002. — URL: <http://dx.doi.org/10.1134/S1063784210070133>.
11. Altunin K. K. Features of optical transmission in nanosized metal-polymer structures with refractive and absorption indices close to zero // *Nanomaterials and nanostructures - XXI century*. — 2014. — Vol. 5, no. 3. — P. 3–8. — URL: <https://elibrary.ru/tjxqnj>.
12. Altunin K. K. Optical properties of metal-polymer film nanostructures with spherical nanoparticles // *Nanomaterials and nanostructures - XXI century*. — 2017. — Vol. 8, no. 4. — P. 8–12. — URL: <https://elibrary.ru/ynrthy>.
13. Altunin K. K. Enhanced optical transmission of nanocomposite films with silver nanoparticles on various substrates. Part 1. Theory issues and model // *Nanomaterials and nanostructures - XXI century*. — 2015. — Vol. 6, no. 2. — P. 4–14. — URL: <https://elibrary.ru/uawayx>.
14. Altunin K. K. Study of optical transmission of two-layer and three-layer antireflective nanocomposite coatings with optimal parameters // *Nanomaterials and nanostructures - XXI century*. — 2018. — Vol. 9, no. 4. — P. 3–11. — URL: <https://elibrary.ru/yujvql>.

Information about authors:

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

E-mail: kostya.altunin@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

IstinaResearcherID  66185348

Секция 2

Биологические науки

2.1 Экология

Научная статья

УДК 58.02

ББК 28.080.1

ГРНТИ 34.35.15

ВАК 1.5.15

PACS 87.23.-n

OCIS 000.1430

MSC 92C80

Анализ загрязнения атмосферного воздуха на территории города Ульяновска с помощью методов биоиндикации

Ю. А. Анашкина , Е. С. Растемяшина , Е. Ю. Истомина  ¹

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

Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 15 февраля 2024 года

После переработки 20 февраля 2024 года

Опубликована 12 марта 2024 года

Аннотация. Приведены результаты определения интенсивности автотранспортной нагрузки и степени загазованности воздуха в Железнодорожном и Заволжском районах города Ульяновска с помощью методов биоиндикации и методики балльной системы качества среды обитания. Из-за высокой автомобильной нагрузки на выбранные участки, наблюдается асимметрия листовых пластинок *Betula pendula* Roth, произрастающих в придорожной зоне. Приведены рекомендации для минимизации воздействия на окружающую среду и снижению загрязнения территорий, расположенных вдоль автомобильных дорог.

Ключевые слова: атмосферный воздух, степень загазованности воздуха, автотранспорт, автотранспортная нагрузка, асимметрия листовой пластинки, флуктуирующая асимметрия, *Betula pendula* Roth, биоиндикация, мониторинг, концентрация, концентрация вредных примесей, стационарные посты

¹E-mail: istominaeyu@yandex.ru

Введение

В настоящее время атмосферный воздух подвергается высокой антропогенной нагрузке, представленной, главным образом, большим количеством предприятий, транспортной загрузкой. Последнее вызвано развитием транспортных магистралей и высоким разнообразием автомобилей, численность которых с каждым годом возрастает в прямой зависимости от роста населения.

Целью работы является определение степени загрязненности атмосферного воздуха на территории города Ульяновск на примере Железнодорожного и Заволжского районов с помощью биоиндикации. Для реализации цели поставлены следующие задачи: установить интенсивность автотранспортной нагрузки и степень загазованности воздуха в Железнодорожном и Заволжском районах города Ульяновска; выявить степень загрязненности воздуха на выбранных участках с помощью флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth.

Объектом исследования является процесс мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в городе Ульяновске с помощью методов биоиндикации и его влияние на здоровье населения и состояние окружающей среды. Предметом исследования является система контроля качества атмосферного воздуха города Ульяновска как инструмент анализа загрязнения атмосферного воздуха с помощью методов биоиндикации для выявления основных источников загрязнения, оценки степени загрязнения, и выработки мер по снижению загрязнения атмосферного воздуха города Ульяновска.

Новизна научного исследования состоит в использовании системы контроля качества атмосферного воздуха с помощью методов биоиндикации для комплексного анализа загрязнения атмосферного воздуха города Ульяновска и разработки мер по его снижению загрязнения атмосферного воздуха на основе карт, характеризующих расположение источников загрязнения атмосферного воздуха города Ульяновска.

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать систему контроля качества атмосферного воздуха с помощью методов биоиндикации для анализа данных загрязнения атмосферного воздуха города Ульяновска, то можно выявить основные источники загрязнения, определить меры по снижению выбросов и улучшению состояния атмосферного воздуха города Ульяновска.

Теоретическая значимость исследования заключается в исследовании методов анализа данных системы контроля качества атмосферного воздуха городов для определения основных источников загрязнения и выработки мер по снижению их негативного воздействия на здоровье населения и окружающую среду, а также обобщении и систематизации информации о состоянии атмосферного воздуха в городе Ульяновске, полученной с помощью системы контроля качества атмосферного воздуха, для подготовки рекомендаций по улучшению экологической ситуации в городе Ульяновске. Практическая значимость исследования заключается в создании базы данных о состоянии атмосферного воздуха в городе Ульяновске с использованием системы контроля качества атмосферного воздуха в процессе оперативного мониторинга и прогнозирования уровня загрязнения атмосферного воздуха для последующего проведения мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ от промышленных предприятий и автотранспорта для улучшения экологической ситуации в городе Ульяновске.

В качестве метода исследования используется статистический анализ данных системы контроля качества атмосферного воздуха для определения степени и характера загрязнения атмосферного воздуха для выявления тенденций и закономерностей изменения уровня загрязнения атмосферного воздуха во времени и пространстве. Материалом исследования является набор данных системы контроля качества атмосферного воздуха о выбросах загрязняющих веществ и состоянии атмосферного воздуха по районам города Ульяновска на картах источников загрязнения атмосферного воздуха.

Обзор

Проведём анализ российского опыта в области контроля и мониторинга атмосферного воздуха для адаптации лучших практик в условиях города. Автомобильный транспорт оказывает в настоящее время огромное воздействие на придорожные зоны. Как отмечено Е. В. Бондаренко и Г. П. Дворниковым, индикаторами комплексного экологического воздействия на окружающую среду являются экосистемы придорожных зон (наземных, почвенных и водных). Загрязняющие вещества, образующиеся в результате выбросов автомобильного транспорта, оказывают воздействие, как на человека, так и растительный покров — одного из главных элементов городской экосистемы. Для оценки уровня антропогенной нагрузки и экологического состояния придорожной растительности широко используется биоиндикация. Внимание к использованию *Betula pendula* Roth в качестве биоиндикатора увеличилось сравнительно недавно. Одной из первых работ, проведенной на территории города Чапаевска Самарской области, в которой *Betula pendula* Roth являлась индикатором химического загрязнения среды, была проведена А. И. Федоровой и А. Н. Никольской @auxrussian@auxrussian[1]. В ходе работы [1] была предпринята попытка оценить устойчивость развития берёзы в серии выборок, из точек, которые находятся на разном удалении от источника химического загрязнения. Чапаевск — бывший центр по производству химического и других видов оружия. В ряде работ этот вид используют в качестве биоиндикатора в городской среде, в том числе для оценки устойчивости развития берёзы в зависимости от источника загрязнения.

Использованию метода флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz) посвящён ряд работ В. Ю. Солдатовой и Е. Г. Шадринной [2]. Исследования проводились как в природных биотопах Якутии, так и в условиях городской среды [2]. Обнаружено, что самый высокий показатель флуктуирующей асимметрии характерен для улиц Якутска с большой транспортной нагрузкой (центр города, районы промышленного производства), а низкие — в рекреационных и дачных районах. Отмечена так же зависимость величины показателя флуктуирующей асимметрии не только от величины транспортной нагрузки, но и от близости проезжей части и загрязнения почвы тяжёлыми металлами.

Преимущества биологической оценки окружающей среды с помощью флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth отмечают А. А. Гуртяк и В. В. Углёв [3]. В работе [3] представлена динамика изменения с 2003 года по 2008 год на территории города Ханты-Мансийска и составлена соответствующая карта. В работе [3] установлена аналогичная закономерность: чем выше автотранспортная нагрузка и плохое состояние среды — тем выше отклонения в симметрии листовой пластинки данного вида.

В работе Г. Р. Хузиной [4] отмечена надёжность растений для индикации загрязнения окружающей среды. В работе [4] для исследования были определены четыре участка: участок 1 и участок 2 — на территории города Ижевска, а участок 3 и участок 4 — на территории города Воктинска, на которых проведены морфометрический анализ листьев *Betula pendula* Roth. Установлено, что наблюдаются различные отклонения в пропорциях листовой пластинки в условиях городской среды, в том числе увеличение длины в условиях техногенного загрязнения.

В южных регионах исследования флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth были проведены Ю. А. Мандра и Р. С. Еременко [5]. В работе [5] охвачены все основные типы природно-ландшафтных и антропогенно-ландшафтных комплексов города Кисловодска. Результаты исследований показали, что больше половины изучаемых признаков листовой пластинки имели явную асимметрию. Наибольшая степень отклонения наблюдается в районах интенсивного транспортного движения (автовокзалы и

железнодорожные вокзалы) и функционирования промышленных предприятий. Показатели флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth, полученные с тридцати пробных площадок города, варьируются от 0.027 до 0.045 [5].

Аналогичные исследования были проведены в 7 точках с различной техногенной нагрузкой и интенсивностью транспортного потока на территории города Кирова Т. Л. Егошиной, Л. С. Савинцевой и В. В. Ширяевым [6]. В работе [6] была подтверждена закономерность, выявленная предыдущими исследователями, об увеличении показателя флуктуирующей асимметрии листьев березы и антропогенной нагрузки. С увеличением расстояния от растения до проезжей части наблюдается снижение показателя флуктуирующей асимметрии.

В соседних для Ульяновской области регионах подобные исследования проводились в Саранске и Казани. На территории города Саранска было проведено исследование флуктуирующей асимметрии *Betula verrucosa* Ehrh на 24 участках. По полученным данным на 10 участках наблюдается существенное отклонение от нормы и критическое состояние, вызванное высоким антропогенным воздействием [7].

Комплексная оценка экологического состояния придорожных зон города Казани, в том числе методом флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth была проведена Л. М. Кустовой в 2013 году. Были заложены 7 пробных площадок в придорожных полосах автомобильных дорог в каждом из административных районов города. На шести интегральный показатель флуктуирующей асимметрии свидетельствует о критическом состоянии среды, минимальный показатель характеризуется в одной точке, оценивается как условно нормальное [8].

Одно из современных исследований в данной области было проведено В. В. Абраменко и Н. П. Буньковой в городе Екатеринбурге [9]. В работе [9] Было изучено 13 лесопарков. Устойчивые показатели флуктуирующей асимметрии имеют только четыре, тогда как остальные демонстрируют высокие показатели отклонения, что свидетельствует о значительном антропогенном и рекреационном воздействии.

Таким образом, методика изучения флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth получила широкое распространение для оценки качества природной и городской среды в разных регионах России. В работах, использующих данный метод, наблюдается закономерность: при увеличении влияния изучаемого фактора увеличивался показатель флуктуирующей асимметрии, и наблюдалось нарушение стабильности развития *Betula pendula* Roth.

Проведённый анализ литературы показал актуальность исследования загрязнения атмосферного воздуха на территории городов с помощью методов биоиндикации.

Методы и материалы

Город Ульяновск является областным центром, расположенным в Среднем Поволжье. В городе Ульяновске сосредоточены и развиты такие отрасли промышленности, как авиастроение и автомобилестроение, производство электрических изделий, осуществляется выпуск продукции для нужд оборонно-промышленного комплекса. Современный город Ульяновск — крупный транспортный центр, в котором большое значение имеет развитое автомобильное сообщение. Через город Ульяновск проходят автотрассы федерального значения: А151 Ульяновск — Цивильск, въезд на федеральную трассу М7, Р178 Саранск — Сурское — Ульяновск, Р228 Ульяновск — Сызрань — Саратов — Волгоград, Р241 Ульяновск — Буинск — Казань [10].

По данным официального сайта ГИБДД Министерства внутренних дел Российской Федерации по Ульяновской области на 1 января 2023 года в городе Ульяновске зарегистрировано 461.5 тысяча автомототранспортных средств. Высокая доля автомобильного транспорта оказывает большое влияние на воздух города Ульяновска. Особенно силь-

но это влияние ощущается на крупных автомобильных дорогах таких, как Московское шоссе, улица Рябикова, проспект Гая, проспект Туполева и у светофоров. Мониторинг за состоянием атмосферы на территории города Ульяновска проводится на стационарных постах государственной службы наблюдений: пост наблюдений за загрязнением атмосферы № 1, расположенный по адресу: город Ульяновск, Ленинский район, бульвар Новый Венец, пост наблюдений за загрязнением атмосферы № 3, расположенный по адресу: город Ульяновск, Засвияжский район, улица Полбина, 46А, пост наблюдений за загрязнением атмосферы № 4, расположенный по адресу: город Ульяновск, Железнодорожный район, улица Варейкиса, 2Г, пост наблюдений за загрязнением атмосферы № 5, расположенный по адресу: город Ульяновск, Заволжский район, улица Краснопролетарская, 22А, пост наблюдений за загрязнением атмосферы № 6, расположенный по адресу: город Ульяновск, Заволжский район, 25 метрах северо-западнее средней школы № 75, пост наблюдений за загрязнением атмосферы № 7, расположенный по адресу: город Ульяновск, Засвияжский район, улица Промышленная, в 55 метрах северо-восточнее жилого дома № 22, пост наблюдений за загрязнением атмосферы № 8, расположенный по адресу: город Ульяновск, Заволжский район, проспект Зырина. Наблюдения за качеством атмосферного воздуха проводятся в соответствии требованиями Государственной наблюдательной сети. Метрологическое обеспечение работ соответствует положениям ГОСТ 8.589-2001 «Контроль загрязнения окружающей природной среды. Метрологическое обеспечение. Основные положения».

Согласно государственному докладу министерства природных ресурсов и экологии Ульяновской области «О состоянии и охране окружающей среды Ульяновской области в 2022 году» случаев экстремально высокого (превышение предельной допустимой концентрации в 50 раз) и высокого (превышение предельной допустимой концентрации в 10 раз) загрязнения атмосферного воздуха на территории Ульяновской области в 2022 году не зарегистрировано. Исходя из данных сведений о стационарных постах наблюдения по районам Ульяновска в 2022 году было выявлено в воздухе: в Железнодорожном районе города Ульяновска (пост наблюдений за загрязнением атмосферы № 4) — взвешенные вещества (пыль), оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, формальдегид, безопорен и аммиак; в Заволжском районе (пост наблюдений за загрязнением атмосферы № 6) — взвешенные вещества (пыль), оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, оксид азота, формальдегид, фенол и гидрохлорид. По сравнению с 2021 годом в целом по городу в 2022 году отмечен рост уровня загрязнения атмосферы гидрохлоридом и аммиаком; снижение — взвешенными веществами и фенолом. Содержание диоксида азота, оксида углерода и оксида азота стабильно. В выбросах автомобильного транспорта значительно преобладает угарный газ, содержатся также углеводороды и оксиды азота. Доля всех остальных загрязняющих веществ, присутствующих в выбросах незначительна. Как известно, нормы предельных допустимых концентраций разработаны сугубо для безопасности здоровья человека. Многие живые организмы более чутко реагируют на присутствие тех или иных химических компонентов в окружающей среде. Предпринята попытка оценить влияние транспортной нагрузки на загазованность атмосферного воздуха с помощью биоиндикации. Для этого использовали *Betula pendula* Roth, произрастающую вдоль автомобильных дорог города Ульяновска.

Результаты

Воздух для растений, как и для множества других живых организмов, необходим для дыхания. Газообмен у них очень интенсивный за счёт использования всей листовой пластинки. Многие виды деревьев имеют высокую чувствительность к качеству и газовому составу атмосферного воздуха, что отчетливо отражается в их морфологии, росте и развитии. Основным органом, осуществляющим газообмен — лист, поэтому он служит

индикатором загрязнений атмосферного воздуха. Изменения могут быть различными: изменение окраски, пятна, проявление водянистости, некроз тканей, изменение формы листа по сравнению с формой у растений, произрастающих в ненарушенных природных местообитаниях. Каждый вид модификаций обязательно связан с тем или иным поллютантом. Оценку чистоты атмосферного воздуха по величине автотранспортной нагрузки проводили по общепринятой методике экспресс-оценки качества среды [11]. Цель данного метода состоит в том, чтобы изучить роль различных групп автомашин в загрязнении атмосферного воздуха. Далее с помощью общепринятой методики экспресс-оценки качества среды [11, 12] по флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth провели оценку качества среды обитания. Принцип метода основан на выявлении нарушений симметрии развития листовой пластинки березы повислой. Исследования проводились в сентябре 2023 года в период с 16 до 17 часов местного времени. В ходе исследования были выбраны участки магистралей, имеющих большую площадь автотранспортной нагрузки: в Железнодорожном районе это кольцевой перекрёсток с улицей 12 сентября на улицу Пушкинскую (далее — участок 1), а в Заволжском районе — проспект Туполева (далее — участок 2) (рис. 1, 2).



Рис. 1. Карта изучаемой местности, кольцевой перекрёсток с улицы 12 сентября на улицу Пушкинскую Железнодорожного района города Ульяновска.

На выбранных участках был осуществлён подсчёт единиц автотранспорта разного типа за 20 минут, а затем расчёты за 1 час. Далее определили общее количество сожженного топлива каждого вида транспорта на выбранных участках. Опишем расход топлива разными видами автотранспорта на изучаемых участках за исследуемый период времени. На участке 1 количество легковых автомобилей составляет 911, которые сжигают двигателями количество топлива, равное 5.54 литра. На участке 2 количество легковых автомобилей составляет 1239, которые сжигают двигателями количество топлива, равное 74.3 литра. На участке 1 количество грузовых автомобилей составляет 67, которые сжигают двигателями количество топлива, равное 10.69 литра. На участке 2 количество грузовых автомобилей составляет 21, которые сжигают двигателями количество топлива, равное 3.3 литра. На участке 1 количество автобусов составляет 98, которые сжигают двигателями количество топлива, равное 20.79 литра. На участке 2 количество автобусов составляет 66, которые сжигают двигателями количество топли-



Рис. 2. Карта изучаемой местности, проспект Туполева в Заволжском районе города Ульяновска.

ва, равное 13.7 литра. На участке 1 количество дизельного автотранспорта составляет 180, которые сжигают двигателями количество топлива, равное 28.8 литра. На участке 2 количество дизельного автотранспорта составляет 255, которые сжигают двигателями количество топлива, равное 40.8 литра. На участке 1 количество всех видов транспорта составляет 1256, которые сжигают двигателями количество топлива, равное 114.82 литра. На участке 2 количество всех видов транспорта составляет 1581, которые сжигают двигателями количество топлива, равное 132.1 литра.

Проведём оценку качества воздуха по количеству автотранспорта.

Среди показателей экологического состояния атмосферы на участке 1 количество угарного газа равно 54.49 л, масса угарного газа равно 68.11 г, количество воздуха для разбавления угарного газа равно 22.7 л, значение предельно-допустимой концентрации угарного газа равно 3 мг/м^3 , количество диоксида азота равно 4.59 л, масса диоксида азота равно 9.42 г, количество воздуха для разбавления диоксида азота равно 235.64 л, значение предельно-допустимой концентрации диоксида азота равно 0.04 мг/м^3 , количество углеводородов равно 9.47 л, масса углеводородов равно 30.4 г, количество воздуха для разбавления углеводородов равно 1.217 л, значение предельно-допустимой концентрации углеводородов равно 25 мг/м^3 .

Среди показателей экологического состояния атмосферы на участке 2 количество угарного газа равно 58.86 л, масса угарного газа равно 73.6 г, количество воздуха для разбавления угарного газа равно 24.53 л, значение предельно-допустимой концентрации угарного газа равно 3 мг/м^3 , количество диоксида азота равно 5.28 л, масса диоксида азота равно 10.85 г, количество воздуха для разбавления диоксида азота равно 271.25 л, значение предельно-допустимой концентрации диоксида азота равно 0.04 мг/м^3 , количество углеводородов равно 10.35 л, масса углеводородов равно 33.34 г, количество воздуха для разбавления углеводородов равно 1.33 л, значение предельно-допустимой концентрации углеводородов равно 25 мг/м^3 .

Исходя из полученных данных, на наблюдаемых участках дорог автотранспортная

нагрузка достаточно высокая. Этот фактор оказывает неблагоприятное воздействие на экосистему города и придорожную растительность. В среднем за час на первом участке проезжает 1256 транспортных средств, а на втором участке проезжает 1581 транспортных средств. Согласно классификации транспортных перегонов, предложенной Е. В. Коровиной [13], первый участок относится к категории умеренной интенсивности (500–1300 автомобилей), а второй к высокой (1300–2500 автомобилей). При этом доля транспортных средств с дизельными двигателями составляет 14.3 % на первом и 16.5 % на втором участке. В связи с тем, что легковые автомобили преобладают по сравнению с другими автотранспортными средствами, то они образуют и наибольшее количество сжигаемого топлива — 54.54 л (47.5 % от всего сжигаемого топлива) на первом участке и 74.3 л (56.2 %) на втором. Таким образом, установлено, что выбранные участки дорог имеют интенсивное автомобильное движение и выделяют в атмосферный воздух 68.55 л (участок 1) и 74.49 л (участок 2) вредных выбросов, содержащих угарный газ, диоксид азота и углеводороды. Данные газообразные вещества в первую очередь воздействуют на придорожную растительность, расположенную непосредственно около дорог.

В дальнейшем с помощью методики экспресс-оценки качества среды по флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth нами проведена оценка качества среды обитания на изучаемых участках. Согласно данной методике, по нарушению симметрии листовой пластинки можно судить о наличии и степени антропогенного воздействия на растительность. Для проведения сравнительной оценки экологического состояния выбранных участков было суммарно взято по 120 проб листьев *Betula pendula* Roth с каждого участка на протяжении всей дорожной полосы. Выбираемые деревья находились на расстоянии примерно 5 метров друг от друга, что позволило полноценно охватить придорожные территории для изучения. Далее опишем результаты статистической обработки полученных данных по листовым пластинам на двух участках.

В результате статистической обработки листовых пластин на участке 1 получили, что среднее значение ширины листовой половинки равно 23 мм, среднее значение длины второй жилки равно 35 мм, среднее значение расстояния между основанием первой и второй жилки равно 3 мм, среднее значение расстояния между концами первой и второй жилки равно 17 мм, среднее значение угла между основанием первой и второй жилки равно 41 мм. В результате статистической обработки листовых пластин на участке 1 получили, что минимальное значение ширины листовой половинки равно 12 мм, минимальное значение длины второй жилки равно 16 мм, минимальное значение расстояния между основанием первой и второй жилки равно 1 мм, минимальное значение расстояния между концами первой и второй жилки равно 5 мм, минимальное значение угла между основанием первой и второй жилки равно 19 мм. В результате статистической обработки листовых пластин на участке 1 получили, что максимальное значение ширины листовой половинки равно 37 мм, максимальное значение длины второй жилки равно 57 мм, максимальное значение расстояния между основанием первой и второй жилки равно 11 мм, максимальное значение расстояния между концами первой и второй жилки равно 40 мм, максимальное значение угла между основанием первой и второй жилки равно 66 мм.

В результате статистической обработки листовых пластин на участке 2 получили, что среднее значение ширины листовой половинки равно 25 мм, среднее значение длины второй жилки равно 41 мм, среднее значение расстояния между основанием первой и второй жилки равно 2 мм, среднее значение расстояния между концами первой и второй жилки равно 19 мм, среднее значение угла между основанием первой и второй жилки равно 45 мм. В результате статистической обработки листовых пластин на участке 2 получили, что минимальное значение ширины листовой половинки равно 16 мм, мини-

мальное значение длины второй жилки равно 27 мм, минимальное значение расстояния между основанием первой и второй жилки равно 0 мм, минимальное значение расстояния между концами первой и второй жилки равно 8 мм, минимальное значение угла между основанием первой и второй жилки равно 30 мм. В результате статистической обработки листовых пластинок на участке 2 получили, что максимальное значение ширины листовой половинки равно 41 мм, максимальное значение длины второй жилки равно 60 мм, максимальное значение расстояния между основанием первой и второй жилки равно 5 мм, максимальное значение расстояния между концами первой и второй жилки равно 34 мм, максимальное значение угла между основанием первой и второй жилки равно 66 мм.

При визуальном осмотре листовых пластинок с исследуемых участков, наблюдали нарушение пропорций листа. Оно выражалось, главным образом, в слабом развитии первой жилки и отклонении развития второй жилки. Например, на втором участке, длина второй жилки значительно больше по сравнению со стандартным листом и с листом с первого участка. Образцы листьев с двух участков имеют нетипичную форму для этого растения, показанную на рис. 3 и рис. 4.

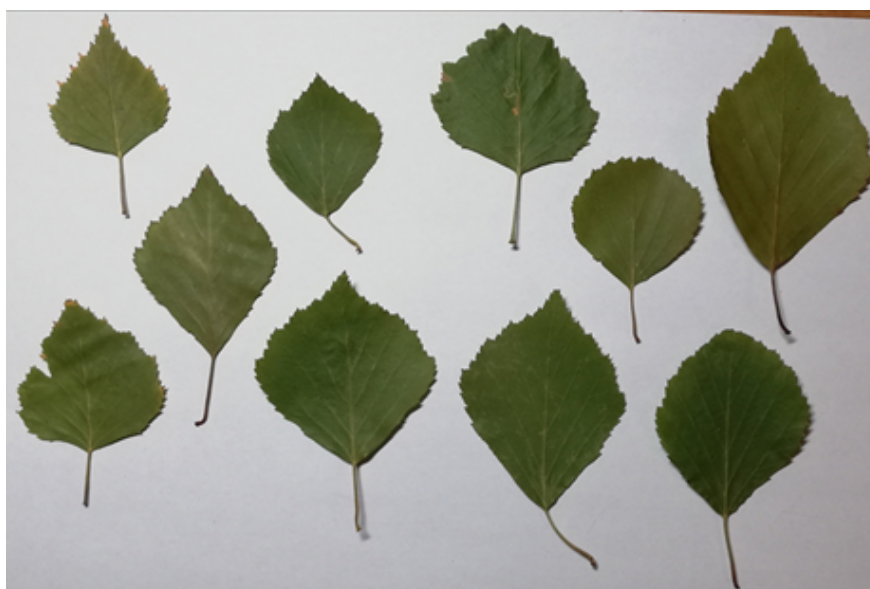


Рис. 3. Примеры листовых пластинок березы с первого участка (фото Ю. А. Анашкиной).

По результатам статистической обработки, наибольшие различия между листовыми пластинками *Betula pendula* Roth проявились в длине второй жилки (в среднем на первом участке — 35 мм, а на втором — 41 мм; минимальная длина на первом участке — 16 мм, тогда как на втором — 27 мм). Чаще всего на первом участке встречались пластинки с длиной 26 мм, а на втором — 34 мм. Затем был рассчитан интегральный показатель асимметрии по методике В. М. Захарова [14]. На месте сбора образцов листовых пластинок на участке 1 интегральный показатель асимметрии составил 0.067, что соответствует 5 баллам состояния. На месте сбора образцов листовых пластинок на участке 2 интегральный показатель асимметрии составил 0.066, что соответствует 5 баллам состояния. Для обоих участков интегральный показатель оказался значительно больше 0.054. Данное значение интегрального показателя асимметрии было переведено в балльную систему.

При оценке используется методика балльной системы качества среды обитания, согласно которой 1 балл состояния соответствует значению интегрального показателя асимметрии меньше 0.040 (условная норма), 2 балла состояния соответствует значению



Рис. 4. Примеры листовых пластинок березы со второго участка (фото Е. С. Растемяшиной).

интегрального показателя асимметрии в диапазоне от 0.040 до 0.044, 3 балла состояния соответствует значению интегрального показателя асимметрии в диапазоне от 0.045 до 0.049, 4 балла состояния соответствует значению интегрального показателя асимметрии в диапазоне от 0.050 до 0.054, 5 баллов состояния соответствует значению интегрального показателя асимметрии более 0.054 (критическое состояние). Согласно балльной шкале, пятый балл — это неблагоприятные условия среды, критические условия, когда растения находятся в сильно угнетённом состоянии. Данный факт свидетельствует о значительном воздействии автомобильных выбросов на придорожные экосистемы города.

Заключение

На участке в Железнодорожном районе города Ульяновска за час проезжает 1257 транспортных средств, а в Заволжском районе города Ульяновска за час проезжает 1581 транспортное средство, что относится к категории участков с умеренной и высокой интенсивностью соответственно. Объём выбросов за 1 час показал преобладание угарного газа – 54.49 литров (участок 1) и 58.86 литров (участок 2). Из-за высокой автомобильной нагрузки на выбранные участки, наблюдается явно выраженная асимметрия листовой пластинки *Betula pendula* Roth, произрастающих в придорожной зоне. Изменяются пропорций листа, сокращается количество жилок первого порядка, что соответствует сильному загрязнению атмосферного воздуха.

На наш взгляд, данные официальных источников информации по загрязнению атмосферного воздуха и результаты биоиндикации расходятся, так как мониторинговые службы учитывают, главным образом, данные по стационарным источникам выбросов. Автомобильные выбросы оценить сложнее, так как они подвижны в пространстве, зависят от разного вида топлива, сезона года (газовый состав может варьировать) и периодичности и интенсивности автомобильного движения. Кроме того, стационарные посты наблюдений за загрязнением атмосферы расположены в удалении от дорог. В свою очередь, биоиндикация помогает решить эту проблему, так как растения чутко реагируют на малейшее изменение состава воздуха, что отражается в их морфологическом и физиологическом изменении. Методы биоиндикации имеют и экономические преимущества, так как не требуют дорогостоящего оборудования и реактивов, а полученные данные основаны на более чуткой реакции растений.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если использовать систему контроля качества атмосферного воздуха с помощью методов биоиндикации для анализа данных загрязнения атмосферного воздуха города Ульяновска, то можно выявить основные источники загрязнения, определить меры по снижению выбросов и улучшению состояния атмосферного воздуха города Ульяновска, подтверждена полностью.

Для минимизации воздействия на окружающую среду и снижению загрязнения придорожных территорий предлагаются следующие рекомендации: высаживать на придорожных территориях более газоустойчивые породы деревьев (например, ясень обыкновенный, тополь бальзамический), уменьшить продолжительность стоянок транспортных средств на светофорах, обеспечив создание «зелёных коридоров» для общественного транспорта. Данная рекомендация предлагается в связи с тем, что автомобили выделяют наибольшее количество выхлопных газов при работе автомобиля на холостом ходу. Необходимо проведение дальнейших мониторинговых работ по изучению объёма выделяющихся газов от автомобильного транспорта на территории Ульяновска и их воздействия на окружающую среду в целом, так и на растительность города. Это поможет более точно определить долю автомобильных выбросов и принять меры, необходимые для минимизации автомобильных выбросов.

Список использованных источников

1. Фёдорова А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды. — Москва : ВЛАДОС, 2001. — 288 с.
2. Солдатова В. Ю., Шадрина Е. Г. Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula platyphylla* Sukacz в условиях антропогенного воздействия, на примере города Якутска // Экологический мониторинг. — 2007. — С. 70–74.
3. Гуртяк А. А., Углев В. В. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора // Известия Томского политехнического университета. — 2010. — Т. 317, № 1. — С. 200–204. — URL: <https://www.elibrary.ru/mvmakt>.
4. Хузина Г. Р. Влияние урбано среды на морфометрические показатели листа берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. — 2010. — № 3. — С. 53–57. — URL: <https://www.elibrary.ru/mutwtr>.
5. Еременко Р. С., Мандра Ю. А. Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды города Кисловодска на основе анализа флуктуирующей асимметрии // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2010. — Т. 12, № 1 (8). — С. 1991–1994. — URL: <https://www.elibrary.ru/lvtgit>.
6. Егошина Т. Л., Савинцева Л. С., Ширяев В. В. Оценка качества урбано среды г. Кирова на основе анализа флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth) // Вестник Удмуртского университета. — 2012. — № 2. — С. 31–37. — URL: <https://www.elibrary.ru/paentn>.
7. Дубровин Е. Г., Дубровина Т. А., Тарасова О. Ю. Применение метода флуктуирующей асимметрии для оценки состояния окружающей среды города Саранска // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2013. — Т. 15, № 3-2. — С. 631–634. — URL: <https://www.elibrary.ru/rvshfb>.

8. Кустова Л. М. Применение методов флуктуирующей асимметрии листовой пластинки берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) для оценки экологического состояния придорожных полос города Казани. — Казань : Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2013. — 112 с.
9. Абраменко В. В., Бунькова Н. П. Состояние среды лесопаркового кольца города Екатеринбурга методом флуктуирующей асимметрии // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса / Под ред. Л. В. Малютина. — Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2021. — С. 10–14. — URL: <https://www.elibrary.ru/lhsnjjo>.
10. Егоров В. Н. Ульяновская — Симбирская энциклопедия. — Ульяновск : Симбирская книга, 2004. — Т. 2. — 592 с.
11. Учебно-методическое пособие по биомониторингу и биоиндикации / Е. Ю. Истомина [и др.]. — Ульяновск : Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова, 2023. — 156 с. — URL: https://els.ulspu.ru/?page_id=13711.
12. Алексеева С. В., Груздева Н. В., Гущина Э. В. Экологический практикум школьника: учебное пособие. — Самара : Корпорация «Федоров»: учебная литература, 2005. — 301 с.
13. Коровина Е. В., Голунков Ю. В. Структура транспортных потоков города Ульяновска и оценка загрязнения атмосферы города выбросами автотранспорта // Успехи современного естествознания. — 2007. — № 9. — С. 93–94. — URL: <https://www.elibrary.ru/ijjaoj>.
14. Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И. Здоровье среды: методика оценки. — Москва : Центр экологической политики России, 2000. — 318 с.

Сведения об авторах:

Юлия Анатольевна Анашкина — студент бакалавриата естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: maela.loivissa@yandex.ru

ORCID iD  0009-0003-2414-2249

Web of Science ResearcherID  JZE-0767-2024

Екатерина Сергеевна Растемяшина — студент бакалавриата естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.


E-mail: katerinarastemasina@gmail.com

ORCID iD  0009-0004-5875-6131

Web of Science ResearcherID  JZE-0199-2024

Елена Юрьевна Истомина — кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и химии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: istominaeyu@yandex.ru

ORCID iD  0000-0002-3748-1456

Web of Science ResearcherID  КВА-8136-2024

Original article
 PACS 87.23.-n
 OCIS 000.1430
 MSC 92C80

Analysis of atmospheric air pollution in the city of Ulyanovsk using bioindication methods

Yu. A. Anashkina , E. S. Rastemyashina , E. Yu. Istomina 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted February 15, 2024
 Resubmitted February 20, 2024
 Published March 12, 2024

Abstract. The results of determining the intensity of vehicle traffic load and the degree of air pollution in the Zheleznodorozhny and Zavolzhsky districts of the city of Ulyanovsk using bioindication methods and the methodology of a scoring system for habitat quality are presented. Due to the high traffic load on the selected areas, there is an asymmetry of the leaf blades of *Betula pendula* Roth growing in the roadside area. Recommendations are given to minimize the impact on the environment and reduce pollution of areas located along highways.

Keywords: atmospheric air, degree of air pollution, motor transport, motor transport load, asymmetry of the leaf blade, fluctuating asymmetry, *Betula pendula* Roth, bioindication, monitoring, concentration, concentration of harmful impurities, stationary posts

@auxrussian@auxenglish

References


1. Fedorova A. I. Workshop on ecology and environmental protection. — Moscow : VLA-DOS, 2001. — 288 p.
2. Soldatova V. Yu., Shadrina E. G. Indicators of fluctuating asymmetry of *Betula platyphylla* Sukacz under conditions of anthropogenic impact, using the example of the city of Yakutsk // Environmental monitoring. — 2007. — P. 70–74.
3. Gurtyak A. A., Uglev V. V. Assessment of the environmental condition of an urban area using silver birch as a bioindicator // News of Tomsk Polytechnic University. — 2010. — Vol. 317, no. 1. — P. 200–204. — URL: <https://www.elibrary.ru/mvmakt>.
4. Khuzina G. R. The influence of the urban environment on the morphometric parameters of silver birch (*Betula pendula* Roth) leaves // Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. — 2010. — no. 3. — P. 53–57. — URL: <https://www.elibrary.ru/mutwtr>.
5. Eremenko R. S., Mandra Yu. A. Bioindicative assessment of the state of the environment of the city of Kislovodsk based on the analysis of fluctuating asymmetry // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. — 2010. — Vol. 12, no. 1 (8). — P. 1991–1994. — URL: <https://www.elibrary.ru/lvtgit>.

6. Egoshina T. L., Savintseva L. S., Shiryayev V. V. Assessment of the quality of the urban environment of the city of Kirov based on the analysis of the fluctuating asymmetry of the leaf blade of silver birch (*Betula pendula* Roth) // Bulletin of Udmurt University. — 2012. — no. 2. — P. 31–37. — URL: <https://www.elibrary.ru/paentn>.
7. Dubrovin E. G., Dubrovina T. A., Tarasova O. Yu. Application of the fluctuating asymmetry method to assess the state of the environment in the city of Saransk // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. — 2013. — Vol. 15, no. 3-2. — P. 631–634. — URL: <https://www.elibrary.ru/rvshfb>.
8. Kustova L. M. Application of methods of fluctuating asymmetry of the leaf blade of silver birch (*Betula pendula* Roth) to assess the ecological state of roadside strips in the city of Kazan. — Kazan : Kazan (Volga Region) Federal University, 2013. — 112 p.
9. Abramenko V. V., Bunkova N. P. State of the environment of the forest park ring of the city of Yekaterinburg using the fluctuating asymmetry method // An effective response to modern challenges, taking into account the interaction of man and nature, man and technology: socio-economic and environmental problems of the forestry complex / Ed. by L. V. Malyutina. — Yekaterinburg : Ural State Forestry University, 2021. — P. 10–14. — URL: <https://www.elibrary.ru/lhsnjo>.
10. Training manual on biomonitoring and bioindication / E. Yu. Istomina [et al.]. — Ulyanovsk : Ulyanovsk State Pedagogical University, 2023. — 156 p. — URL: https://els.ulspu.ru/?page_id=13711.
11. Alekseeva S. V., Gruzdeva N. V., Gushchina E. V. Environmental workshop for schoolchildren: textbook. — Samara : Fedorov Corporation: educational literature, 2005. — 301 c.
12. Egorov V. N. Ulyanovsk — Simbirsk Encyclopedia. — Ulyanovsk : Simbirsk book, 2004. — Vol. 2. — 592 p.
13. Korovina E. V., Golunkov Yu. V. Structure of transport flows in the city of Ulyanovsk and assessment of air pollution in the city from vehicle emissions // Advances of modern natural science. — 2007. — no. 9. — P. 93–94. — URL: <https://www.elibrary.ru/ijjaoj>.
14. Zakharov V. M., Baranov A. S., Borisov V. I. Environmental health: assessment methodology. — Moscow : Russian Environmental Policy Center, 2000. — 318 p.

Information about authors:

Yulia Anatolyevna Anashkina — student of the Faculty of Natural Geography of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.


E-mail: maela.loivissa@yandex.ru

ORCID iD  0009-0003-2414-2249

Web of Science ResearcherID  JZE-0767-2024

Ekaterina Sergeevna Rastemyashina — student of the Faculty of Natural Geography of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: katerinarastemasina@gmail.com

ORCID iD  0009-0004-5875-6131

Web of Science ResearcherID  JZE-0199-2024

Elena Yuryevna Istomina — 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, Russia.

E-mail: istominaeyu@yandex.ru

ORCID iD  0000-0002-3748-1456

Web of Science ResearcherID  KBA-8136-2024

Секция 3

Технические науки

3.1 Нанотехнологии и наноматериалы

Научная статья

УДК 53.03

ББК 22.3г

ГРНТИ 29.01.11

ВАК 1.3.2.

RACS 01.40.-d

OCIS 160.0160

MSC 00A79

Анализ влияния наночастиц в составе наноеды на человека

А. И. Шарафутдинова  ¹

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

Поступила в редакцию 29 сентября 2023 года

После переработки 23 января 2024 года

Опубликована 12 марта 2024 года

Аннотация. Рассматриваются возможности использования наноеды для решения проблемы голода в современном мире. При этом обращается существенное внимание на различное отношение к наноеде. Обсуждаются подходы для анализа перспектив использования наноеды, которые объясняют усилия производителей, направленные на улучшение качества продукции, а также полезных свойств продукции.

Ключевые слова: наноеда, нанопродукт, нанотехнологии, наночастицы, проблема голода, повышение качества продукции

¹E-mail: sharafutdinova09-2001@mail.ru

Введение

Актуальность исследования обусловлена возрастающим интересом к использованию нанотехнологий в различных сферах, включая пищевую промышленность. Нанотехнологии активно используются в производстве продуктов питания, особенно в области упаковки и сохранения свежести. Однако, несмотря на все положительные эффекты, существует потенциальный риск для здоровья человека от наночастиц, которые могут попадать в организм при употреблении таких продуктов. Это актуализирует необходимость проведения исследований влияния наночастиц на организм человека. Существует необходимость исследования влияния наночастиц на организм человека, так как использование нанотехнологий в пищевой промышленности становится всё более распространенным. Исследование влияния наночастиц на организм человека является важным аспектом обеспечения безопасности потребителей и охраны их здоровья. Исследование влияния наночастиц на организм человека поможет определить возможные риски для здоровья, связанные с употреблением наноеды, и разработать меры по их снижению.

Цель работы заключается в анализе влияния наночастиц, присутствующих в наноеде, на организм человека.

Задачи исследования:

1. изучить существующие научные исследования о влиянии наночастиц на биологические системы,
2. проанализировать воздействие наночастиц различных материалов на здоровье человека,
3. оценить возможные риски и последствия для здоровья при регулярном потреблении наноеды, содержащей наночастицы.

Объектом исследования является коллектив наночастиц в составе наноеды. Предметом исследования является влияние наночастиц на здоровье человека при употреблении наноеды.

Методами исследования являются следующие методы: анализ научной литературы, систематизация и обобщение данных, сравнительный анализ данных, статистический анализ. Материалами исследования являются научные статьи, содержащие данные международных организаций здравоохранения, официальная статистика по использованию наноеды с наночастицами и связанным с этим заболеваниями.

Научная новизна исследования состоит в том, что исследование представляет собой системный анализ влияния наночастиц в наноеде на здоровье человека и является актуальным направлением для изучения в связи с возрастающим потреблением наноеды в мире.

Гипотеза исследования состоит в том, что если регулярно употреблять наноеду с наночастицами при соблюдении рекомендуемых доз наноеды, то не будет негативного влияния на здоровье человека.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что результаты исследования могут быть использованы для дальнейшего изучения влияния нанотехнологий на здоровье человека, а также для разработки мер по снижению рисков от потребления наноеды и нанопродуктов. Практическая значимость исследования состоит в том, что полученные результаты могут быть использованы производителями наноеды для создания более безопасных продуктов, а также государственными органами для выработки рекомендаций по контролю за использованием нанотехнологий в пищевой промышленности.

Обзор

Наночастицы стали потенциальным решением для различных применений в пищевой промышленности, включая упаковку пищевых продуктов, консервацию и утилизацию отходов [1–3]. Было обнаружено, что наночастицы на основе металлов, таких как серебро, цинк и железо, обладают антимикробными свойствами и могут быть включены в биополимерные матрицы для увеличения срока годности пищевых продуктов [4, 5]. Эти наночастицы можно синтезировать различными методами и использовать для создания полимерных и биополимерных плёнок с сильными антимикробными свойствами. Однако миграция наночастиц в пищевой продукт и потенциальная токсичность ионов металлов являются важными проблемами, которые необходимо решить. Наночастицы диоксида титана, обычно используемые в качестве пищевой добавки, были обнаружены в различных пищевых продуктах, и их размер и структуру следует регулировать, чтобы избежать потенциальных рисков для здоровья. В целом, использование наночастиц в пищевой промышленности открывает большие возможности, но требует тщательного рассмотрения аспектов безопасности и регулирования.

В статье [1] было установлено, что наночастицы на основе металлов играют важную роль в производстве продуктов питания, их защите и продлении срока хранения благодаря своим физико-химическим и биологическим свойствам. Продовольственная безопасность продолжает оставаться темой, вызывающей интерес в нашем мире из-за растущего спроса на продукты питания. Многие технологии были внедрены для увеличения предложения продовольствия и сокращения разрыва в спросе. Таким образом, попытка использовать нанотехнологии для повышения продовольственной безопасности и увеличения предложения возникла из-за серьёзных недостатков традиционных технологий, которые сделали их недостаточными для удовлетворения постоянного спроса на продукты питания. В статье [1] было установлено, что наночастицы играют важную роль в областях, связанных с производством продуктов питания, их защитой и продлением срока годности. В частности, в статье [1] было выделено, что наночастицы на основе металлов играют важную роль в производстве материалов с выдающимися свойствами, которые могут помочь увеличить срок хранения различных пищевых материалов. Физико-химические и биологические свойства наночастиц на основе металлов, такие как большая площадь поверхности и антимикробные свойства, сделали их подходящими и достаточно полезными не только в качестве обычного упаковочного материала, но и в качестве функционального материала при включении в биополимерные матрицы. Эти, среди многих других причин, привели к их широкому синтезу и применению, хотя методы их подготовки и оценки риска остаются предметом беспокойства. Таким образом, в этом обзоре кратко рассматриваются доступные синтетические методы, физико-химические свойства, роль и биологические свойства наночастиц на основе металлов для упаковки пищевых продуктов. Кроме того, были кратко изучены связанные с этим ограничения, а также соображения качества и безопасности этих материалов. Хотя эта область исследований продолжает привлекать внимание, этот обзор показал, что наночастицы на основе металлов обладают большим потенциалом стать ведущим материалом для упаковки пищевых продуктов, если можно будет эффективно решить проблему миграции и токсичности.

В работе [2] обсуждается использование нанотехнологий в пищевой науке, включая применение наноматериалов в качестве пищевых консервантов, упаковочных материалов и для разложения пищевых отходов. Инновации в области материаловедения на наноуровне позволили создать широкий спектр первичных и гибридных материалов с высокой химической активностью, площадью поверхности и настраиваемыми физическими свойствами, которые можно использовать в качестве пищевых консервантов, упаковочных материалов, для мониторинга примесей и загрязняющих веществ, а так-

же для повторного использования пищевых отходов. В работе [2] представлен обзор достижений нанотехнологий и их применения для получения различных типов наноматериалов с контролируемым составом, морфологией, кристаллическостью и структурным выравниванием. Кроме того, с подходящей схемой и иллюстрациями в работе [2] обсуждается применение этих наноматериалов в различных отраслях пищевой промышленности, среди потребителей и поставщиков услуг, таких как консерванты, нутрицевтики, упаковка и разложение пищевых отходов.

Нанотехнологии играют важную роль в упаковке пищевых продуктов, поскольку они увеличивают срок хранения, повышают безопасность пищевых продуктов, а также улучшают сенсорные характеристики и доступность питательных веществ. В статье [3] представлен обзор научных публикаций по синтезу наночастиц, а также их свойствам и применению в пищевой промышленности. В статье [3] обсуждается синтез и использование наночастиц в пищевых плёнках и покрытиях для повышения безопасности пищевых продуктов и продления срока их хранения. В статье [3] анализируются научно-обзорные статьи, опубликованные с 2020 года по 2022 год, полученные из базы данных по ключевым словам «наночастицы», «плёнка», «еда». Они были посвящены синтезу наночастиц металлов и оксидов металлов и их использованию в пищевых плёнках и покрытиях. В статье [3] рассмотрены методы синтеза неорганических наночастиц из металлов и их соединений (серебра, цинка, железа и др.), а также описали их антимикробное действие в отношении возбудителей пищевого происхождения. Включая наночастицы в плёнки, можно создавать новые материалы с сильными антимикробными свойствами. Наночастицы можно использовать для создания как полимерных и биополимерных плёнок, так и их смесей. Композитные покрытия могут работать синергетически с наночастицами металлов для создания многофункциональных систем упаковки пищевых продуктов, которые могут действовать как агенты совместимости. Особое внимание было уделено наночастицам металлов в пищевых покрытиях. В статье [3] обнаружено, что наночастицы снижают скорость микробной порчи и ингибируют окисление липидов, тем самым увеличивая срок хранения сырья и готовых к употреблению продуктов. Безопасность использования наночастиц в пищевых покрытиях является важной проблемой. Поэтому в статье [3] также рассмотрена миграция наночастиц из покрытия в пищевой продукт. Включение наночастиц в полимерные и биополимерные плёнки может создать новые материалы с антимикробными свойствами против патогенов пищевого происхождения. Такие композитные плёнки позволяют эффективно продлить срок хранения пищевых продуктов. Однако нежелательная миграция ионов металлов в пищевой продукт может ограничить использование таких плёнок.

В статье [4] обсуждается наличие наночастиц диоксида титана в различных пищевых продуктах, их размер и структура. Диоксид титана (TiO_2), пищевая добавка E171, производимая производителем, широко используется в качестве красителя в лекарствах и пищевых продуктах. Некоторые исследования показали, что большинство кондитерских изделий и продуктов питания содержат необъяснимые частицы. Целью статьи [4] является определение размера и структуры наночастиц TiO_2 в различных пищевых продуктах. С этой целью в статье [4] были исследованы десять образцов пищевых продуктов, включая кофейные сливки, концентрат белого шоколада, глазурь, жевательную резинку, йогуртовые конфеты, твёрдые леденцы и жевательные конфеты. Кристаллическая структура и размер частиц TiO_2 были определены методами порошковой рентгеновской дифракции и просвечивающей электронной микроскопии. Изображения просвечивающей электронной микроскопии показали, что некоторые из извлечённых наночастиц имели стержнеобразную форму, но большинство из них имели сферическую форму. Кроме того, размер частиц TiO_2 имел широкий диапазон от 12 нм до 450 нм. Таким образом, чтобы избежать риска для здоровья человека, органы пищевой промышленности

должны учитывать и регулировать такие важные факторы, как размер и форма.

В статье [5] обсуждается использование наночастиц металлов и оксидов металлов в упаковке пищевых продуктов для придания упаковочному материалу антибактериальных и противогрибковых свойств. Функционализация наноструктурированных материалов находит множество применений в пищевой промышленности. Некоторые из этих областей включают наносенсоры и новые упаковочные материалы. Наносенсоры используются для обнаружения токсичных и несъедобных компонентов в продуктах питания. В упаковке пищевых продуктов можно получить наноматериалы с антиоксидантными свойствами, используя наночастицы, нановолокна, нанокристаллы и наноэмульсии. В статье [5] показано, что важно найти подходящие пищевые наноматериалы как для потребителя, так и для окружающей среды. Поэтому исследователи изучили риски пищевых наноматериалов для человека при длительном использовании.

В статье [6] обсуждается использование наночастиц оксидов металлов в упаковке пищевых продуктов и их потенциальное влияние на здоровье человека. В статье [6] упоминается, что эти наночастицы обладают противомикробными свойствами и могут выделять ионы металлов, которые вызывают цитотоксичность и индукцию активных форм кислорода. В литературе общеизвестно, что сконструированные наночастицы оксидов металлов обладают свойствами, которые эффективны для создания инновационных упаковок для продуктов питания и напитков. Хотя наноупаковки имеют множество преимуществ, существуют обстоятельства, когда эти материалы способны выделять наночастицы в матрицу пищевых продуктов и напитков. Попадая в пищу, сконструированные наночастицы оксидов металлов проходят через желудочно-кишечный тракт и впоследствии попадают в клетки человека, где они проявляют различное поведение, влияющее на здоровье и благополучие человека. В статье [6] даётся представление об антимикробных механизмах наночастиц оксидов металлов, которые важны для их преимуществ в упаковке пищевых продуктов и напитков, а также обсуждается пероральный путь этих наночастиц из наноупаковок в организм человека. Этот вклад также подчеркивает потенциальную токсичность наночастиц оксидов металлов для здоровья человека. Следует особо отметить тот факт, что лишь небольшое количество исследований посвящено вопросу упаковки пищевых продуктов на основе модифицированных наночастиц оксидов металлов.

В статье [7] рассматривается использование наночастиц в упаковке пищевых продуктов для увеличения срока хранения продуктов питания и защиты их от паразитов, влаги и газообмена. Разновидности продуктов питания, которые завершают, казалось бы, вечный цикл от разработки до объединения с помощью нанотехнологий, известны как наноеда. Например, мы едим некоторые питательные продукты, содержащие наночастицы, такие как железо, цинк, омега-3 и коферменты. Многочисленные источники пищи, обычно содержащие безопасные наночастицы, перерабатываются в организме на наноуровне. Наноисточники пищи обладают высокой диетической пользой и содержат меньше вредного холестерина. Это передовая пища, которая может помочь в борьбе с недоеданием. На рынке доступно более 500 нанопродуктов, которые можно разделить на наноэмульсии, наноконтейнеры и упакованные продукты. Наночастицы также используются в качестве защищенного вкусового покрытия, которое защищает нашу пищу от паразитов, сырости и газа, тем самым расширяя самосуществование пищи. Наночастицы выполняют исключительную роль в упаковке продуктов питания [7].

В статье [8] обсуждается применение наночастиц оксида цинка в пищевой промышленности, включая их антимикробные свойства и потенциал для улучшения качества продуктов питания. Наночастицы оксида цинка вызвали значительный интерес в сельском хозяйстве и пищевой промышленности как средство уничтожения или снижения активности микроорганизмов. Антибактериальные свойства наночастиц оксида цинка

могут улучшить качество продуктов питания, что напрямую влияет на здоровье человека. Наночастицы оксида цинка являются одними из наиболее изученных неорганических наночастиц и используются в различных смежных секторах, что может быстро привлечь внимание и повысить интерес к сельскому хозяйству и пищевой промышленности. В статье [8] описываются различные методы получения наночастиц оксида цинка, их характеристики, модификации, применение, антимикробную активность, процедуры тестирования и эффекты, включая бактерицидные и бактериостатические механизмы. Есть надежда, что статья [8] поможет лучше понять процесс получения и применения наночастиц оксида цинка в области продовольствия и сельского хозяйства, а также будет способствовать их разработке для продвижения области продовольствия и сельского хозяйства.

В статье [9] обсуждается использование наночастиц в пищевой промышленности, в том числе их применение в биосенсорах, упаковке пищевых продуктов, заменителях жира, улучшении вкуса и усвоении питательных веществ. Использование нанотехнологий в пищевой промышленности во многих отношениях вызывает неопределенность. В течение многих лет достижения нанотехнологий применялись в основном в биомедицине и информатике, но в последнее время они стали использоваться и в пищевой промышленности. Из-за чрезвычайно малого (нано) масштаба свойства и поведение наноматериалов могут отличаться от их макроскопических аналогов. Их можно использовать в качестве биосенсоров для обнаружения реагентов или микроорганизмов, мониторинга условий роста бактерий, повышения долговечности пищевых продуктов, например, при помещении в упаковку пищевых продуктов уменьшить количество некоторых ингредиентов без изменения консистенции продукта (проводятся исследования по заменителям жира), улучшить вкус пищи, улучшить усвоение некоторых питательных веществ организмом. Есть компании на рынке, которые уже внедряют наночастицы в экономику для улучшения их функциональности, например, бутылочки для кормления детей. В статье [9] основное внимание уделяется использованию наночастиц в пищевой промышленности, как органических (хитозан, целлюлоза, белки), так и неорганических (серебро, железо, оксид цинка, оксид титана и др.). Использование наноматериалов в производстве продуктов питания требует соблюдения всех требований законодательства относительно безопасности и количества нанообработанных пищевых продуктов, описанных в обзоре [9]. В будущем должны быть разработаны новые методы тестирования наночастиц, которые позволили бы убедиться в эффективности соединений, подвергнутых, например, наноинкапсулированию, то есть оказывает ли процесс инкапсулирования положительное влияние на конкретные свойства этих соединений. Нанотехнологии произвели революцию в нашем подходе к пищевой инженерии (от производства до переработки), хранению продуктов питания, созданию новых материалов и продуктов, а также поиску новых применений продуктов.

В статье [10] обсуждается использование наночастиц в пищевой промышленности, их применение, потенциальные риски и проблемы. В статье [10] исследуются три наночастицы: наночастицы на основе углерода, наночастицы наноселена и наночастицы оксида редкоземельных элементов. Наночастицы имеют небольшой размер, обладают высокой поверхностной активностью, антибактериальными и антиоксидантными свойствами. В результате некоторые наночастицы используются в качестве функциональных ингредиентов в пищевых добавках, упаковочных материалах для пищевых продуктов, средствах доставки питательных веществ, нанопестицидах, кормах для животных и удобрениях для улучшения или улучшения биодоступности, качества и производительности. Однако широкое использование наночастиц в промышленности увеличивает риск воздействия наночастиц на человека из-за их миграции из окружающей среды в пищу. Тем не менее, некоторые наночастицы, такие как углеродные точки, наночастицы,

обнаруженные в различных термически обработанных продуктах, также естественным образом образуются из продуктов питания во время их обработки. Учитывая их превосходную способность проникать через биопроницаемые барьеры, потенциальная угроза безопасности наночастиц для здоровья человека привлекла повышенное внимание. В статье [10] вводятся три новые наночастицы, включая наночастицы на основе углерода (например, углеродные нанотрубки), наночастицы наноселена (наночастицы Se) и наночастицы оксида редкоземельных элементов (например, наночастицы CeO_2). Кроме того, обсуждаются их применение в пищевой промышленности, пути всасывания в организм человека и потенциальные механизмы риска. В статье [10] также предложены проблемы и перспективы использования наночастиц в продуктах питания.

Наночастицы используются в пищевой промышленности для таких целей, как обработка, контроль качества и упаковка. В последние несколько лет нанотехнология привлекает большое внимание из-за её широкого применения в медицине и лекарствах, таких как обнаружение опухолей, косметика и материалы. Нанотехнологию запоминают как развивающуюся технологию из-за её применения и функций из-за диапазона размеров наночастиц от 1 нм до 100 нм. Наноматериалы набирают популярность в качестве альтернативы обычным пестицидам, обеспечивая многообещающие результаты в качестве стимуляторов роста растений, инсектицидов и удобрений. Нанотехнологии применяются в нескольких областях сельского хозяйства, включая повышение урожайности, выявление болезней растений, борьбу с сорняками и вредителями, почву, восстановление вод, здоровье и разведение животных и многое другое. В то же время нанотехнологии приобретают всё большее значение и в пищевой промышленности. Особенно привлекательными для упаковки пищевых продуктов являются наночастицы серебра, и в настоящее время нанотехнологии используются в пищевом бизнесе для таких целей, как обработка, контроль качества и упаковка. В статье [11] концентрируется внимание на синтезе и использовании наночастиц в пищевой и сельскохозяйственной промышленности. Несмотря на несколько исследований, предполагающих, что наночастицы находят применение в пищевой и сельскохозяйственной промышленности, необходимы дополнительные исследования, чтобы понять значение наночастиц в этих областях.

В статье [12] обсуждается потенциальное использование наночастиц в пищевой промышленности для обнаружения патогенов, лечения заболеваний, упаковки пищевых продуктов и распределения биоактивных компонентов. Нанотехнологии имеют потенциал для использования в пищевом бизнесе и переработке в качестве новых инструментов обнаружения патогенов, методов лечения заболеваний, упаковки пищевых продуктов и распределения биоактивных компонентов в определенных областях. Внедрение нанотехнологий в продовольственные системы принесет новые подходы к повышению безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. В статье [12] суммируются возможности использования наночастиц в пищевом бизнесе, чтобы предоставить покупателям безопасные и не портящие продукты питания и гарантировать потребителю адекватность продуктов питания с улучшенными полезными свойствами. С увеличением срока годности и повышением качества использование съедобных упаковок или тонких плёнок может замедлить порчу пищевых продуктов. Для регулирования наноматериалов и их применения в пищевой промышленности создана правовая основа. Организация экономического сотрудничества и развития рекомендовала использовать стандартные руководства по испытаниям для оценки опасности наноматериалов с точки зрения химической безопасности. Наконец, нанотехнологии поддерживают изменение существующих систем обработки пищевых продуктов, чтобы подтвердить безопасность продуктов, способствовать здоровому питанию, а также повысить питательные качества продуктов питания. Прямота вопросов безопасности и естественного эффекта должна быть необходимостью при управлении развитием нанотехнологий в пищевой промышлен-

ленности, и, следовательно, ожидается обязательное тестирование наноразновидностей продуктов питания, прежде чем они будут доставлены на рынок.

В работе [13] обсуждаются применения нанотехнологий в упаковке пищевых продуктов, включая использование наночастиц в качестве пищевых красителей, ароматизаторов и антисептических компонентов в упаковке пищевых продуктов. Нанооборудование — это исследование и применение устройств в диапазоне размеров от 1 до 100 нм. Приставка «нано» соответствует 10^{-9} нм. Термин «нанотехнология» часто используется при упоминании компонентов размером от 0.1 нм до 100 нм. Инновационные характеристики наноматериалов открывают несколько новых возможностей для производства пищевых продуктов и научных дисциплин, например, более простые пищевые красители, ароматизаторы, полезные ароматизаторы, антисептические компоненты для упаковки пищевых продуктов, множество сельскохозяйственных химикатов и стимуляторов. В работе [13] обсуждаются определения, классификации и применение нанотехнологий в упаковке пищевых продуктов, а также экономическая эффективность наночастиц.

В статье [14] рассматривается применение нанотехнологий в пищевой промышленности, в том числе использование наноматериалов в упаковке пищевых продуктов. Наноматериалы широко используются в самых разных областях из-за их превосходных физико-химических свойств, например, в качестве функциональных материалов для пищевых продуктов, а также в тестировании и анализе безопасности пищевых продуктов. По этой причине популярность нанотехнологий в пищевом бизнесе растет, поскольку они открывают множество новых возможностей в этом динамичном секторе. Применение нанотехнологий в пищевом секторе может улучшить вкус и цвет, повысить барьерные характеристики и повысить безопасность пищевых продуктов за счёт обнаружения бактерий в упаковке. Кроме того, нанопродукты имеют множество потенциальных преимуществ, но есть и риски, которые следует учитывать. Содержание статьи с использованием сочетания журнальных и онлайн-ресурсов. В статье [14] исследуются особенности и преимущества нанотехнологий в упаковке пищевых продуктов, обсуждается их применение в других областях пищевой промышленности, а также обсуждаются потенциальные риски для здоровья, которые могут представлять пищевые нанотехнологии. Статья [14] завершается предсказаниями о будущем нанотехнологий, и ожидается, что она предоставит новую идею применения наноматериалов в пищевой сфере.

Проблема голода актуальна и по сей день в современном обществе. Проблема голода была и в древности, есть и сейчас, в прогрессивном двадцать первом веке. Тысячи людей в бедных странах умирают от недоедания, а численность населения планеты всё увеличивается, что лишь ухудшает положение. Но это и понятно. Теперь же посмотрим на страны, в которых таких проблем нет, где люди калорийно и разнообразно питаются. Но научно-технический прогресс привёл их к тому, что потребность в физическом труде снизилась и, как следствие, возникает лишний вес. Следовательно, нужно снизить жирность еды, результат которой приводит к новой проблеме — нехватке жирорастворимых витаминов и других биологически активных веществ в организме. Получается какой-то замкнутый круг, поэтому для решения этих проблем люди обратились к физике, а точнее к нанотехнологиям.

Наноеда — это еда, в которую были внедрены наночастицы, изменившие её свойства. В качестве наночастиц выступают как органические, так и неорганические вещества.

Lactobacillus plantarum (*L. plantarum*) — важный пробиотик с многочисленными положительными эффектами на здоровье человека и переработку пищевых продуктов. Хотя многие исследования были сосредоточены на улучшении роста и активности пробиотиков с помощью водорастворимых добавок, биодоступность и функциональные преимущества жирорастворимых активных веществ по сравнению с пробиотиками

упускались из виду из-за плохой растворимости в воде, которая препятствует абсорбции пробиотиков. Чтобы изучить применение жирорастворимых активных веществ к *L. plantarum*, в этой работе были разработаны нанопродукты на основе эмульсии, обеспечивающие адсорбцию и улучшение биодоступности жирорастворимых активных веществ для *L. plantarum*. В статье [15] были исследованы свойства (включая размер частиц, зета-потенциал, микроструктура, скорость инкапсуляции и стабильность при хранении) нанопродуктов на основе эмульсии, состоящих из растворимых полисахаридных комплексов ликопин-казеин-соя, а также функции нанопродуктов в среде выращивания *L. plantarum* (рН и стабильность жидкой питательной среды). Результаты показали, что нанопродукты на основе эмульсии обладают хорошими свойствами и стабильностью для культуры *L. plantarum*.

Гастрэктомия является одним из наиболее важных видов операций, предлагаемых для лечения рака желудка и ожирения. Пациенты с гастрэктомией испытывают такие трудности, как дефицит энергии, анорексия и недостаточность питания. В статье [16] представлены результаты исследования, которое заключалась в том, чтобы представить нанопродукты как плодотворную стратегию для обеспечения необходимой энергии и питательных веществ для этих пациентов и, в частности, для контроля высвобождения белков, липидов и углеводов в моделируемом желудочно-кишечном тракте. Для приготовления наноэмульсии масла в воде использовали вареное тыквенное пюре, казеинат натрия, кунжутное масло, масло рисовых отрубей, рисовый крахмал, сахар и пектин [16].

Методы и материалы

Основная проблема исследования влияния наночастиц заключается в сложности их обнаружения и идентификации в организме человека. Наночастицы имеют очень малые размеры, что делает их невидимыми для обычных методов визуализации и анализа. Кроме того, они могут проникать через клеточные мембраны и попадать в кровь и другие биологические жидкости, что усложняет процесс их обнаружения.

Молекулярная кухня является современным направлением в кулинарии, использующим научные методы для изменения свойств пищевых продуктов и улучшения вкусовых качеств блюд. Основной принцип молекулярной кухни заключается в том, что каждый продукт имеет свою молекулярную структуру, которая определяет его свойства, такие как цвет, вкус, аромат и текстуру. Молекулярная кухня стремится к тому, чтобы максимально использовать эти структуры, создавая новые и оригинальные блюда.

Первым методом молекулярной кухни является вакуумная обработка, при котором продукты помещаются в вакуумную камеру и подвергаются воздействию низкого давления. Этот процесс позволяет сохранить свежесть продуктов, улучшить их вкус и аромат. Вторым методом молекулярной кухни является сверхбыстрая заморозка, при котором продукт замораживается при очень низких температурах за короткий промежуток времени. Это позволяет сохранить структуру продукта, а также его вкус и аромат. Третьим методом молекулярной кухни является сферификация, позволяющая создавать блюда с необычной формой и текстурой. Для этого используются специальные растворы, которые позволяют продуктам принимать форму сферы. Четвёртым методом молекулярной кухни является эмульсификация, позволяющая объединять две или более несмешивающихся жидкостей в однородную массу. Этот метод используется для создания соусов и других блюд с необычной текстурой. Пятым методом молекулярной кухни является низкотемпературная обработка, заключающаяся в приготовлении продуктов при низких температурах. Низкотемпературная обработка позволяет сохранять их структуру и полезные свойства продуктов при создании оригинальных блюд.

Результаты

Нанопродукты — это продукты питания, которые были разработаны, произведены, обработаны или упакованы с использованием нанотехнологических методов или инструментов или к которым были добавлены промышленные наноматериалы. Нанопродукты — это продукты питания, которые были разработаны, произведены, обработаны или упакованы с использованием нанотехнологий в пищевой промышленности, где наноматериалы применяются для улучшения различных аспектов производства, обработки, выращивания и упаковки продуктов питания. Наночастицы можно использовать в качестве биосенсоров для увеличения долговечности пищевых продуктов, улучшения вкуса, улучшения усвоения питательных веществ и уменьшения количества определенных ингредиентов без изменения консистенции продукта.

Решением вопроса о внедрении нанотехнологий в пищевую промышленность стало создание наноеды. Точнее сказать, именно на неё учёные возлагают большие надежды. Услышав термин «наноеда», в голове сразу возникают ассоциации со словом маленький, и путём логических рассуждений приходят к выводу о том, что наноеда — это еда очень маленьких размеров, при этом ещё и очень дорогая. Современное общество условно можно поделить на две группы. Тех, кто думает, что это пища мелких размеров и тех, кто про это даже не слышал. Но наноеда существует.

Наноеда — это пища, в которую добавляют наночастицы для изменения свойств продукта. Например, для улучшения качества, повышения интереса или даже изменения вкуса. При этом наноеду невозможно отличить от настоящей, на её упаковке нет никаких пометок об этом. Еда же носит название «нанопродукт», если при её выращивании, производстве, переработке или упаковке использовались наночастицы. Благодаря своему размеру, наночастицы могут преумножать минеральные и биологически активные вещества пищевых продуктов, повышать их усвоение. Наночастицы легко встраиваются в готовые молекулы и придают им новые свойства. Из нанопродуктов доступны: хлеб, который долго остаётся свежим, съедобные упаковки и тому подобное. Известным примером наноеды может служить голландское вино Nano Wine, которое может менять свой вкус в зависимости от температуры.

Отношение к наноеде у современного общества очень неоднозначное. Часть производителей предпочитает не упоминать об их использовании. Другие же в рекламных целях стараются по максимуму использовать приставку «нано». Они пользуются тем, какую реакцию у общества это вызывает. Все усилия производителей направлены на улучшение качества продукции, их полезных свойств. Для движения человек получает энергию из пищи. Человеческому организму всегда не хватает каких-либо витаминов, а наноеда направлена на решение таких проблем. Во многих источниках пишут, что продукты, полученные с применением нанотехнологий уже можно встретить в магазинах. Но производители не обязаны об этом предупреждать своих потребителей. Поэтому, вполне возможно, что мы уже потребляем нанопищу и даже не чувствуем этого.

Самая большая проблема наноеды заключается в том, что её действие на организм человека неизвестно. Действительно, наночастицы легко проникают в организм человека и, перемещаясь по нему, попадают в различные органы организма человека. То есть однозначно утверждать, что наноеда вредит здоровью человека или нет, нельзя. Возможно, учёные, исследуя этот вопрос, когда-нибудь ответят на него. Также хочется сказать, что наноеда — это не вымысел, а современная реальность. Итогом обсуждения может служить высказывание, что влияние продуктов, содержащей наночастицы, требует дальнейшего более детального исследования.

Заключение

Представлен анализ перспектив использования наноеды, которые объясняют усилия производителей, направленные на улучшение качества пищевой продукции, а также полезных свойств пищевой продукции.

Результаты анализа научной литературы показали, что многие исследования подтверждают негативное влияние наночастиц на живые организмы, включая человека. Некоторые наночастицы могут вызывать аллергические реакции, раздражение кожи и дыхательных путей, а также оказывать канцерогенное действие. Анализ воздействия наночастиц различных материалов на здоровье человека показал, что наиболее опасными являются наночастицы металлов (например, серебра, золота, меди), а также углеродные нанотрубки и наночастицы диоксида титана. Эти наночастицы могут проникать через кожу и слизистые оболочки, вызывая различные заболевания и нарушения в организме. Оценка возможных рисков и последствий для здоровья при регулярном потреблении наноеды, содержащей наночастицы, показала, что существует высокая вероятность негативного влияния на здоровье. Однако для подтверждения этого необходимо проведение дополнительных исследований с участием людей.

Теоретическая значимость проведённого научного исследования заключается в разработке методов исследования влияния наночастиц на организм человека, которые позволят обнаружить и идентифицировать наночастицы, изучить воздействие наночастиц на различные системы организма человека, исследовании механизмов взаимодействия наночастиц с различными биологическими системами для того, чтобы понять, как наночастицы проникают в организм человека и какие последствия это может иметь для здоровья человека. Практическая значимость проведённого научного исследования заключается в разработке методов контроля качества наноеды, включая проверку на наличие наночастиц и оценку их воздействия на здоровье.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если регулярно употреблять наноеду с наночастицами при соблюдении рекомендуемых доз наноеды, то не будет негативного влияния на здоровье человека, подтверждена полностью.

Молекулярная кухня с использованием нанопродуктов представляет собой уникальное и инновационное направление в кулинарии. Молекулярная кухня позволяет создавать совершенно новые вкусы и текстуры, сохраняя при этом полезные свойства продуктов. Молекулярная кухня с использованием нанопродуктов использует научные знания для изменения свойств продуктов, что позволяет создавать новые и интересные блюда с необычными вкусами и текстурами. Несмотря на то, что молекулярная кухня требует определённых знаний и навыков, его применение может сделать гастрономическую культуру более разнообразной и интересной для любителей необычных вкусов.

Одним из главных достоинств молекулярной кухни является использование научных методов для приготовления блюд с улучшенными вкусовыми и текстурными качествами продуктов. Это позволяет создавать уникальные сочетания продуктов и вкусов, которые невозможно получить традиционными методами. Кроме того, использование вакуума и сверхбыстрой заморозки позволяет сохранить свежесть и вкус продуктов на длительное время. Следующим достоинством молекулярной кухни является создание новых и интересных блюд с необычными сочетаниями вкусов и текстур. Очередным достоинством молекулярной кухни является сохранение свежести и полезных свойств продуктов благодаря вакуумной обработке и сверхбыстрой заморозке. Другим достоинством молекулярной кухни является применение сферификации и эмульсификации для создания блюд с необычной формой и консистенцией.

Однако, молекулярная кухня также имеет и свои недостатки. Во-первых, молекулярная кухня требует специального оборудования, профессиональных знаний и навыков для приготовления блюд, что может ограничивать доступность молекулярной кухни

для широкой аудитории. Во-вторых, молекулярная кухня приводит к высокой стоимости ингредиентов и оборудования, что делает этот вид кулинарии недоступным для многих людей. В-третьих, не все люди могут оценить необычные вкусовые нюансы и необычные текстуры блюд молекулярной кухни из-за своих индивидуальных предпочтений. Кроме того, некоторые методы молекулярной кухни могут быть довольно дорогими из-за использования редких ингредиентов и оборудования.

Таким образом, исследование влияния наночастиц в наноеде на здоровье человека является актуальной и важной задачей, требующей разработки новых методов исследования и изучения возможных рисков для здоровья. Необходимо проводить дальнейшие исследования в этой области, чтобы обеспечить безопасность нанотехнологий для здоровья человека. Наночастицы проникают на клеточном уровне и отдаленные последствия этого никому неизвестны. Несмотря на все преимущества нанотехнологии, есть опасения по поводу потенциального негативного влияния наночастиц на здоровье человека. Для изучения влияния наночастиц необходимо разработать новые методы исследования, которые позволят обнаруживать и идентифицировать наночастицы в организме человека, а также изучать их воздействие на различные системы и органы.

Список использованных источников

1. Adeyemi Jerry O., Fawole Olaniyi A. Metal-based nanoparticles in food packaging and coating technologies: a review // *Biomolecules*. — 2023. — jul. — Vol. 13, no. 7. — P. 1092. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/biom13071092>.
2. Pinpathomrat Nawamin. Overview of nanotechnology in food sciences // *Materials Research Foundations* / Ed. by R. Arora. — Materials Research Forum LLC, 2023. — jul. — P. 276–303. — ISBN: 9781644902554. — URL: <http://dx.doi.org/10.21741/9781644902554-10>.
3. Ereemeeva Natalia. Nanoparticles of metals and their compounds in films and coatings: A review // *Foods and Raw Materials*. — 2023. — may. — Vol. 12, no. 1. — P. 60–79. — URL: <http://dx.doi.org/10.21603/2308-4057-2024-1-588>.
4. Characterisation of engineered titanium dioxide nanoparticles in selected food / Mohammed A. Al Mutairi [et al.] // *Food Additives and Contaminants: Part B*. — 2023. — may. — Vol. 16, no. 3. — P. 266–273. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/19393210.2023.2217539>.
5. Sakai Minako. Applications of nanomaterials in food industry: a review // *IOCN 2023* / Ed. by Gamze Ozcakir. — IOCN 2023 no. 1. — MDPI, 2023. — may. — P. 1–6. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/iocn2023-14470>.
6. Metal oxide nanoparticles in food packaging and their influence on human health / Mariana Stuparu-Cretu [et al.] // *Foods*. — 2023. — may. — Vol. 12, no. 9. — P. 1882. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/foods12091882>.
7. Kushwaha Sandeep, Pant Hemlata. Role of nanoparticles in maintaining food safety and tackling malnutrition // *International Journal of Clinical Biochemistry and Research*. — 2023. — apr. — Vol. 10, no. 1. — P. 19–27. — URL: <http://dx.doi.org/10.18231/j.ijcbr.2023.004>.
8. Zinc oxide nanoparticles: synthesis, characterization, modification, and applications in food and agriculture / Xian-Qing Zhou [et al.] // *Processes*. — 2023. — apr. — Vol. 11, no. 4. — P. 1193. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/pr11041193>.

9. Nanoparticle applications in food - a review / A. Wasilewska [et al.] // *Food and Function*. — 2023. — Vol. 14, no. 6. — P. 2544–2567. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/d2fo02180c>.
10. Emerging nanoparticles in food: sources, application, and safety / Jian Chen [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. — 2023. — feb. — Vol. 71, no. 8. — P. 3564–3582. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.2c06740>.
11. Singh Ajay, Imtiyaz Asima. Applications of nanotechnology in agriculture and food science: a review // *Asian Journal of Chemistry*. — 2023. — Vol. 35, no. 5. — P. 1049–1062. — URL: <http://dx.doi.org/10.14233/ajchem.2023.27735>.
12. A review on the application of nanotechnology in food industries / Aishwarya Ramesh Krishna [et al.] // *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. — 2022. — dec. — Vol. 10, no. 3. — P. 871–883. — URL: <http://dx.doi.org/10.12944/crnfsj.10.3.5>.
13. Nanoparticles and its application in food packaging / Abel Saka [et al.] // *Food Microbiology Based Entrepreneurship*. — Springer Nature Singapore, 2023. — P. 401–410. — ISBN: 9789811950414. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-19-5041-4_21.
14. Li Cang. Application of nanomaterials for food packaging // *Highlights in Science, Engineering and Technology*. — 2022. — dec. — Vol. 26. — P. 495–502. — URL: <http://dx.doi.org/10.54097/hset.v26i.4137>.
15. Rational design of lycopene emulsion-based nanofood for *Lactobacillus plantarum* to enhance the growth and flavor production / Tong Zhang [et al.] // *Food Hydrocolloids*. — 2022. — jun. — Vol. 127. — P. 107518. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107518>.
16. Fabrication of zein/alginate delivery system for nanofood model based on pumpkin / Razie Razavi [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. — 2020. — dec. — Vol. 165. — P. 3123–3134. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.176>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: sharafutdinova09-2001@mail.ru

ORCID iD  0009-0004-7945-2954

Web of Science ResearcherID  JXX-0887-2024

Original article
PACS 01.40.-d
OCIS 160.0160
MSC 00A79

Analysis of the effect of nanoparticles in nanofood on humans

A. I. Sharafutdinova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted September 29, 2023

Resubmitted January 23, 2024

Published March 12, 2024

Abstract. The possibilities of using nanofood to solve the problem of hunger in the modern world are being considered. At the same time, significant attention is paid to the different attitudes towards nanoeaters. Approaches for analyzing the prospects for the use of nanofood are discussed, which explain the efforts of manufacturers aimed at improving product quality, as well as the beneficial properties of products.

Keywords: nanofood, nanoprodukt, nanotechnology, nanoparticles, hunger problem, improving product quality

References

1. Adeyemi Jerry O., Fawole Olaniyi A. Metal-based nanoparticles in food packaging and coating technologies: a review // *Biomolecules*. — 2023. — jul. — Vol. 13, no. 7. — P. 1092. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/biom13071092>.
2. Pinpathomrat Nawamin. Overview of nanotechnology in food sciences // *Materials Research Foundations* / Ed. by R. Arora. — Materials Research Forum LLC, 2023. — jul. — P. 276–303. — ISBN: 9781644902554. — URL: <http://dx.doi.org/10.21741/9781644902554-10>.
3. Eremeeva Natalia. Nanoparticles of metals and their compounds in films and coatings: A review // *Foods and Raw Materials*. — 2023. — may. — Vol. 12, no. 1. — P. 60–79. — URL: <http://dx.doi.org/10.21603/2308-4057-2024-1-588>.
4. Characterisation of engineered titanium dioxide nanoparticles in selected food / Mohammed A. Al Mutairi [et al.] // *Food Additives and Contaminants: Part B*. — 2023. — may. — Vol. 16, no. 3. — P. 266–273. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/19393210.2023.2217539>.
5. Sakai Minako. Applications of nanomaterials in food industry: a review // *IOCN 2023* / Ed. by Gamze Ozcakir. — IOCN 2023 no. 1. — MDPI, 2023. — may. — P. 1–6. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/iocn2023-14470>.
6. Metal oxide nanoparticles in food packaging and their influence on human health / Mariana Stuparu-Cretu [et al.] // *Foods*. — 2023. — may. — Vol. 12, no. 9. — P. 1882. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/foods12091882>.

7. Kushwaha Sandeep, Pant Hemlata. Role of nanoparticles in maintaining food safety and tackling malnutrition // *International Journal of Clinical Biochemistry and Research*. — 2023. — apr. — Vol. 10, no. 1. — P. 19–27. — URL: <http://dx.doi.org/10.18231/j.ijcbr.2023.004>.
8. Zinc oxide nanoparticles: synthesis, characterization, modification, and applications in food and agriculture / Xian-Qing Zhou [et al.] // *Processes*. — 2023. — apr. — Vol. 11, no. 4. — P. 1193. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/pr11041193>.
9. Nanoparticle applications in food - a review / A. Wasilewska [et al.] // *Food and Function*. — 2023. — Vol. 14, no. 6. — P. 2544–2567. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/d2fo02180c>.
10. Emerging nanoparticles in food: sources, application, and safety / Jian Chen [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. — 2023. — feb. — Vol. 71, no. 8. — P. 3564–3582. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.2c06740>.
11. Singh Ajay, Imtiyaz Asima. Applications of nanotechnology in agriculture and food science: a review // *Asian Journal of Chemistry*. — 2023. — Vol. 35, no. 5. — P. 1049–1062. — URL: <http://dx.doi.org/10.14233/ajchem.2023.27735>.
12. A review on the application of nanotechnology in food industries / Aishwarya Ramesh Krishna [et al.] // *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. — 2022. — dec. — Vol. 10, no. 3. — P. 871–883. — URL: <http://dx.doi.org/10.12944/crnfsj.10.3.5>.
13. Nanoparticles and its application in food packaging / Abel Saka [et al.] // *Food Microbiology Based Entrepreneurship*. — Springer Nature Singapore, 2023. — P. 401–410. — ISBN: 9789811950414. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-19-5041-4_21.
14. Li Cang. Application of nanomaterials for food packaging // *Highlights in Science, Engineering and Technology*. — 2022. — dec. — Vol. 26. — P. 495–502. — URL: <http://dx.doi.org/10.54097/hset.v26i.4137>.
15. Rational design of lycopene emulsion-based nanofood for *Lactobacillus plantarum* to enhance the growth and flavor production / Tong Zhang [et al.] // *Food Hydrocolloids*. — 2022. — jun. — Vol. 127. — P. 107518. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107518>.
16. Fabrication of zein/alginate delivery system for nanofood model based on pumpkin / Razie Razavi [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. — 2020. — dec. — Vol. 165. — P. 3123–3134. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.176>.

Information about authors:

Alina Ilurovna Sharafutdinova — 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: sharafutdinova09-2001@mail.ru

ORCID iD  0009-0004-7945-2954

Web of Science ResearcherID  JXX-0887-2024

Секция 4

Науки об образовании

4.1 Теория и методика обучения и воспитания

Научная статья

УДК 372.853

ББК 74.5

ГРНТИ 14.33.09

ВАК 5.8.2.

PACS 01.40.-d

OCIS 000.2060

MSC 00A79

Методика преподавания темы по основам молекулярно-кинетической теории в курсе физики в десятом классе общеобразовательной школы

Е. В. Александрова  ¹

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

Поступила в редакцию 29 сентября 2023 года

После переработки 23 января 2024 года

Опубликована 12 марта 2024 года

Аннотация. Проведён педагогический эксперимент по апробации системы физических задач по теме, связанной с изучением молекулярно-кинетической теории, с элементами многоуровневого контроля знаний по физике. Выполнена статистическая обработка результатов педагогического эксперимента по апробации системы физических задач по теме, связанной с изучением молекулярно-кинетической теории, в старших классах общеобразовательной школы.

Ключевые слова: молекулярная физика, задача, задача по физике, молекулярно-кинетическая теория, масса молекулы, количество вещества, педагогический эксперимент

¹E-mail: e10a1@yandex.ru

Введение

Целью исследования являются разработка и научное обоснование методики использования систем задач по молекулярно-кинетической теории в физике как средства развития школьников по физике, а также рассмотрение методики изучения законов молекулярно-кинетической теории в школе. В связи с поставленной целью была сформулирована задача проведения педагогического эксперимента по апробации системы задач по молекулярно-кинетической теории в физике.

Объектом исследования является процесс обучения физике в старших классах общеобразовательной школы в рамках темы по молекулярно-кинетической теории газов. Предметом исследования является процесс формирования умения решать задачи по физике в рамках темы по молекулярно-кинетической теории газов в курсе физики в старших классах общеобразовательной школы.

Научная новизна работы заключается в применении технологий интенсификации обучения при изучении молекулярно-кинетической теории в курсе физики в старших классах общеобразовательной школы.

Гипотеза исследования заключается в том, что процесс решения систематизированных задач по молекулярно-кинетической теории ориентирован на формирование у учащихся умения использовать законы и уравнения по молекулярно-кинетической теории, и будет более результативным при организации систематического контроля знаний по молекулярно-кинетической теории в курсе физики в старших классах общеобразовательной школы.

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

Обзор

Конструктивистский подход к преподаванию тем по молекулярно-кинетической теории в курсе физики средней школы включает качественные и количественные аспекты молекулярной кинетики и позволяет учащимся развивать способность использовать молекулярные модели в качестве объяснительных инструментов физических явлений в молекулярной физике. В нём также подчеркивается важность объединения макроскопических и субмикроскопических масштабов для улучшения концептуального понимания физических явлений в молекулярной физике. Кроме того, рекомендуется использовать три подхода для описания явлений молекулярной физики, а именно макроскопический, микроскопический и термодинамический, чтобы улучшить понимание учащимися концепций молекулярной физики, включая молекулярно-кинетическую теорию газов.

Статья [1] посвящена пониманию кинетической молекулярной теории газов учащимися десятых классов, изучающими химию. Анализ успеваемости студентов по кинетической молекулярной теории газов был проведен с целью определить степень понимания этих химических концепций в трёх способах представления: макроскопическом, микроскопическом и символическом. В исследовании использовалось однократное квазиэкспериментальное исследование, в ходе которого учащиеся десятого класса средней школы города Себу подвергались воздействию интегрированного макро-микросимволического подхода. В исследовании использовался проверенный инструмент пост-тестирования с макроскопическими, микроскопическими и символическими вопросами. Результаты пост-тестирования показали, что понимание студентами постепенно улучшалось от хорошего понимания макроскопического и микроскопического уровней до очень хорошего понимания символического уровня. Таким образом, был сделан вывод, что использование трех способов химического представления в значительной степени

привело к пониманию концепций химии. Учителям рекомендуется начинать обучение на макроскопическом уровне и вводить символы только после микроскопического уровня.

В работе [2] вводятся уравнение Больцмана, описывающее динамику разбавленного одноатомного газа, уравнение Ванга-Чанга и Уленбека для молекулярного (двухатомного и многоатомного) газа, а также их эвристическое распространение на плотный гранулированный газ вместе с границей раздела газа и поверхности с использованием условий и типичных численных методов в динамике разреженного газа.

Использование эксперимента в качестве методологии преподавания физики в средней школе имеет решающее значение для успешной реализации концепций учителями-предметниками и овладения концепциями учащимися. Тем не менее, в статье [3] описано, что предоставление качественного контента по физике в большинстве школ Кении столкнулось с рядом проблем, таких как неадекватно подготовленные учителя, отсутствие инфраструктуры (например, физической лаборатории, лабораторного оборудования, нехватка лаборантов и т. д.). В статье [3] описано, что в 2014 году в округе Джем (в Кении) 52 % учителей физики не имеют соответствующей подготовки (то есть им не хватает базовой подготовки, чтобы получить квалификацию учителей физики). использование экспериментов при обучении физике в средних школах Кении (на примере школ округа Джем). В частности, исследование преследует следующие цели: во-первых, определить влияние профессиональной квалификации учителя на использование экспериментов в обучении физике; во-вторых, установлено влияние опыта учителя на использование эксперимента в обучении физике и влияние учебной нагрузки на использование эксперимента в обучении физике; и, наконец, установлено влияние подготовки урока на использование эксперимента в обучении физике. В исследовании использовались как описательный опрос, так и подходы к корреляционному дизайну с участием 32 участников. Данные собираются с помощью анкет и интервью. Пилотное исследование проводится в 3 средних школах для проверки надежности инструментов обработки данных (достижение значения коэффициента r Пирсона 80 %). В статье [3] используются как описательные, так и статистические данные, такие как среднее значение, процентные частоты и значения коэффициента r Пирсона, для анализа количественных данных, в то время как качественные данные транскрибируются, организуется и классифицируется по темам и подтемам. Результаты исследования показывают, что опыт преподавания, подготовка учителя, планирование урока и учебная нагрузка влияют на количество и качество экспериментов, проводимых учителями физики.

Уже более столетия химики исследуют скорость химических реакций, используя экспериментальные условия с участием огромного количества молекул. Как следствие, описание кинетики реакции в терминах средних значений оказалось достаточно хорошим для всех практических целей. С педагогической точки зрения такое описание упускает из виду стохастический характер молекулярного поведения. В статье [4] показано, что студенты редко могут связать макроскопическое кинетическое поведение химической реакции с её описанием на молекулярном уровне. Целью статьи [4] является преодоление разрыва между макроскопической и микроскопической интерпретацией кинетических процессов. Это важно не только для понимания недавно разработанной области физической химии одиночных молекул, но и для улучшения понимания студентами случайной природы молекулярного поведения. Мономолекулярные процессы описываются на молекулярном уровне с точки зрения их статистического поведения, а такие понятия, как время жизни реакции, обсуждаются в контексте как ансамблевого, так и молекулярного описания. Далее в статье [4] описываются простые симуляции, которые можно использовать в качестве занятий в классе, чтобы укрепить понимание учащимися того, как знакомый моноэкспоненциальный распад реакции первого поряд-

ка может быть описан с точки зрения большого количества случайных событий на молекулярном уровне.

Кинетические модели газа могут быть трудными для понимания учащимися. Типичные инструменты не отображают события на микроскопическом уровне, однако компьютерному моделированию молекул не хватает практического аспекта. В статье [5] описывается обучающий инструмент, сочетающий в себе сжатие шприца с компьютерным моделированием, и показано, что он хорошо зарекомендовал себя в классе как у учителей, так и у учеников. Этот инструмент призван помочь учащимся старших классов школы понять молекулярную физику.

В статье [6] рассмотрены следствия полной системы уравнений переноса свойств (импульса, энергии и массы) частиц и их пар в условиях локального равновесия с учетом иерархии Боголюбова времен релаксации между первой и второй функциями распределения и различий в характерные времена релаксации импульса, энергии и массы частиц. Установлено, что даже при условии локального равновесия в иерархии времен релаксации Боголюбова между первой и второй функциями распределения сохраняются парные корреляции между всеми динамическими переменными (скоростью, температурой и плотностью), значения которых пропорциональны градиентам переносимых величин. характеристики. Введён критерий, требующий отсутствия условия локального равновесия при достижении критического значения, при котором описание процесса переноса становится некорректным в классической неравновесной термодинамике. Внешние силы учитываются в уравнениях сильно неравновесных процессов. Наряду с учётом межмолекулярных потенциалов появляется возможность обсудить понятие пассивных сил (введенное в термодинамику Гиббсом) с позиций кинетической теории. Показано, что использование этого понятия не отражает современные представления о реальных процессах.

В статье [7] обсуждается метод обучения в классе, помогающий учащимся визуализировать и понять кинетику Михаэлиса-Ментена, использовался в качестве предварительного набора для учителей естественных наук старших и средних школ в рамках партнерской программы по математике и естественным наукам в Иллинойсе. В рамках мероприятия учителям было предложено собрать данные, воспроизведя метод, а также проанализировать и сообщить данные. Все пришли к выводу, что собранные ими данные о скорости были гиперболическими. В рамках плана управляемого исследования учителям было предложено пересмотреть метод и оценить его эффективность как стратегии обучения для разработки конкретных кинетических концепций. После дальнейшего сбора и анализа данных учителя обнаружили, что тенденции их данных на самом деле не были гиперболическими, что привело к внесению нескольких изменений, разработанных учителями, направленных на получение истинного гиперболического результата. В статье [7] описывается процесс исследования, который привёл к этим изменениям, и иллюстрируется их соответствие нескольким ключевым концепциям, таким как кинетика быстрого равновесия. Учебные решения были необходимы в нескольких ключевых моментах, и они обсуждаются.

Статья [8] посвящена использованию методов кинетической теории для изучения проблем эконофизики, в частности неравновесного распределения доходов и богатства. Методы кинетической теории используются для изучения ряда задач эконофизики, основное внимание уделяется неравновесным нестационарным распределениям доходов и богатства. Детерминированный метод для полного уравнения Больцмана использован для решения нестационарной задачи перехода неравновесного распределения к равновесному. Модельное кинетическое уравнение с источником применяется для объяснения устойчивого неравновесного распределения доходов в некоторых странах.

Результаты педагогического эксперимента

Педагогический эксперимент по физике проводился с 10 ноября 2023 года по 17 декабря 2023 года в МАОУ города Ульяновска Физико-математический лицей № 38. В ходе педагогического эксперимента проводились наблюдение и сбор данных педагогического эксперимента в 10 Б классе. Основную часть учащихся составляют подростки в возрасте от 16 до 17 лет. Программа по физике на учебный год рассчитана на изучение школьной программы десятого класса. Занятия по физике в группах проводятся три раза в неделю в виде одного урока. Программа по физике рассчитана на три часа в неделю. В 10 Б классе по социально-гуманитарному направлению обучаются 17 девочек и 14 мальчиков. Уровень группы средний, так как усвоения материала происходит трудно и занимает больше времени, но хорошо закрепляется. Педагогический эксперимент проводился в кабинете физики с лаборантской комнатой. В лаборантской комнате храниться физическое оборудование для проведения лабораторных работ по физике. Кабинет физики оборудован тематическими плакатами по физике. В кабинете физики имеется компьютер типа ноутбук для работы с электронным журналом и электронная доска для показа демонстраций по физике.

Целью педагогического эксперимента является выявление результатов обучения физике по молекулярно-кинетической теории газов в 10 классе. Повышение теоретических знаний у учеников и применение их при решении практических задач по физике на примере тем, связанных с изучением молекулярно-кинетической теории газов в курсе физики в общеобразовательной школе. Подготовка к проведению педагогического эксперимента включала в себя проектирование методики проведения занятий и разработку конспектов уроков по молекулярно-кинетической теории газов.

В процессе изучения физики на занятии по теме «Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории», проведённом 25.12.2023, учащимися 10 Б класса были получены следующие отметки: 3 отметки «отлично», 13 отметок «хорошо», 5 отметок «удовлетворительно», отметок «неудовлетворительно» не было, также 10 человек отсутствовали и были не аттестованы по дисциплине. Абсолютная успеваемость учащихся 10 Б класса по физике на занятии по теме «Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории», проведённом 25.12.2023, составила 67.7 %, что соответствует удовлетворительному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость учащихся 10 Б класса на занятии по теме «Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории», проведённом 25.12.2023, составила 51.6 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся 10 Б класса по физике на занятии по теме «Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории», проведённом 25.12.2023, составила 44.6 %, что соответствует удовлетворительному уровню обученности учащихся. Высший уровень требований по физике в 10 Б классе на занятии по теме «Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории», проведённом 25.12.2023, составляет 42.3 %. Средний уровень требований по физике в 10 Б классе на занятии по теме «Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории», проведённом 25.12.2023, составляет 23.9 %. Низкий уровень требований по физике в 10 Б классе на занятии по теме «Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории», проведённом 25.12.2023, составляет 10.8 %. Среднее значение отметок по пятибалльной шкале в классе 10 Б на занятии по теме «Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории», проведённом 25.12.2023, составляет 2.645. Среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения в 10 Б классе на втором занятии по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 20.12.2023, составляет 1.721. Экспериментальное значение хи-квадрат по физике в 10 Б классе на втором занятии по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 20.12.2023, составляет 17.871, что больше критического значения, равного 15.08627 для 5 степеней свободы и уровня значимости 0.01. Следовательно, первая

по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 18.12.2023, получил отметку «отлично». Учащийся 29 из 10 Б класса на занятии по теме «Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории», проведённом 25.12.2023, отсутствовал и не был аттестован по занятию.

Учащийся 30 из 10 Б класса на первом занятии курса физики по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории», проведённом 13.12.2023, получил отметку «неудовлетворительно». Учащийся 30 из 10 Б класса на втором занятии с самостоятельной работой по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 18.12.2023, получил отметку «хорошо». Учащийся 30 из 10 Б класса на занятии по теме «Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории», проведённом 25.12.2023, получил отметку «отлично».

Учащийся 31 из 10 Б класса на первом занятии курса физики по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории», проведённом 13.12.2023, получил отметку «неудовлетворительно». Учащийся 31 из 10 Б класса на втором занятии с самостоятельной работой по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 18.12.2023, получил отметку «удовлетворительно». Учащийся 31 из 10 Б класса на занятии по теме «Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории», проведённом 25.12.2023, отсутствовал и не был аттестован по занятию.

В процессе изучения физики на первом занятии по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории», проведённом 13.12.2023, учащимися 10 Б класса были получены следующие отметки: 3 отметки «отлично», 11 отметок «хорошо», 5 отметок «удовлетворительно», 1 отметка «неудовлетворительно», также 9 человек отсутствовали и были не аттестованы по дисциплине. Абсолютная успеваемость учащихся 10 Б класса по физике на первом занятии по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории», проведённом 13.12.2023, составила 67.7 %, что соответствует удовлетворительному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость учащихся 10 Б класса на первом занятии по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории», проведённом 13.12.2023, составила 45.2 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся 10 Б класса по физике на первом занятии по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории», проведённом 13.12.2023, составила 43.1 %, что соответствует удовлетворительному уровню обученности учащихся. Высший уровень требований по физике в 10 Б классе на первом занятии по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории», проведённом 13.12.2023, составляет 40.5 %. Средний уровень требований по физике в 10 Б классе на первом занятии по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории» проведённом 13.12.2023, составляет 22.6 %. Низкий уровень требований по физике в 10 Б классе на первом занятии по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории», проведённом 13.12.2023, составляет 10.1 %. Среднее значение отметок по пятибалльной шкале в классе 10 Б на первом занятии по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории», проведённом 13.12.2023, составляет 2.645. Среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения в 10 Б классе на первом занятии по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории», проведённом 13.12.2023, составляет 1.451. Экспериментальное значение хи-квадрат по физике в 10 Б классе на первом занятии по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории», проведённом 13.12.2023, составляет 11.097, что меньше критического значения, равного 15.08627 для 5 степеней свободы и уровня значимости 0.01. Следовательно, первая гипотеза выполняется.

В процессе изучения физики на втором занятии с самостоятельной работой по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 18.12.2023, учащимися 10 Б

класса были получены следующие отметки: 2 отметки «отлично», 13 отметок «хорошо», 6 отметок «удовлетворительно», 2 отметки «неудовлетворительно», также 8 человек отсутствовали и были не аттестованы по дисциплине. Абсолютная успеваемость учащихся 10 Б класса по физике на втором занятии с самостоятельной работой по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 20.12.2023, составила 67.7%, что соответствует удовлетворительному уровню абсолютной успеваемости. Качественная успеваемость учащихся 10 Б класса на втором занятии с самостоятельной работой по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 18.12.2023, составила 48.4%, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. Степень обученности учащихся 10 Б класса по физике на втором занятии с самостоятельной работой по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 18.12.2023, составила 43.1%, что соответствует удовлетворительному уровню обученности учащихся. Высший уровень требований по физике в 10 Б классе на втором занятии с самостоятельной работой по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 18.12.2023, составляет 40.3%. Средний уровень требований по физике в 10 Б классе на втором занятии с самостоятельной работой по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 18.12.2023, составляет 22.3%. Низкий уровень требований по физике в 10 Б классе на втором занятии с самостоятельной работой по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 18.12.2023, составляет 9.8%. Среднее значение отметок по пятибалльной шкале в классе 10 Б на втором занятии с самостоятельной работой по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 18.12.2023, составляет 2.709. Среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического значения в 10 Б классе на втором занятии с самостоятельной работой по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 18.12.2023, составляет 1.712. Экспериментальное значение хи-квадрат по физике в 10 Б классе на втором занятии с самостоятельной работой по теме «Масса молекул. Количество вещества», проведённом 18.12.2023, составляет 13.677, что меньше критического значения, равного 15.08627 для 5 степеней свободы и уровня значимости 0.01. Следовательно, первая гипотеза выполняется.

Заключение

Представлены результаты педагогического эксперимента по апробации системы физических задач по теме, связанной с изучением молекулярно-кинетической теории, с элементами многоуровневого контроля знаний по физике.

По результатам исследования можно сформулировать вывод о том, что педагогический эксперимент с использованием системы физических задач по молекулярно-кинетической теории газов дал положительный результат и подтвердил эффективность усвоения темы по молекулярно-кинетической теории газов за счёт активизации познавательной активности учащихся.

Гипотеза исследования, заключающаяся в том, что процесс решения систематизированных задач по молекулярно-кинетической теории ориентирован на формирование у учащихся умения использовать законы и уравнения по молекулярно-кинетической теории, и будет более результативным при организации систематического контроля знаний по молекулярно-кинетической теории в курсе физики в старших классах общеобразовательной школы, подтверждена полностью.

Результаты исследования могут быть использованы при разработке методических рекомендаций для учителей физики, а также при подготовке учебных программ и учебных пособий по молекулярно-кинетической теории газов. Кроме того, полученные данные педагогического эксперимента могут служить основой для разработки новых подходов к преподаванию молекулярно-кинетической теории газов, учитывающих современные требования к качеству образования.

Разработка методики преподавания темы по молекулярно-кинетической теории газов является важным направлением в развитии образовательной системы по физике, поскольку оно способствует повышению качества знаний учащихся, развитию их научного мышления и формированию интереса к изучению физики. Результаты данного исследования могут стать основой для дальнейшего совершенствования методики преподавания молекулярно-кинетической теории газов в общеобразовательных школах.

Список использованных источников

1. Sanchez Joje Mar P. Understanding of kinetic molecular theory of gases in three modes of representation among tenth-grade students in chemistry // *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. — 2021. — jan. — Vol. 20, no. 1. — P. 48–63. — URL: <http://dx.doi.org/10.26803/IJLTER.20.1.3>.
2. Viehland Larry A. Kinetic theory for molecules // *Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics*. — Springer International Publishing, 2018. — P. 233–253. — ISBN: 9783030044947. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-04494-7_8.
3. Okono Elijah Owuor. Experimental approach as a methodology in teaching physics in secondary schools // *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*. — 2015. — jul. — Vol. 5, no. 6. — P. 388–406. — URL: <http://dx.doi.org/10.6007/IJARBS/V5-I6/1688>.
4. Levitus Marcia. Chemical kinetics at the single-molecule level // *Journal of Chemical Education*. — 2010. — nov. — Vol. 88, no. 2. — P. 162–166. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/ED100371M>.
5. Imai Izumi, Kamata Masahiro, Miura Naosuke. A teaching tool for molecular kinetics // *Physics Education*. — 2003. — may. — Vol. 38, no. 3. — P. 254–258. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/38/3/309>.
6. Tovbin Yu. K. Molecular kinetic theory of strongly nonequilibrium processes of mass, momentum, and energy transfer: local equilibrium criteria // *Russian Journal of Physical Chemistry A*. — 2015. — aug. — Vol. 89, no. 9. — P. 1507–1515. — URL: <http://dx.doi.org/10.1134/S0036024415090344>.
7. A teacher-developed inquiry model to teach the molecular basis of hyperbolic kinetics in biological membrane transport / Leanne Marcus [et al.] // *Advances in Physiology Education*. — 2013. — jun. — Vol. 37, no. 2. — P. 165–175. — URL: <http://dx.doi.org/10.1152/ADVAN.00010.2013>.
8. Aristov V. V. Methods of kinetic theory in problems of econophysics // *AIP Conference Proceedings*. — Vol. 2132. — AIP Publishing, 2019. — P. 190004. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.5119676>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: el0al@yandex.ru

ORCID iD  0000-0002-0107-3143

Web of Science ResearcherID  AAX-8431-2021

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

Methodology for teaching topics on the basics of molecular kinetic theory in a physics course in the tenth grade of a secondary school

E. V. Alexandrova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted September 29, 2023

Resubmitted January 23, 2024

Published March 12, 2024

Abstract. A pedagogical experiment was conducted to test a system of physical problems on a topic related to the study of molecular kinetic theory with elements of multi-level control of knowledge in physics. Statistical processing of the results of a pedagogical experiment was carried out to test a system of physical problems on a topic related to the study of molecular kinetic theory in secondary school.

Keywords: molecular physics, problem, physics problem, molecular kinetic theory, molecular mass, amount of matter, pedagogical experiment

References

1. Sanchez Joje Mar P. Understanding of kinetic molecular theory of gases in three modes of representation among tenth-grade students in chemistry // *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. — 2021. — jan. — Vol. 20, no. 1. — P. 48–63. — URL: <http://dx.doi.org/10.26803/IJLTER.20.1.3>.
2. Viehland Larry A. *Kinetic theory for molecules* // *Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics*. — Springer International Publishing, 2018. — P. 233–253. — ISBN: 9783030044947. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-04494-7_8.
3. Okono Elijah Owuor. Experimental approach as a methodology in teaching physics in secondary schools // *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*. — 2015. — jul. — Vol. 5, no. 6. — P. 388–406. — URL: <http://dx.doi.org/10.6007/IJARBS/V5-I6/1688>.
4. Levitus Marcia. Chemical kinetics at the single-molecule level // *Journal of Chemical Education*. — 2010. — nov. — Vol. 88, no. 2. — P. 162–166. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/ED100371M>.
5. Imai Izumi, Kamata Masahiro, Miura Naosuke. A teaching tool for molecular kinetics // *Physics Education*. — 2003. — may. — Vol. 38, no. 3. — P. 254–258. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/38/3/309>.

6. Tovbin Yu. K. Molecular kinetic theory of strongly nonequilibrium processes of mass, momentum, and energy transfer: local equilibrium criteria // *Russian Journal of Physical Chemistry A*. — 2015. — aug. — Vol. 89, no. 9. — P. 1507–1515. — URL: <http://dx.doi.org/10.1134/S0036024415090344>.
7. A teacher-developed inquiry model to teach the molecular basis of hyperbolic kinetics in biological membrane transport / Leanne Marcus [et al.] // *Advances in Physiology Education*. — 2013. — jun. — Vol. 37, no. 2. — P. 165–175. — URL: <http://dx.doi.org/10.1152/ADVAN.00010.2013>.
8. Aristov V. V. Methods of kinetic theory in problems of econophysics // *AIP Conference Proceedings*. — Vol. 2132. — AIP Publishing, 2019. — P. 190004. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.5119676>.

Information about authors:

Elena Vladimirovna Alexandrova — 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: el0al@yandex.ru

ORCID iD  0000-0002-0107-3143

Web of Science ResearcherID  AAX-8431-2021

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

Разработка материалов урока по теме «Электрический ток в жидкостях» в курсе физики в медицине в фармацевтическом колледже

А. Р. Гиматетдинова  ¹

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

Поступила в редакцию 28 декабря 2023 года
После переработки 29 декабря 2023 года
Опубликована 12 марта 2024 года

Аннотация. Обсуждаются результаты разработки материалов урока по теме «Электрический ток в жидкостях» в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже. Показано, что если использовать материалов урока по теме «Электрический ток в жидкостях» в курсе физики в медицине, то можно наполнить курс физики в медицине эффективными средствами контроля знаний физики в медицине в фармацевтическом колледже.

Ключевые слова: физика, задача, занятия по физике, система задач, электрический ток, жидкость

Введение

Рассматриваются особенности разработки материалов урока по теме «Электрический ток в жидкостях» по курсу физики в медицине в фармацевтическом колледже.

Целью исследования является создание научно-методического обеспечения урока по теме «Электрический ток в жидкостях» в курсе физики в медицине в фармацевтическом колледже. Задачами исследования являются разработка и совершенствование системы заданий урока по теме «Электрический ток в жидкостях» в курсе физики в медицине в фармацевтическом колледже. Объектом исследования является материалы урока по теме «Электрический ток в жидкостях» в курсе физики в медицине в фармацевтическом колледже. Предметом исследования является процесс создания заданий по теме «Электрический ток в жидкостях» в курсе физики в медицине в фармацевтическом колледже.

¹E-mail: gimatetdinova@mail.ru

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать материалы урока по теме «Электрический ток в жидкостях» в курсе физики в медицине, то можно наполнить курс физики в медицине эффективными средствами контроля знаний физики в медицине в фармацевтическом колледже.

Научная новизна исследования заключается в сочетании традиционных и интерактивных технологий при изучении темы «Электрический ток в жидкостях» в курсе физики в медицине в фармацевтическом колледже.

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

Теоретическая значимость исследования состоит в формировании системы физических задач при изучении темы «Электрический ток в жидкостях» для применения в курсе физики в медицине в фармацевтическом колледже. Практическая значимость исследования заключается в определении условий применения системы физических задач при изучении темы «Электрический ток в жидкостях» в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже.

Обзор

В статье [1] исследован колебательный режим течения электрического тока между двумя электродами, погруженными в слабопроводящую жидкость. В статье [1] показано, что такой режим обусловлен полевым порогом инжекции ионов с поверхности электрода. Колебательный режим сопровождается распространением волн объёмной плотности заряда и напряжённости электрического поля по межэлектродному пространству.

В статье [2] Разработана установка для измерения влияния электрического поля на вязкость жидкостей, в которой жидкость течёт по узкому каналу между плоскими металлическими границами, которые можно использовать в качестве электродов. Аппарат позволяет использовать поля средней напряжённостью до 35 кВ/см. и даёт высокую степень точности. Для неполярных жидкостей, сухих или загрязнённых водой, чтобы проводить ток, а для непроводящих полярных жидкостей электрическое поле, поперечное линии потока, не оказывает заметного влияния на вязкость. У полярных жидкостей, которые проводят относительно хорошо, как при нормальных условиях, так и при загрязнении водой, электрическое поле вызывает значительное увеличение кажущейся вязкости. Этот эффект возрастает с ростом напряжённости поля, но достигает предельного значения для очень сильных полей. Для полярных жидкостей, проводимость которых можно уменьшить путем последовательной очистки, величина этого ограничивающего эффекта пропорциональна проводимости образца. В переменном поле влияние на вязкость остается постоянным по мере увеличения частоты до тех пор, пока не будет достигнута определенная критическая частота, а затем уменьшается с частотой, пока она не станет слишком малой для обнаружения. Критическая частота уменьшается с увеличением расстояния между электродами и увеличивается с повышением температуры. Поле, параллельное линиям потока, не влияет на вязкость. Все эти экспериментальные факты можно объяснить на основе теории, согласно которой эффект обусловлен накоплением ионов, происходящим вблизи электродов, когда жидкость проводит ток. Ионы действуют как центры, вокруг которых группируются полярные молекулы. Таким образом, для появления эффекта необходимо иметь проводящую жидкость, состоящую из полярных молекул. Предельное увеличение кажущейся вязкости, происходящее в сильных полях, связано с тем, что увеличение вязкости жидкости вблизи электродов замедляет движение ионов и, таким образом, имеет тенденцию уменьшать количество избыточных ионов. Изменение действия переменного поля с частотой также находит в этой теории готовое объяснение. Теория была создана для

объяснения различных других наблюдаемых фактов.

В статье [3] описано возможное использование постоянного электрического тока для увеличения скорости потока пластовых флюидов при добыче нефти. В статье [3] дополнительно изучалась возможность использования электрического тока для повышения приемистости воды в системах заводнения или просто увеличения скорости добычи плотных пластов. Во всех случаях объёмная скорость потока увеличивалась с увеличением приложенного электрического потенциала. В статье [3] также представлен дополнительный теоретический анализ. Однако изучение применения электрокинетических явлений в нефтедобыче ещё не завершено и остаётся нерешённым множество других проблем.

В статье [4] спроектирована установка и экспериментально продемонстрирована миграция электронеутральных частиц в жидкостях под действием электрического тока в зависимости от несоответствия их электропроводности. В статье [4] было обнаружено, что сила электрического тока, действующая на электрически нейтральные частицы, приводит к перемещению частиц к боковой поверхности от центра суспензии через три различные зоны, а именно: зоны толкания, захвата и вытеснения. В практических случаях движущая сила может обогнать гравитацию. Свойство силы не похоже ни на свойство силы при электромагнетифорезе, ни на свойство силы электромиграции с точки зрения направления и величины. На основе численного расчёта термодинамики суспензионных жидкостей разработано выражение для силы в зоне толкания. Превосходное согласие между численными расчётами и экспериментальными данными показывает, что расчёты обеспечивают фундаментальное и прогнозируемое понимание процесса отделения частиц от жидкостей. Следовательно, силу можно использовать во многих инженерных приложениях, таких как разделение частиц по разнице их электропроводности.

В статье [5] было проведено комплексное исследование с целью изучения влияния приложенного напряжения, расстояния между кончиком иглы и противоэлектродом, скорости потока жидкости, рН и проводимости воды на электрический ток в капиллярном электрораспылителе. Атомно-силовая микроскопия использовалась для измерения распределения капель воды по размерам, средний диаметр которых составлял 299 ± 76 нм. Статистический анализ с использованием трехфакторного дисперсионного анализа и нелинейной многомерной регрессионной модели использовался для изучения взаимодействия приложенного напряжения, расстояния между кончиком иглы и противоэлектродом, скорости подачи жидкости с электрическим током, а также для разработки уравнений регрессии для прогнозирования тока. Было обнаружено, что на электрический ток значительно ($p < 0.05$) влияли приложенное напряжение (от 0 до ± 10 кВ) и расстояние (2, 3 и 4 см), но не скорость подачи жидкости (1 – 10 кВ). 10 мкл/мин) в пределах, исследованных работе [5]. Для исследования влияния указанных выше параметров на область осаждения капель жидкости в системе электрораспыления впервые был использован индикатор контакта воды. В статье [5] экспериментальные данные показали, что увеличение расстояния между капиллярной иглой, скорости подачи жидкости, рН и проводимости приводит к увеличению площади электрораспыления.

В статье [6] предложено устройство с качающимися пластинчатыми электродами для измерения контактной электризации жидкого образца. Предлагаемая конструкция состоит из двух параллельных металлических пластин, погруженных в диэлектрическую жидкость. Одна из пластин качается с постоянной частотой в диапазоне от 0.4 до 4 Гц. В работе [6] исследована зависимость от времени и частоты скорости электрода и потоковой электризации. Измеряемый ток возникает при очень низкой прерывистой скорости менее 10 мм/с. В этом диапазоне ток электризации составляет около 50 пА. При более высоких скоростях до 150 мм/с ток находится на уровне 1200 пА. Частотно-

временная характеристика с использованием кратковременного преобразования Фурье не показывает временных изменений частотного спектра. В работе [6] рассчитана зависимость электрификации от скорости челнока, которая может быть аппроксимирована полиномиальной моделью второго порядка с коэффициентом детерминации выше 0.9. Преимуществом датчика является возможность измерения явлений электризации без необходимости наличия вращающихся электродов или большого объёма протекающих жидкостей.

Будучи наиболее распространённым, но незаменимым для человечества веществом, вода обычно находится в макроскопически электрически нейтральном состоянии. Однако из-за присущей ей молекулярной полярности вода может легко электризоваться, что создает связь между водой и электричеством. Такое соединение воды и электричества имеет глубокие научные основы и технологические применения. За последние несколько десятилетий мы стали свидетелями значительного прогресса в изучении взаимного воздействия электричества и воды, но всесторонний обзор его основ и приложений по-прежнему в значительной степени отсутствует. В статье [7] сначала даётся переоценка и классификация основных методов электрификации воды в соответствии с их механизмами, а затем подчеркивается, как использовать связь воды и электричества для достижения многообещающих технических применений. В статье [7] предполагается, что этот обзор вдохновит междисциплинарные научные сообщества больше думать и внедрять инновации в исследованиях воды с помощью электричества.

В статье [8] обсуждается анализ электрического тока в струе электропроводящей жидкости, вытекающей из металлической трубки. В статье [8] предоставлена информация о расчёте течения, поверхностного заряда и электрического поля в области переноса тока струи. В статье [8] анализ переноса электрического тока в струе электропроводящей жидкости, выбрасываемой из металлической трубки в газ или вакуум и находящейся под действием электрического поля, возникающего из-за высокого напряжения, приложенного между трубкой и дальним электродом. Течение, поверхностный заряд и электрическое поле рассчитываются в области переноса тока струи, где ток проводимости в жидкости становится поверхностным током из-за конвекции электрического заряда, накопленного на её поверхности. Электрический ток, рассчитанный как функция скорости потока жидкости, впрыскиваемой через трубку, сначала увеличивается по мере извлечения квадратного корня из этой скорости потока, выравнивается до почти постоянного значения, когда скорость потока увеличивается, и, наконец, переходит к линейному увеличению, когда скорость потока увеличивается. скорость потока ещё больше увеличивается. Электрический ток растёт линейно с приложенным напряжением при малых и умеренных значениях этой переменной и быстрее, чем линейно, при высоких напряжениях. В статье [8] определены характерная длина и структура области переноса электрического тока. Получены оценки порядка величины для струй, слабо растянутых электрическими напряжениями, которые качественно объясняют некоторые численные результаты.

Ионные жидкости комнатной температуры, соли, которые являются жидкими при комнатной температуре, могут быть водорастворимыми или несмешивающимися с водой, в зависимости от комбинации катиона и аниона. Они являются эффективными растворителями для широкого спектра растворенных веществ, включая лекарства. Несмешивающиеся с водой ионные жидкости комнатной температуры, изученные в этой статье [9], могут действовать как резервуары лекарств. Прохождение электрического тока через эти несмешивающиеся жидкости может усилить высвобождение некоторых растворенных веществ в водную среду. Поток электрического тока (в диапазоне 1 – 5 мА) увеличивал скорость высвобождения солиобилизованного гидрофильного растворенного вещества 3Н-сахарозы и модельного гидрофобного препарата 3Н-дексаметазона.

В статье [9] показано, что при некоторых условиях наблюдалось трёхкратное увеличение скорости высвобождения как сахарозы, так и дексаметазона в воду, хотя эффект применения тока не всегда был линейным.

В статье [10] обсуждается явление электроиндуцированного дальнего течения жидких металлов, о котором ранее никогда не сообщалось. Хотя электрические поля широко использовались для создания потока электролитов, никогда не сообщалось о электрически индуцированном течении металлических жидкостей на большие расстояния. В статье [10] показано, что жидкие чистые металлы можно заставить течь непрерывным потоком, подавая электрический ток на лежащую под ними проводящую пленку. Этот поток возникает в направлении приложенного тока и, как полагают, вызван электромиграцией жидкости. Ожидается, что это явление приведёт к появлению многих приложений, в которых требуется контролируемая доставка непрерывного потока жидкого металла, таких как микрофлюидика, нанотехнология.

В статье [11] В отсутствие внешнего магнитного поля обсуждается связь между электрическим током феррожидкости и температурой. Электрический ток линейно возрастает с ростом температуры в феррожидкости с частицами Fe_3O_4 , распределенными в воде ($\text{MF-Fe}_3\text{O}_4\text{-W}$). Теоретически и экспериментально доказано, что жидкость-носитель только в $\text{MF-Fe}_3\text{O}_4\text{-W}$ не может определить способность доставлять электрическую энергию $\text{MF-Fe}_3\text{O}_4\text{-W}$. Электрический ток будет способствовать движению свободных электрических зарядов (или ионов) и столкновению электрически поляризованных частиц в $\text{MF-Fe}_3\text{O}_4\text{-W}$.

В статье [12] обсуждаются измерение и моделирование электрических токов в канальных сетях микрореакторов, в частности в контексте электроосмотического течения жидкостей. Для микрореакторных устройств, в которых жидкости перекачиваются электроосмотическим потоком, мониторинг электрических токов в сети каналов на месте является ценным диагностическим инструментом. В статье [12] продемонстрировано, что вольт-амперные характеристики сети каналов микрореактора могут быть точно смоделированы с использованием измерений полной трехмерной геометрии сети каналов, проводимости жидкости и проводимости стенки канала — поверхности жидкости. В статье [12] показано, что поверхностная проводимость вносит существенный вклад в общие измеряемые электрические токи в канальных сетях, для которых отношение площади поверхности к объёму велико. После поправки на поверхностную проводимость электрические токи пропорциональны объёмным расходам жидкости, измеренным в различных ветвях сети каналов. Константа пропорциональности связана с дзета-потенциалом стенки канала–поверхности жидкости. Измерения изменения электрических токов и объёмных скоростей потока в зависимости от приложенного напряжения позволяют определить поверхностную проводимость и дзета-потенциал внутри микрореактора, что позволяет прогнозировать напряжения, необходимые для создания желаемых скоростей потока в любом канале регистрации электрических токов на месте, встроенном в систему управления, позволяющие осуществлять непрерывный мониторинг расходов жидкости во время работы микрореактора.

В статье [13] речь идёт об использовании метода томографии электрического сопротивления для идентификации границ раздела жидкость–жидкость в технологическом резервуаре. В некоторых случаях поиск границ раздела между жидкостями в технологическом резервуаре имеет решающее значение. Для достижения этой цели в различных отраслях промышленности используются дорогостоящие, инвазивные и опасные методы. В статье [13] метод электрорезистивной томографии включает в себя фантомный резервуар, окруженный 16 медными электродами. В качестве входного сигнала использовался переменный сигнал частотой 50 кГц, 5 мА, а выходной отклик в виде напряжения подавался в алгоритм реконструкции EIDORS. Двумерные изображения

показывают область, содержащую две плохо проводящие жидкости, то есть воду и масло, хотя и неточно, но показывают томографию электрического сопротивления как возможный многообещающий метод анализа границ раздела жидкость-жидкость.

В статье [14] рассматривается компьютерное моделирование течения тока через слабопроводящие жидкости в неоднородных электрических полях. В статье [14] анализируются вольт-амперные характеристики и сравниваются данные моделирования с экспериментальными результатами. В статье [14] представлены результаты компьютерного моделирования течения тока через слабопроводящие жидкости при линейно изменяющемся напряжении. Моделирование проводится на основе полной системы уравнений электрогидродинамики. Рассмотрены два случая: когда заряд образуется в объёме за счёт диссоциации молекул примеси и когда он образуется на поверхности электрода за счёт инъекции заряда. Учтено увеличение скорости диссоциации под действием электрического поля. Для каждой модели зарядообразования рассчитаны соответствующие динамические вольт-амперные характеристики и выявлены их особенности. В статье [14] показано, что гистерезис вольт-амперной характеристики обусловлен гистерезисом напряжённости электрического поля в приэлектродной области. В статье [14] проведено качественное сравнение данных моделирования и экспериментальных результатов.

В статье [15] электрический ток, генерируемый ламинарным течением изолирующей жидкости через цилиндрическую трубу, рассчитан с использованием модели, учитывающей неравновесные граничные условия на стенке. В статье [15] получены аналитические решения уравнений модели в пределах высокой и низкой электропроводности, а численные решения — в промежуточных значениях проводимости. Решения зависят от четырех параметров, которые представляют собой безразмерные представления электропроводности, скорости адсорбции положительных ионов, скорости адсорбции отрицательных ионов и отношения коэффициентов диффузии положительных и отрицательных ионов. В статье [15] результаты представлены в виде графиков зависимости тока от параметра электропроводности для различных значений трёх других параметров. В статье [15] обсуждаются физические причины формы кривых ток/проводимость. Согласно модели, токи генерируются различиями в коэффициентах диффузии ионов и/или различиями в скоростях адсорбции ионов на стенке.

В статье [16] рассматриваются некоторые аспекты преподавания симуляционных методов студентам и аспирантам. Моделирование всё чаще становится междисциплинарной деятельностью, а это означает, что учащиеся, которым необходимо изучить методы моделирования, могут иметь совершенно разную подготовку. Кроме того, у них может быть широкий диапазон взглядов на то, что представляет собой интересное применение методов моделирования. Почти всегда успешный курс моделирования включает в себя элемент практической деятельности: всегда необходимо найти баланс между отношением к программному обеспечению для моделирования как к «чёрному ящику» и увязнуть в вопросах программирования. Поскольку портативные компьютеры становятся широко доступными, студенты часто хотят забрать программы, чтобы запускать их самостоятельно, и доступ к вычислительной мощности уже не является ограничивающим фактором, как раньше; с другой стороны, программное обеспечение должно быть портативным и, по возможности, бесплатным.

Молекулярная наука о жизни — одна из самых быстрорастущих областей научных и технических инноваций, а биотехнология оказывает глубокое влияние на многие аспекты повседневной жизни — часто с глубокими этическими аспектами. В то же время содержание по своей сути сложное, в высшей степени абстрактное и глубоко укорененное в различных дисциплинах, начиная от «чистых наук», таких как математика, химия и физика, и заканчивая «прикладными науками», такими как медицина и сельское хозяйство, и заканчивая предметами, которые традиционно входят в компетенцию

гуманитарных наук, особенно философии и этики. Вместе эти особенности ставят перед будущими учителями и образовательными учреждениями разнообразные, важные и захватывающие задачи. В статье [17] приводится различный опыт, точки зрения, проблемы и осведомлённость об этих проблемах из имеющегося опыта исследований в области молекулярных наук о жизни и преподавания вторичных наук о жизни. Принимая характер дисциплины в качестве отправной точки, в статье [17] выделяются важные аспекты молекулярной науки о жизни, которые одновременно характерны для этой области и сложны для обучения и образования. Из этих задач больше всего уделяется внимание содержанию, трудностям рассуждения и проблемам общения. В статье [17] также обсуждаются последствия для образовательных исследований и преподавания в области молекулярных наук о жизни.

Результаты разработки материалов урока по теме «Электрический ток в жидкостях» в курсе физики в медицине

В настоящее время выделяют разные виды учебных заведений и образовательных организаций в отечественных образовательных системах. Например, лицеи с углубленным изучением физики, гимназии, где большее внимание уделяется гуманитарным наукам; коррекционные школы, направленные на воспитание и обучение проблемных детей, специализированные школы занимающиеся обучением детей с отклонениями здоровья; общеобразовательные школы; колледжи. В обычных общеобразовательных школах в настоящее время есть разделение на различные профильные классы: технологический, химико-биологический, социально-экономический, социально-гуманитарный. В разных образовательных учреждениях физическое образование изучается индивидуальное количество часов. Но, несмотря на эту особенность необходимо сформировать у учащихся научное мышление об окружающем мире в достаточном объёме. Рассмотрим отличия преподавания физики в зависимости от образовательного учреждения и их уровня обучения физики. Обучение физики в старшей школе на базовом уровне осуществляется в объёме 140 часов в классах химико-биологического, социально-экономического и социально-гуманитарного профиля, профильном 350 часов в классах технического профиля. Таким образом, физика в гуманитарном классе необходима, для общего развития и развеивания мифов об окружающей действительности. Основной целью изучения физики в гуманитарных классах является необходимость обеспечить базовые понятия и явления, с которыми встречается человек в повседневной жизни; сформировать правильное и грамотное использование физических приборов; формирование разностороннего образа мира. Профильные классы отличаются от существующих общеобразовательных классов учебным планом. В нём больше часов отводится на лабораторные работы, на уроки по решению задач и углубленное изучение теоретического материала. В лицее, где учащиеся уже целенаправленно настроены на поступление в технические вузы, следует поддерживать и развивать физическое мышление. В колледжах главной особенностью изучения физики является связь физической направленности с будущей профессиональной деятельностью. В результате поверхностного изучения физики, общепрофессиональных и специальных дисциплин у учащихся слабо формируются знания и умения, позволяющие им правильно ориентироваться в практических заданиях, применять знания для решения задач, связанных с будущей специальностью. Чтобы ввести познавательную активность в среднем профессиональном образовании необходимо сопоставлять термины физики и профессиональной направленности, составлять задачи, связанные с профессиональной деятельностью учащихся. Например, в технических средних учреждениях в разделе механика показать влияние сил на износ деталей в станке. Для специальности кулинария в разделе электростатика изучается электрический ток в кухонных приборах. Для специальности фармацевция в

разделе механика рассматривается сгибание и разгибание конечностей.

Целью урока по теме «Электрический ток в жидкостях» является необходимость создать условия для осознания и осмысления нового учебного материала средствами системы заданий и вопросов уровневого характера для организации познавательной деятельности обучающихся. Образовательные задачи состоят в том, чтобы создать условия для формирования представления о природе электрического тока в жидкостях, как о физико-химическом процессе; установить связь между элементами содержания ранее изученного материала; продолжить формирование навыков решения физических задач, в частности, формирование умения применять законы электролиза; показать возможности использования электролиза в промышленности. Развивающие задачи состоят в том, чтобы способствовать развитию логического мышления, аккуратности при проведении лабораторного опыта, умение работать с предложенной информацией; создать условия для формирования навыков и умений самостоятельной работы, развития умения анализировать, обобщать, сравнивать, выделять главное. Воспитательные задачи состоят в том, чтобы способствовать формированию положительного отношения к знаниям; воспитание самостоятельности, настойчивости при достижении конечного результата; формирование культуры учебной деятельности и информационной культуры.

На занятии используется следующее физическое оборудование и приборы: источник тока, электроды, лампа накаливания, соединительные провода, сосуд, дистиллированная вода, соль NaCl и CuSO₄; мультимедийный проектор, презентация «Электрический ток в жидкостях», карточки для работы.

В качестве методов обучения используются объяснительно-иллюстративный метод, частично-поисковый метод, словесный метод, наглядный метод.

В качестве форм организации учебной деятельности на занятии используются следующие формы: индивидуальная форма, групповая форма, фронтальная форма.

Технологии обучения на уроке состоят из информационно-коммуникативных технологий, технологии проблемного обучения, здоровьесберегающей технологии, технологии обучения в сотрудничестве; концентрической технологии знаний, технологии словесной продуктивной и творческой деятельности.

Тип урока по теме «Электрический ток в жидкостях» является комбинированным.

Урок по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит из следующих этапов урока: организационный момент (1 мин), подготовка к усвоению нового материала и активация опорных знаний (10 мин), мотивация и постановка целей занятия (3 мин), усвоение новых знаний (40 мин), практическая часть в виде решения расчётных задач (35 мин), подведение итогов занятия, задание домашнего задания, рефлексия (3 мин).

Опишем ход урока по теме «Электрический ток в жидкостях».

Первым этапом урока по теме «Электрический ток в жидкостях» является организационный момент, который длится одну минуту. Деятельность преподавателя на первом этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит в приветствии учащихся, проверке наличия тетрадей и ручек, отметке отсутствующих в журнале. Деятельность обучающихся на первом этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит в приветствии учителя, рассаживании за столы, проверке наличия тетрадей, ручек. Формируемые универсальные учебные действия на первом этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» включают в себя регулятивные универсальные учебные действия в виде умения самостоятельно организовывать свое рабочее место, умения планировать свою деятельность в соответствии с предъявленной информацией.

Вторым этапом урока по теме «Электрический ток в жидкостях» является подготовка к усвоению нового материала и активация опорных знаний, которая длится 10 минут. Деятельность преподавателя на втором этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит в проведении краткосрочного опроса по предыдущей теме,

поэтому повторяем материал в течение семи минут. Учитель задаёт ученикам следующий блок вопросов по текущей теме. Что такое электрический ток? Какие условия необходимы для существования электрического тока? Какие заряды называются свободными зарядами? На какие три группы делятся все вещества по концентрации и уровню подвижности заряженных частиц? Какие твёрдые тела являются проводникам? Что является носителями свободных зарядов в металлах? Все ли жидкости проводят электрический ток? Какими частицами обусловлен ток в жидкостях? Деятельность обучающихся на втором этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит в ответе на вопросы краткосрочного опроса по предыдущей теме. Электрический ток представляет собой упорядоченное движение заряженных частиц. Условием, необходимым для существования электрического тока, является наличие свободных заряженных частиц и электрического поля. Свободными зарядами называются заряженные частицы одного знака, способные перемещаться под действием электрического поля. Все вещества делятся на три группы: проводники или металлы, полупроводники, диэлектрики по концентрации и уровню подвижности заряженных частиц. Электрический ток в жидкостях обусловлен движением электронов. Формируемые универсальные учебные действия на втором этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» включают в себя познавательные универсальные учебные действия: осуществлять актуализацию личного жизненного опыта; ориентироваться в своей системе знаний (определять границы знания или незнания); коммуникативные универсальные учебные действия: слушать и понимать речь других.

Третьим этапом урока по теме «Электрический ток в жидкостях» является мотивация и постановка целей занятия, которая длится три минуты. Деятельность преподавателя на третьем этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит в том, что учитель рассказывает, что на эти последние два вопроса мы с вами не можем ответить, но сегодня после окончания занятия вы будете знать ответы. Давайте вместе сформулируем тему занятия и цели. Верно. Записываем число и тему занятия «Электрический ток в жидкостях». Деятельность обучающихся на третьем этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит в том, что записывают тему занятия. Формируемые универсальные учебные действия на третьем этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» включают в себя познавательные универсальные учебные действия: ориентироваться в своей системе знаний (определять границы знания и незнания); коммуникативные универсальные учебные действия: воспринимать информацию на слух, отвечать на вопросы учителя; слушать и понимать речь других.

Четвёртым этапом урока по теме «Электрический ток в жидкостях» является усвоение новых знаний, которое длится 40 минут. Деятельность преподавателя на четвёртом этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит в проведении эксперимента, показывающего отсутствие или наличие тока в цепи при прохождении через жидкость. При подходе ионов натрия к катоду он получает свои недостающие электроны, ионы хлора при достижении анода отдают свои. Проводят электрический ток не только водные растворы солей, но и щелочей и кислот. Вещества, растворы которых проводят электрический ток, называются электролитами. Значит, электролиты — это водные растворы солей, кислот, щелочей, а также расплавы некоторых солей и оснований, проводящие электрический ток. Носителями заряда в электролитах являются положительные и отрицательные ионы. Ионы обоих знаков появляются в водных растворах солей, кислот и щелочей в результате расщепления части нейтральных молекул. Это физическое явление называется электролитической диссоциацией. Итак, процесс распада электролита на ионы под действием растворителя, называется электролитической диссоциацией. Растворы сахара, спирта, глюкозы и некоторых других веществ не проводят электрический ток. Какой вывод можно сделать? При прохождении элект-

трического тока через электролит наблюдается выделение веществ, входящих в электролит, на электродах. Электролиз представляет собой физическое явление выделения на электродах веществ, входящих в состав электролита, при протекании через него электрического тока. В 1834 году английский физик Майкл Фарадей опытным путём установил, что за определённое время электрический ток всегда выделяет из раствора электролита одно и то же количество данного химического элемента. Таким образом, учёный сформулировал закон, который назвали первым законом Фарадея: $m = kI\Delta t$. Масса вещества, выделяющегося на электроде при электролизе, пропорциональна силе тока I и времени Δt его прохождения. Если вспомнить формулы из темы о постоянном токе: $I = \Delta q / \Delta t$, то можно представить первый закон Фарадея в виде: $m = k\Delta q$, где масса m выделившегося на электроде вещества пропорциональна прошедшему через электролит заряду Δq и времени Δt прохождения тока). $m = kI\Delta t = k\Delta q$, где k – электрохимический эквивалент вещества. Как вы думаете, от чего он будет зависеть? В чём измеряется? $[k] = [\Delta m] / [q] = \text{кг/Кл}$. Если k зависит от вещества, где его можно найти? Откроем страницу 108 учебника. Чему равен коэффициент k для хлора, серебра, меди?

Второй закон Фарадея непосредственно касается измерения электрохимического эквивалента через другие константы для конкретно взятого электролита:

$$k = \frac{M}{enN_A}, \quad (1)$$

где M – молярная масса электролита ($M = A \cdot 10^{-3}$ кг/моль, A – атомная масса); e – элементарный заряд; n – валентность электролита; N_A – число Авогадро, $F = eN_A$ – постоянная Фарадея, $F = eN_A = 9.65 \cdot 10^4$ Кл/моль. Исходя из второго закона Фарадея, первый закон можно представить в виде:

$$\Delta m = \frac{M}{enN_A} It, \quad (2)$$

или

$$m = \frac{1}{F} \frac{M}{n} It. \quad (3)$$

Деятельность обучающихся на четвёртом этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит в анализе представленного эксперимента, выдвижении предположения, почему в одном случае жидкость проводник, а в другом нет. Слушают, выводы конспектируют (делают записи в рабочих карточках). Представляют презентацию о применении электролиза в технике (индивидуальное задание). Формируемые универсальные учебные действия на четвёртом этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» включают в себя познавательные универсальные учебные действия: формировать навыки поисковой, исследовательской деятельности; соотносить информацию, представленную в разных формах; извлекать необходимую информацию из текста; ориентироваться в учебнике; сравнивать, объясняя выбор критерия для сравнения; структурировать учебный материал, выделять в нём главное; развивать элементарные навыки работы с приборами; устанавливать причинно-следственные связи.

Пятым этапом урока по теме «Электрический ток в жидкостях» является практическая часть в виде решения расчётных задач, которая длится 35 минут. Деятельность преподавателя на пятом этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит в контроле решения задач и выполнении практической работы студентами, указании на ошибки.

Задача 1. При серебрении изделия пользовались током 5 А в течение 15 минут. Какое количество серебра израсходовано за это время?

Задача 2. При каком токе протекал электролиз в растворе медного купороса, если за 5 минут на катоде выделилось 6 г меди?

Задача 3. Какой разряд должен пройти через раствор сернистой меди, чтобы на катоде отложилось 6.58 г меди?

Задача 4. За какое время на катоде электролитической ванны выделится 40 г хрома, если электролиз проходит при силе тока 25 А?

Приведём материалы для контроля знаний по теме «Электрический ток в жидкостях».

Контрольный вопрос 1. Даны следующие жидкости: дистиллированная вода, расплавленный селен, раствор кислоты. Какая из перечисленных жидкостей является электролитом?

Контрольный вопрос 2. Даны следующие жидкости: раствор соли, расплавленный селен, дистиллированная вода. Какая из перечисленных жидкостей является электролитом?

Контрольный вопрос 3. Как называется физическое явление выделения вещества на электроде при пропускании через электролит тока?

Контрольный вопрос 4. Как называется распад молекул на ионы под действием растворителя?

Контрольный вопрос 5. Как называется положительный электрод?

Контрольный вопрос 6. Как называется отрицательный электрод?

Контрольный вопрос 7. Как записывается формула, описывающая первый закон Фарадея для электролиза?

Контрольный вопрос 8. Как записывается формула, описывающая второй закон Фарадея для электролиза?

Задача 4. Определите массу цинка, выделившегося за 5 ч на электроде, если сила тока в электролитической ванне равна 2 А (электрохимический эквивалент цинка равен $0.34 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл).

Задача 5. Сколько времени длилось хромирование, если на изделие осадили слой хрома массой 0.925 г? Сила тока равна 3 А, электрохимический эквивалент хрома равен $0.18 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл.

Задача 6. В результате электролиза из раствора CuSO_4 выделилось 2.65 г меди (электрохимический эквивалент меди равен $0.33 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл). Чему равен электрический заряд, прошедший через раствор?

Задача 7. Определите массу алюминия, выделившегося за 10 ч на электроде, если сила тока в электролитической ванне равна 1 А (электрохимический эквивалент алюминия равен $0.093 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл).

Задача 8. Сколько времени длилось хромирование, если на изделие осаждён слой хрома массой 0.864 г? Сила тока равна 4 А, электрохимический эквивалент хрома равен $0.18 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл.

Задача 9. В результате электролиза из раствора CuSO_4 выделилось 1.65 г меди (электрохимический эквивалент меди равен $0.33 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл). Чему равен электрический заряд, прошедший через раствор?

Деятельность обучающихся на пятом этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит в работе на местах и решении задач у доски. Формируемые универсальные учебные действия на пятом этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» включают в себя коммуникативные универсальные учебные действия: строить речевое высказывание в соответствии с поставленными задачами; оформлять свои мысли в устной форме; осуществлять работу в паре или в мини-группе; регулятивные универсальные учебные действия: оценивать правильность выполненных действий; анализировать и оценивать результаты своей деятельности; осуществлять самоконтроль и взаимоконтроль; работать по плану, сверяя свои действия с целью, корректировать свою деятельность; планировать своё действие; оценивать учебные действия в соответ-

ствии с поставленной задачей; осуществлять познавательную и личностную рефлексию; самостоятельно (или с помощью учителя) планировать свою деятельность по решению учебного задания; действовать по алгоритму.

Шестым этапом урока по теме «Электрический ток в жидкостях» является рефлексия, подведение итогов занятия, домашнее задание, который длится 3 минуты. Деятельность преподавателя на шестом этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит в анализе успешности достижения целей занятия. Оценивает работу группы. Домашнее задание будет состоять в том, чтобы выучить лекцию и подготовить реферат по применению электрического тока в медицине. Что понравилось на занятии? Что было неудачным по вашему мнению? О чём хотелось бы узнать больше? Какие есть вопросы? Деятельность обучающихся на шестом этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» состоит в представлении выполненного задания, представлении решения теста, ответе на вопросы рефлексии, записи домашнего задания, задавании вопросов. Формируемые универсальные учебные действия на шестом этапе урока по теме «Электрический ток в жидкостях» включают в себя коммуникативные универсальные учебные действия: строить монологическое высказывание; адекватно использовать речевые средства для решения коммуникативных задач; оформлять свои мысли в устной форме, отвечать на вопросы учителя, слышать и понимать речь других; регулятивные универсальные учебные действия: соотносить цели урока с результатом работы и со способами её достижения; соотносить цели и результаты собственной деятельности; анализировать и осмысливать свои достижения, выявлять перспективы развития; осуществлять самоконтроль; личностные универсальные учебные действия: желание приобретать новые знания, совершенствовать имеющиеся; признание для себя общепринятых морально-этических норм, способность к самооценке своих действий, поступков.

Заключение

Представлены результаты разработки урока по теме «Электрический ток в жидкостях» для курса физики в медицине в фармацевтическом колледже. Рассмотренные примеры решения задач по теме «Электрический ток в жидкостях» были апробированы в фармацевтическом колледже в 2022-2023 учебном году.

Задача исследования, состоящая в разработке материалов урока по теме «Электрический ток в жидкостях» в рамках курса физики в медицине в фармацевтическом колледже, решена полностью.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если использовать материалы урока по теме «Электрический ток в жидкостях» в курсе физики в медицине, то можно наполнить курс физики в медицине эффективными средствами контроля знаний физики в медицине в фармацевтическом колледже, подтверждена полностью.

Список использованных источников

1. Polyansky V. A., Pankratieva I. L. Electric current oscillations in low-conducting liquids // Journal of Electrostatics. — 1999. — nov. — Vol. 48, no. 1. — P. 27–41. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3886\(99\)00046-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3886(99)00046-7).
2. Andrade Edward Neville Da Costa, Dodd C. The effect of an electric field on the viscosity of liquids // Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences. — 1946. — nov. — Vol. 187, no. 1010. — P. 296–337. — URL: <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.1946.0079>.
3. Anbah Saleh A., Chilingar George V., Beeson Carrol M. Application of electrical current for increasing the flow rate of oil and water in a porous medium // Journal of Canadian

- Petroleum Technology. — 1965. — apr. — Vol. 4, no. 02. — P. 81–88. — URL: <http://dx.doi.org/10.2118/65-02-05>.
4. Zhang Xinfang, Qin Rongshan. Electric current-driven migration of electrically neutral particles in liquids // Applied Physics Letters. — 2014. — mar. — Vol. 104, no. 11. — P. 114106. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4869465>.
 5. Characterization of electrical current and liquid droplets deposition area in a capillary electrospray / Yuchen Si [et al.] // Results in Engineering. — 2021. — mar. — Vol. 9. — P. 100206. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rineng.2021.100206>.
 6. Zmarzly Dariusz, Fracz Pawel. Measurement of dielectric liquid electrification in the shuttle system with two parallel electrodes // Energies. — 2021. — feb. — Vol. 14, no. 4. — P. 970. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/en14040970>.
 7. Electrification of water: from basics to applications / Yuankai Jin [et al.] // Droplet. — 2022. — oct. — Vol. 1, no. 2. — P. 92–109. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/dro2.22>.
 8. Higuera F. J. Electric current of an electrified jet issuing from a long metallic tube // Journal of Fluid Mechanics. — 2011. — may. — Vol. 675. — P. 596–606. — URL: <http://dx.doi.org/10.1017/JFM.2011.126>.
 9. Jaitely Vikas, Mizuuchi Hiroshi, Florence Alexander T. Current-stimulated release of solutes solubilized in water-immiscible room temperature ionic liquids // Journal of Drug Targeting. — 2010. — nov. — Vol. 18, no. 10. — P. 787–793. — URL: <http://dx.doi.org/10.3109/1061186X.2010.525653>.
 10. Dutta I., Kumar P. Electric current induced liquid metal flow: application to coating of micropatterned structures // Applied Physics Letters. — 2009. — may. — Vol. 94, no. 18. — P. 184104. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.3119219>.
 11. Dai Min. Electric current of ferrofluid depending on temperature // Key Engineering Materials. — 2020. — mar. — Vol. 833. — P. 162–170. — URL: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.833.162>.
 12. Fletcher Paul D. I., Haswell Stephen J., Zhang Xunli. Electrical currents and liquid flow rates in micro-reactors // Lab on a Chip. — 2001. — Vol. 1, no. 2. — P. 115. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/B106339C>.
 13. Chitturi Venkatratnam, Najam Shakaib. Identification of liquid-liquid interface using electrical resistance tomography // International Journal of Engineering Trends and Technology. — 2021. — jan. — Vol. 69, no. 1. — P. 43–48. — URL: <http://dx.doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I1P207>.
 14. Stishkov Yu. K., Chirkov V. A., Sitnikov A. A. Dynamic current-voltage characteristics of weakly conducting liquids in highly non-uniform electric fields // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. — 2014. — mar. — Vol. 50, no. 2. — P. 135–140. — URL: <http://dx.doi.org/10.3103/S1068375514020124>.
 15. Walmsley H. L., Woodford G. The generation of electric currents by the laminar flow of dielectric liquids // Journal of Physics D: Applied Physics. — 1981. — oct. — Vol. 14, no. 10. — P. 1761–1782. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0022-3727/14/10/011>.

16. Allen Michael P. Educational aspects of molecular simulation // *Molecular Physics*. — 2007. — jan. — Vol. 105, no. 2-3. — P. 157–166. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/00268970601138721>.
17. Tibell Lena A. E., Rundgren Carl-Johan. Educational challenges of molecular life science: characteristics and implications for education and research // *CBE-Life Sciences Education*. — 2010. — mar. — Vol. 9, no. 1. — P. 25–33. — URL: <http://dx.doi.org/10.1187/cbe.08-09-0055>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: gimatetdinova@mail.ru

ORCID iD  0000-0001-8087-0417

Web of Science ResearcherID  GYD-8333-2022

@auxrussian@auxenglish@auxrussian@auxenglish

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

Development of lesson materials on the topic “Electric current in liquids” in the course of physics in medicine at the College of Pharmacy

A. R. Gimatetdinova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted December 28, 2023
Resubmitted December 29, 2023
Published March 12, 2024

Abstract. The results of the development of lesson materials on the topic “Electric current in liquids” as part of a course in physics in medicine at a pharmacy college are discussed. It is shown that if you use lesson materials on the topic “Electric current in liquids” in a course of physics in medicine, then you can fill the course of physics in medicine with effective means of monitoring knowledge of physics in medicine in a pharmacy college.

Keywords: physics, problem, physics classes, problem system, electric current, liquid

References

1. Polyansky V. A., Pankratieva I. L. Electric current oscillations in low-conducting liquids // Journal of Electrostatics. — 1999. — nov. — Vol. 48, no. 1. — P. 27–41. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3886\(99\)00046-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3886(99)00046-7).
2. Andrade Edward Neville Da Costa, Dodd C. The effect of an electric field on the viscosity of liquids // Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences. — 1946. — nov. — Vol. 187, no. 1010. — P. 296–337. — URL: <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.1946.0079>.
3. Anbah Saleh A., Chilingar George V., Beeson Carrol M. Application of electrical current for increasing the flow rate of oil and water in a porous medium // Journal of Canadian Petroleum Technology. — 1965. — apr. — Vol. 4, no. 02. — P. 81–88. — URL: <http://dx.doi.org/10.2118/65-02-05>.
4. Zhang Xinfang, Qin Rongshan. Electric current-driven migration of electrically neutral particles in liquids // Applied Physics Letters. — 2014. — mar. — Vol. 104, no. 11. — P. 114106. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4869465>.
5. Characterization of electrical current and liquid droplets deposition area in a capillary electrospray / Yuchen Si [et al.] // Results in Engineering. — 2021. — mar. — Vol. 9. — P. 100206. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rineng.2021.100206>.

6. Zmarzly Dariusz, Fracz Pawel. Measurement of dielectric liquid electrification in the shuttle system with two parallel electrodes // *Energies*. — 2021. — feb. — Vol. 14, no. 4. — P. 970. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/en14040970>.
7. Electrification of water: from basics to applications / Yuankai Jin [et al.] // *Droplet*. — 2022. — oct. — Vol. 1, no. 2. — P. 92–109. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/dro2.22>.
8. Higuera F. J. Electric current of an electrified jet issuing from a long metallic tube // *Journal of Fluid Mechanics*. — 2011. — may. — Vol. 675. — P. 596–606. — URL: <http://dx.doi.org/10.1017/JFM.2011.126>.
9. Jaitely Vikas, Mizuuchi Hiroshi, Florence Alexander T. Current-stimulated release of solutes solubilized in water-immiscible room temperature ionic liquids // *Journal of Drug Targeting*. — 2010. — nov. — Vol. 18, no. 10. — P. 787–793. — URL: <http://dx.doi.org/10.3109/1061186X.2010.525653>.
10. Dutta I., Kumar P. Electric current induced liquid metal flow: application to coating of micropatterned structures // *Applied Physics Letters*. — 2009. — may. — Vol. 94, no. 18. — P. 184104. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.3119219>.
11. Dai Min. Electric current of ferrofluid depending on temperature // *Key Engineering Materials*. — 2020. — mar. — Vol. 833. — P. 162–170. — URL: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.833.162>.
12. Fletcher Paul D. I., Haswell Stephen J., Zhang Xunli. Electrical currents and liquid flow rates in micro-reactors // *Lab on a Chip*. — 2001. — Vol. 1, no. 2. — P. 115. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/B106339C>.
13. Chitturi Venkatratnam, Najam Shakaib. Identification of liquid-liquid interface using electrical resistance tomography // *International Journal of Engineering Trends and Technology*. — 2021. — jan. — Vol. 69, no. 1. — P. 43–48. — URL: <http://dx.doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I1P207>.
14. Stishkov Yu. K., Chirkov V. A., Sitnikov A. A. Dynamic current-voltage characteristics of weakly conducting liquids in highly non-uniform electric fields // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. — 2014. — mar. — Vol. 50, no. 2. — P. 135–140. — URL: <http://dx.doi.org/10.3103/S1068375514020124>.
15. Walmsley H. L., Woodford G. The generation of electric currents by the laminar flow of dielectric liquids // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 1981. — oct. — Vol. 14, no. 10. — P. 1761–1782. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0022-3727/14/10/011>.
16. Allen Michael P. Educational aspects of molecular simulation // *Molecular Physics*. — 2007. — jan. — Vol. 105, no. 2–3. — P. 157–166. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/00268970601138721>.
17. Tibell Lena A.E., Rundgren Carl-Johan. Educational challenges of molecular life science: characteristics and implications for education and research // *CBE-Life Sciences Education*. — 2010. — mar. — Vol. 9, no. 1. — P. 25–33. — URL: <http://dx.doi.org/10.1187/cbe.08-09-0055>.

Information about authors:

Alsu Ryastemovna Gimatetdinova — Master's student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ulyanovsk State Pedagogical University", Ulyanovsk, Russia.

E-mail: gimatetdinova@mail.ru

ORCID iD  0000-0001-8087-0417

Web of Science ResearcherID  GYD-8333-2022

Научная статья
УДК 372.853
ББК 74.5
ГРНТИ 14.33.09
ВАК 5.8.2.
PACS 01.40.-d
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Формирование функциональной грамотности на уроках физики при изучении сил в механике в седьмом классе общеобразовательной школы

Ю. М. Замальдинова  ¹

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

Поступила в редакцию 29 декабря 2023 года

После переработки 27 февраля 2024 года

Опубликована 12 марта 2024 года

Аннотация. Представлены сведения о формировании функциональной грамотности школьников с использованием современных приёмов обучения в процессе преподавания физики на уроках физики. Представлен набор упражнений по силам в механике, разработанных для развития функциональной грамотности на уроках физики в седьмом классе общеобразовательной школы.

Ключевые слова: физика, механика, преподавание физики, функциональная грамотность, компетенции, урок, приёмы обучения, знания, навыки

Введение

В современной системе образования существуют некоторые существенные проблемы, и одна из проблем заключается в том, что успех в школе не всегда гарантирует успех в реальной жизни. Многолетний опыт деятельности показал, что предметная модель образования, которая сосредоточена исключительно на усвоении знаний, оказалась недостаточно эффективной. Необходимо пересмотреть подход к содержанию образования и переключиться на новую модель, которая будет способствовать развитию навыков и компетенций учащихся. Разрыв, отмечаемый в контексте, способствовал развитию новых учебных направлений в педагогике, связанных с осуществлением полноценного потенциала молодого поколения. Они основаны на идеях развития индивидуальности, способности критического и творческого мышления, успешного сотрудничества в коллективе и умения адаптироваться к постоянно меняющимся аспектам жизни. Все эти идеи охватывает концепция формирования функциональной грамотности учащихся. Учитывая сказанное, подчеркивается актуальность изучения проблематики развития у школьников функциональной грамотности.

¹E-mail: zamaldinova17@gmail.com

Формирование функциональной грамотности на уроках физики в седьмом классе общеобразовательной школы является важным аспектом обучения физике, так как это помогает ученикам лучше понимать физические явления и законы, а также применять физические законы и принципы в повседневной жизни. Особое внимание следует уделить изучению темы, связанной с описанием сил в механике, поскольку описание механических сил составляет основу для дальнейшего изучения физики.

Цель формирования функциональной грамотности в области физики заключается в развитии у учащихся способности применять полученные знания и навыки по физике в повседневной жизни, решать физические задачи и адаптироваться к новым условиям и требованиям окружающей среды. При формировании функциональной грамотности на занятиях по физике важно использовать разнообразные методы и подходы обучения физике, которые помогут ученикам научиться анализировать, оценивать и применять информацию в различных физических ситуациях.

Целью исследования является разработка методики формирования функциональной грамотности у учащихся седьмых классов общеобразовательной школы на уроках физики при изучении темы «Силы в механике» в курсе физики основной школы.

Задачи исследования состоят в том, чтобы написать обзор литературы по существующим методикам формирования функциональной грамотности в области физики в школьном образовании, разработать и апробировать комплекс заданий и упражнений по физике, направленных на формирование функциональной грамотности учащихся при изучении темы «Силы в механике», оценить эффективность предложенных методов и приемов формирования функциональной грамотности в предметной области по физике с помощью мониторинга результатов успеваемости учащихся седьмого класса.

Объектом исследования является образовательный процесс в седьмых классах общеобразовательных школ. Предметом исследования является процесс формирования функциональной грамотности на уроках физики при изучении темы «Силы в механике» у учащихся седьмых классов общеобразовательных школ.

Научная новизна исследования заключается в том, что разработан комплекс заданий и упражнений для формирования функциональной грамотности учащихся седьмых классов на примере изучения темы «Силы в механике», отличающийся использованием практико-ориентированного подхода; обоснована эффективность использования разработанного комплекса заданий в учебном процессе, позволяющая повысить уровень функциональной грамотности учащихся и их мотивацию к изучению физики; предложены критерии и показатели оценки функциональной грамотности учащихся, основанные на анализе их способности применять полученные знания в решении физических задач и умении работать с учебной информацией по физике.

Гипотеза исследования заключается в том, что если использовать упражнения и задания для формирования функциональной грамотности учащихся на уроках физики, то это будет способствовать повышению уровня теоретических знаний и практических умений учащихся в области физики, а также развитию мотивации к изучению физики.

Теоретическая значимость состоит в том, что проведена систематизация и обобщение теоретического материала по формированию функциональной грамотности учащихся в процессе изучения физики, выявлены и обоснованы методические приёмы, способствующие формированию функциональной грамотности школьников в области физики, разработаны рекомендации по использованию практико-ориентированных заданий для формирования функциональной грамотности учащихся на уроках физики в седьмом классе общеобразовательной школы. Практическая значимость заключается в том, что разработан и внедрён комплекс практико-ориентированных задач по физике для формирования функциональной грамотности учащихся на примере изучения силы в механике.

Обзор

Умение внимательно слушать, ясно говорить, связно писать, читать с пониманием, а также создавать и критиковать средства массовой информации в контексте науки имеет важное значение для эффективного преподавания естественных наук. Как преподаватели могут развить такие способности на курсе физики у будущих учителей начальной и средней школы? В статье [1] описывается такой курс, включающий сотрудничество преподавателей физики, естественнонаучного образования и грамотности, а также двух ассистентов. Встречаясь два раза в неделю в течение 10 недель, в рамках курса особое внимание уделялось вопросам, предсказанию, исследованию, наблюдению, обсуждению, письму и чтению в контексте естественных наук. В статье [1] сообщается об общих темах, касающихся аспектов, которые способствовали или препятствовали обучению науке и грамотности, изменениям во взглядах на преподавание и обучение естественным наукам, а также положительным сдвигам в интересе к науке и предполагаемой практике преподавания.

Многие студенты остаются позади из-за системы образования, которая, по мнению некоторых, находится в кризисе. Улучшение образовательных результатов потребует усилий по многим направлениям, но основная идея этой монографии заключается в том, что одна часть решения включает в себя помощь учащимся лучше регулировать свое обучение посредством использования эффективных методов обучения. К счастью, когнитивные и педагогические психологи разрабатывают и оценивают простые в использовании методы обучения, которые могут помочь учащимся достичь своих целей обучения. В работе [2] подробно обсуждаются 10 методов обучения и предлагаем рекомендации по их относительной полезности. В работе [2] выбраны методы, которые, как ожидалось, будут относительно простыми в использовании и, следовательно, могут быть освоены многими студентами. Кроме того, некоторые методы (например, выделение внимания и перечитывание) были выбраны потому, что учащиеся часто полагаются на них, поэтому особенно важно проверить, насколько хорошо они работают. Эти методы включают подробный опрос, самообъяснение, обобщение, выделение (или подчеркивание), мнемонику ключевых слов, использование образов для изучения текста, перечитывание, практическое тестирование, распределенную практику и чередующуюся практику. Чтобы предложить рекомендации относительно относительной полезности этих методов, оценено, распространяются ли их преимущества на четыре категории переменных: условия обучения, характеристики учащихся, материалы и критериальные задачи. Условия обучения включают аспекты среды обучения, в которой реализуется этот метод, например, учится ли студент самостоятельно или в группе. Характеристики учащихся включают такие переменные, как возраст, способности и уровень предварительных знаний. Материалы варьируются от простых концепций до математических задач и сложных научных текстов. Критериальные задачи включают в себя различные показатели результатов, которые имеют отношение к успеваемости учащихся, например, те, которые используют память, решение проблем и понимание.

В статье [3] обсуждаются вопросы учащихся, которые играют важную роль в осмысленном обучении и научных исследованиях. Они являются потенциальным ресурсом как для преподавания, так и для изучения науки. Несмотря на то, что вопросы учащихся способствуют улучшению обучения, большая часть этого потенциала все еще остается неиспользованной. Цель статьи [3], таким образом, состоит в том, чтобы изучить и проанализировать существующие исследования по вопросам, волнующим студентов, и изучить пути продвижения будущей работы в этой области. Статья начинается с подчеркивания важности и роли вопросов учащихся с точки зрения как учащегося, так и учителя. Затем рассматриваются эмпирические исследования вопросов, задаваемых студентами, с акцентом на четыре области: природа и типы этих вопросов; эффекты

обучения студентов навыкам задавать вопросы; связь между вопросами студентов и выбранными переменными; и ответы учителей на вопросы учеников и их восприятие ими. После этого обсуждаются некоторые проблемы и последствия вопросов учащихся для обучения в классе. В заключение в статье [3] предлагаются несколько направлений будущих исследований, которые имеют важное значение для обучения студентов.

В статье [4] обсуждаются представления и опыт старшеклассников, использующих рефлексивное письмо, а также лабораторные материалы для понимания ньютоновских концепций силы и движения. Изучение сил в механике на уровне средней школы включает в себя различные стратегии обучения и мероприятия, направленные на улучшение концептуального понимания учащихся. Одно исследование было сосредоточено на использовании рефлексивного письма и лабораторных занятий для решения проблем учащихся с силами и движениями, что привело к улучшению отношения к изучению предмета [4].

В статье [4] обсуждаются восприятие и опыт старшеклассников, использующих рефлексивное письмо и лабораторные работы, чтобы попытаться понять ньютоновские концепции силы и движения. Последовательность и содержание этих занятий сосредоточены на решении ключевых проблем учащихся, связанных с силами и движением. В статье [4] описаны результаты исследования, в котором принимают участие 210 учащихся одиннадцатого класса средней школы из трёх частных школ Монреаля, которые прошли курс физики в 2017-2018 или 2018-2019 годах. Их идеи и мнения о силах и изучаемой физике были изучены до и после исследования с помощью: трёх вопросов из опроса концепций сил; концептуальная карта, сосредоточенная на отношениях между силой и движением; полуструктурированные интервью до и после, проведенные с 12 участниками. Собранные данные и интервью показывают, что процесс сочетания лабораторных занятий с рефлексивным письмом улучшает отношение учащихся к изучению физики.

В статье [5] представлены результаты исследования, проводящегося в рамках теории мировоззрения, которую поддерживают социокультурные конструктивисты. Классы естественных наук в средних школах Свазиленда в значительной степени однородны в культурном отношении, где учащиеся и их учителя имеют прочные знания традиционной культуры Свазиленда. Целью исследования, представленного в статье [5], было выяснить, влияют ли на представления учащихся 11 классов по отдельным темам механики мировоззренческие предпосылки, преобладающие в их социокультурной среде. Учащимся была представлена социокультурно-ориентированная стратегия преподавания/обучения, которая интегрировала избранные предпосылки знаний коренных народов в школьную науку. Учащимся был предложен тест на успеваемость до и после занятий по физике. В конце мероприятия с некоторыми учащимися было проведено интервью в фокус-группе. Данные по выбранным вопросам теста успеваемости до и после по физике были проанализированы количественно и качественно. Ответы учащихся на интервью в фокус-группе и открытые вопросы до и после тестов по физике были проанализированы на более позднем этапе с использованием теории аргументации. Результаты исследования показывают, что постконцепции учащихся по выбранным темам механики находились под влиянием их местных мировоззренческих предпосылок и могли быть проанализированы в соответствии с категориями мировоззрения теории аргументации непрерывности.

В статье [6] обсуждается использование теста для оценки концептуальных знаний старшеклассников по механической физике и эффективности стратегий преподавания по их обучению. Опрос концепций сил является тестом, позволяющим определить уровень концептуальных знаний учащихся о механической физике и оценить эффективность различных стратегий обучения по концептуальному компоненту обучения. Тест

применяется с целью узнать уровень концептуализации учащихся по физике. Результаты предварительного тестирования, полученные в статье [6], позволили выяснить уровень концептуализации, которым обладали учащиеся, и предоставили информацию для разработки мастер-классов на основе реальных физических ситуаций, требующих разработки силовых диаграмм. Результаты пост-тестирования позволили оценить успеваемость и предоставили свидетельства концептуальной эволюции учащихся и информацию для разработки будущей педагогической деятельности по законам Ньютона.

В работе [7] исследуются подходы студентов к решению задачи по физике с использованием различных представлений. В работе [7] использован метод отслеживания движений глаз для исследования подходов учащихся к решению задачи по физике с использованием различных представлений. В работе [7] представлены результаты исследования, в котором приняли участие восемь старшеклассников из Финляндии. В работе [7] обнаружено, что учащиеся, которые предпочитали текстовое или графическое представление, рассматривали варианты по-разному, но использовали оба представления, чтобы быть уверенными в своём решении. Переходы между вариантами текста и графика были разными для студентов, предпочитающих либо текстовое, либо графическое представление. Интервью выявили типичные заблуждения относительно концепции силы. Представлены последствия для обучения физике.

В работе [8] основное внимание уделяется использованию метода кластерного анализа для изучения концептуального понимания механики Ньютона первокурсниками инженерных специальностей. В работе [8] показано, что метод кластерного анализа можно использовать для изучения ответов учащихся на инвентарь концепций сил, чтобы изучить их понимание ньютоновской механики и дать новое представление об использовании инвентаря концепций сил. Инвентаризация концепций сил — это анкета с несколькими вариантами ответов, обычно используемая для оценки концептуального понимания учащимися механики Ньютона. В работе [8] показано, что метод кластерного анализа можно использовать для изучения ответов учащихся на перечень концепций сил, чтобы изучить их понимание ньютоновской механики и дать новое представление об использовании инвентаря концепций сил. В работе [8] выделили группы студентов, характеризующиеся как схожими правильными, так и неправильными ответами на вопросы анкеты, анализ которых позволил выявить студенческие заблуждения и ненормативные представления. Такой анализ ответов студентов дал представление о взаимосвязи между представлениями студентов о понятии силы и их способностью правильно отвечать на вопросы, связанные с первым и вторым законами Ньютона.

В статье [9] исследуется изучение ньютоновской механики старшеклассниками, особенно в связи с их внешкольным научным опытом. В статье [9] представлены результаты исследования, разработанного для того, чтобы провести вводный анализ того, как внешкольный научный опыт старшеклассников, особенно связанный с физическими науками, связан с изучением ими ньютоновской механики. Был проведён факторный анализ модифицированного исследования научного опыта, в результате которого были выделены три фактора: атрибуты обучения, связанные с наукой, опыт физических наук, опыт природы. Изучение учащимися механики Ньютона оценивалось по баллам, полученным в результате проведения до и после обучения по опросу концепций сил. Дисперсионный анализ показал, что женщины и мужчины на курсах физики с отличием продемонстрировали одинаковые результаты, в то время как мужчины на курсах с отличием продемонстрировали более высокие результаты, чем женщины. Когда общие баллы учащихся по исследованию научного опыта и факторам исследования научного опыта коррелировали с их баллами по предварительному тесту из опроса концепций сил и баллами по успеваемости, было обнаружено, что балл исследования научного опыта по физическому опыту в области естественных наук значимо связан с баллом

по предварительному тесту из опроса концепций сил. Никакие другие корреляции не были значимыми.

В статье [10] утверждается, что механика должна быть неотъемлемой частью математики средней школы, поскольку она является образцом математического моделирования и обеспечивает понимание взаимосвязи между математикой и наукой. Механика является образцом математического моделирования, логической точкой входа в культуру научного мышления и предоставляет средства для развития понимания взаимосвязи между математикой, теоретическими объектами науки и тем, как наука и математика говорят о мире. Механика никогда не была самым популярным предметом в программе уровня А по математике — государственном экзамене в Великобритании для учащихся 16–18 лет, проводимом как студентами, так и преподавателями. Попытки популяризировать механику провалились, и вполне возможно, что в обозримом будущем этот предмет будет исключен из программы уровня А. В статье [10] доказывается важность механики и почему она должна быть неотъемлемой частью математики средней школы: Механика является образцом математического моделирования, является логической точкой входа для приобщения к научному мышлению и предоставляет средства для развития понимания взаимосвязи между математикой, теоретические объекты науки и то, как наука и математика говорят о мире. Оно позволяет учащимся всех диапазонов способностей мыслить абстрактно, и поэтому его следует преподавать до шестого класса, то есть до постобязательного уровня образования в Великобритании.

В работе [11] обсуждается эффективность подхода интерактивного концептуального обучения для изучения концепции силы в механике на уровне средней школы. В работе [11] представлены результаты исследования, состоящего из теоретической и эмпирической части. Целью теоретического исследования было охарактеризовать концептуальную связность качественных знаний студентов в случае концепции силы и способы её оценки. Концептуальную связность учащихся можно разделить на три аспекта: репрезентативная связность, то есть способность использовать несколько представлений и перемещаться между ними; контекстуальная связность, то есть способность применять концепции в различных контекстах (знакомых и новых), а также согласованность концептуальных рамок, которая направлена на интеграцию отношений и дифференциацию между соответствующими концепциями. Определенные группы вопросов из опроса концепций силы, опроса концептуальной оценки силы и движения и теста на понимание кинематики графиков использовались для проверки контекстуальной и репрезентативной согласованности концепции силы у учащихся. В дополнение к тестам с несколькими вариантами ответов также использовались письменные вопросы с расширенными ответами и интервью для получения дополнительных данных.

В статье [12] обсуждается исследование по изучению физики с использованием моделирующего модуля. Овладение концепцией физики и умение применять эти знания в повседневной жизни могут способствовать развитию страны. Однако навыки учащихся средних школ по предмету физика менее впечатляющие. Дело в том, что опыт обучения в классе, также известный как обычное обучение, оставляет на учащихся значимое впечатление. Так, исследование на тему «Силы и движение — силы в равновесии» было проведено среди учащихся четвёртого класса средней школы на севере полуострова Малайзия. Качественные данные посредством глубинных полуструктурированных интервью были получены у четырёх учащихся экспериментальной группы.

Статья [13] посвящена восприятию учителями французского языка учащихся, изучающих силу. Многие исследователи исследовали рассуждения студентов по механике Ньютона. В 1979 году Вьенно обнаружил, что большинство студентов связывают понятие силы со скоростью или ускорением движения.

В статье [14] предполагается, что изучение импульса перед силой в преподавании

механики на уровне средней школы может улучшить понимание механики учащимися. Несомненно, центральная роль физики в развитии научной грамотности подрывается её предполагаемой сложностью. Исследование использования учащимися старших классов понятий импульса и силы показывает, что в случае механики причина непопулярности физики и её имиджа как «сложного» предмета во многом связана с несовместимостью способов её преподавания. в стандартной модели и когнитивных представлениях учащихся. Анализ понимания и использования силы и импульса старшеклассниками убедительно показывает, что законы сохранения должны предшествовать динамике и кинематике в учебной программе по физике из-за когнитивного приоритета импульса над силой. Этот вывод основан на двух выводах: учащиеся лучше справлялись с инерцией, чем с силой, в предучебных занятиях; изменение порядка введения тем показывает, что рассмотрение импульса перед силой превосходит стандартный подход в улучшении понимания механики учащимися. Таким образом, исследование даёт педагогическое обоснование преподавания физики, соответствующее современной теории обучения.

В статье [15] обсуждается использование символического изображения взаимодействий в средней школе для преподавания понятия силы в механике. Когда учащиеся средних школ формируют свои представления о том, что в конечном итоге станет понятием силы, изображения стрел на стандартных диаграммах несут с собой бессознательные атрибуты направления движения и принадлежности к объекту, к которому они привязаны, что искажает развивающееся понятие. В статье [15] описывается, как используется символическое представление взаимодействий с помощью двунаправленных стрелок, что позволяет избежать передачи этих нежелательных сообщений, но передаёт взаимность взаимодействий в механике и легко переходит к традиционному представлению, когда концепция силы учащихся становится более солидной.

Методы и материалы

Компетентностно-деятельностный подход, активно используемый в сфере образования, является одним из наиболее эффективных способов достижения необходимости постоянного профессионального развития педагогов, повышения их квалификации, а также совершенствования методик и подходов к обучению. Суть компетентностно-деятельностного подхода заключается в формировании у учителей набора компетенций, необходимых для успешного выполнения своих профессиональных обязанностей. Под компетенцией в данном контексте понимается совокупность знаний, умений, навыков и личностных качеств, позволяющих педагогу успешно решать поставленные перед ним задачи. Одним из ключевых преимуществ компетентностно-деятельностного подхода является его ориентированность на результат. Вместо того чтобы просто изучать теоретические аспекты профессии, учитель активно участвует в различных видах деятельности, направленных на развитие его профессиональных компетенций. Это может включать в себя участие в семинарах, конференциях, мастер-классах, разработку и реализацию собственных проектов, а также обмен опытом с коллегами.

Изучение сил в механике является одним из ключевых моментов в курсе физики для седьмого класса общеобразовательной школы, поскольку оно позволяет учащимся понять основы взаимодействия тел в природе и обществе. В процессе изучения этой темы ученики знакомятся с такими понятиями, как сила, масса, импульс, трение и другими, что позволяет ученикам лучше понять законы движения и взаимодействия тел. Одним из основных методов формирования функциональной грамотности при изучении сил в механике является применение практических задач. Вопрос перед учителем состоит в том, как развивать функциональную грамотность. Для этого необходимы эффективные методы и приёмы обучения физике. Функциональная грамотность включает

такие области, как математика, финансы, чтение, естественнонаучные знания. Давайте более подробно рассмотрим естественнонаучную функциональную грамотность. Международное понимание естественнонаучной грамотности включает в себя ряд умений и компетенций, которые соответствуют требованиям федерального государственного образовательного стандарта к предметным результатам обучения физике.

Современному педагогу необходимо создать условия, чтобы все учащиеся активно участвовали в процессе получения знаний. Учебная деятельность на уроках физики должна быть продуктивной и включать следующие виды деятельности: объяснение и описание физических явлений, использование и конструирование моделей физических явлений и физических процессов, прогнозирование результатов изменений физических величин, формулирование выводов на основе доступных данных, анализ и оценка достоверности полученных выводов, выдвижение гипотез и определение способов их проверки, формулирование цели исследования, составление плана, обсуждение физических вопросов.

Результаты разработки системы упражнений по физике

Учебный материал должен способствовать организации такой деятельности и включать задания, развивающие компетенции в области естественнонаучной грамотности. Опишем примеры упражнений, способствующих развитию функциональной грамотности на уроках физики в седьмом классе общеобразовательной школы.

Упражнение 1. Выберите из приведённых ниже понятий: единицы измерения, физические величины, физические приборы, явления. Перечень понятий: сантиметр, длина, штангенциркуль, грамм, рычажные весы, взаимодействие, сила, скорость, месяц, спидометр, тяготение, взвешивание, охлаждение. Заполните таблицу из четырёх колонок. В первую колонку таблицы поместите единицы измерения физических величин. Во вторую колонку таблицы поместите физические величины. В третью колонку таблицы поместите физические приборы и устройства. В четвёртую колонку таблицы поместите физические процессы и явления.

Упражнение 2. В качестве приборов и оборудования используйте карандаш, линейку и нить. При помощи указанных приборов определите толщину нити методом ряда.

Упражнение 3. Во время изучения свойств жидкости студенты поместили на стекло несколько капель воды и оставили их на столе. Со временем капельки исчезли. Учитель спросил учеников, какие выводы и предположения они могут сделать, опираясь на знания физики. Один из учеников ответил, что если капля высохла, значит, вода может исчезнуть сама по себе. Оцените ответ ученика. Согласны ли вы с ним?

Упражнение 4. При изучении явления диффузии учитель плеснул одеколон на доску и попросил учеников поднять руки, когда они почувствуют запах. Ученики отметили, что те, кто находился ближе к доске, почувствовали запах быстрее. Из этого они сделали вывод, что молекулы одеколона проходят разные расстояния во время движения. Один из учеников заинтересовался вопросом: какая скорость движения у молекул одеколона? Он решил измерить скорость диффузии. Как вы думаете, какие приборы ученик будет использовать? Что он будет измерять? Как он будет рассчитывать скорость диффузии?

Упражнение 5. Эксперимент по сравнению силы трения качения и силы трения скольжения. На столе перед учащимися находятся следующие тела: деревянный брусок и деревянный каток одинаковой массы, а также динамометр и деревянная доска. Во-первых, поочередно подвесим брусок и каток к динамометру и сравним показания устройства. Во-вторых, разместим брусок на доске и крепко прикрепим к нему динамометр. Во время равномерного скольжения бруска измерим силу трения скольжения и занесём полученные значения. В-третьих, заменив брусок на каток, также прикрепим к нему динамометр. Во время равномерного движения катка измерим силу трения каче-

ния и запишем результат. В-четвёртых, сопоставим полученные значения силы трения скольжения и силы трения качения и объясним полученные результаты.

Упражнение 6. Встретились два ученика, один из которых хочет поднять тяжелый камень. Требуется рассчитать, какой рычаг должен использовать ученик, чтобы поднять камень, зная массу камня и силу, которую ученик может приложить.

Упражнение 7. Две равные по массе тележки находятся на некотором расстоянии друг от друга. К одной тележке приложена некоторая сила, а ко второй нет. Будут ли они двигаться с одинаковой скоростью после того, как на них перестанут действовать силы? Ответ поясните.

Упражнение 8. К одному концу веревки привязали камень, а к другому концу веревки груз. Если веревка натянута, то, что произойдет с камнем и грузом, если веревку перерезать? Ответ поясните.

Упражнение 9. Если к телу приложена механическая сила, то оно начинает двигаться. Будет ли тело двигаться, если механическая сила не приложена к телу?

Упражнение 10. На тело действуют две силы, которые направлены в одну сторону. Какая из этих сил будет больше влиять на движение тела — большая или меньшая?

Упражнение 11. Два тела находятся на горизонтальном столе, на некотором расстоянии друг от друга. Если к одному из них приложить силу, то какое из тел начнет двигаться первым — то, к которому приложили силу, или то, которое не трогали?

Заключение

Представлены упражнения по силам в механике, разработанные для развития функциональной грамотности на уроках физики в седьмом классе общеобразовательной школы. Разработанный набор задач по развитию функциональной грамотности по силам в механике позволяет ученикам более глубоко понять принципы действия сил в различных ситуациях, а также научиться применять эти знания на практике. Это способствует развитию критического мышления, умения анализировать и оценивать информацию, а также формированию навыков решения физических задач с использованием физических принципов действия механических сил в различных ситуациях.

Выводы формулируются следующим образом:

1. Применение практико-ориентированных методов в процессе формирования функциональной грамотности способствует повышению уровня знаний, умений и мотивации учащихся к изучению физики, а также позволяет применять полученные знания на практике.
2. Использование разработанного комплекса задач и упражнений на уроках физики повышает эффективность процесса обучения, делает его более интересным и увлекательным для учащихся, а также способствует развитию их критического мышления и аналитических навыков. Результаты эксперимента подтверждают эффективность предложенных методов формирования функциональной грамотности и позволяют рекомендовать их для использования в учебном процессе.

Используя упражнения для формирования функциональной грамотности во время уроков физики, преподаватель открывает перед своими учениками широкие возможности для рефлексии, позволяя ученикам задавать вопросы по физике, расширять свой кругозор, переосмыслить свои знания и сформулировать собственные выводы по обсуждаемым физическим явлениям. В результате учащиеся активно вовлекаются в процесс обучения физике и значительно повышают свою функциональную грамотность на уроках физики при изучении сил в механике в седьмом классе общеобразовательной школы. Такой подход намного лучше формирует функциональную грамотность на уроках физики при изучении сил в механике в седьмом классе общеобразовательной школы.

Гипотеза исследования, заключающаяся в том, что если использовать упражнения и задания для формирования функциональной грамотности учащихся на уроках физики, то это будет способствовать повышению уровня теоретических знаний и практических умений учащихся в области физики, а также развитию мотивации к изучению физики, подтверждена полностью.

Проведённый анализ результатов педагогического эксперимента показал эффективность внедрения предложенных приёмов формирования функциональной грамотности в области физики в седьмом классе общеобразовательной школы.

Перспективы развития функциональной грамотности в рамках компетентностно-деятельностного подхода включают в себя создание новых подходов к обучению, которые бы стимулировали учеников к активному участию в процессе обучения физике, а также к самостоятельному поиску и анализу информации по физике. Кроме того, необходимо разработать методики оценки функциональной грамотности, которые бы учитывали индивидуальные особенности учеников и их уровень подготовки.

Результаты исследования показали, что применение методики развития функциональной грамотности на основе разработанных упражнений на уроках физики позволяет повысить мотивацию учащихся, развить навыки критического мышления, анализа и оценки теоретической информации по физике. Таким образом, развитие функциональной грамотности является важным аспектом обучения физике в общеобразовательных школах. Развитие функциональной грамотности способствует формированию ключевых навыков и умений, необходимых учащимся для успешного решения физических задач. Методика развития функциональной грамотности на основе разработанных упражнений, разработанная в рамках данного исследования, может быть использована учителями физики для повышения качества обучения и мотивации учащихся.

Список использованных источников

1. Integrating physics and literacy learning in a physics course for prospective elementary and middle school teachers / Emily H. van Zee [et al.] // *Journal of Science Teacher Education*. — 2013. — may. — Vol. 24, no. 4. — P. 665–691. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10972-012-9323-y>.
2. Improving students' learning With effective learning techniques: promising directions from cognitive and educational psychology / John Dunlosky [et al.] // *Psychological Science in the Public Interest*. — 2013. — jan. — Vol. 14, no. 1. — P. 4–58. — URL: <http://dx.doi.org/10.1177/1529100612453266>.
3. Chin Christine, Osborne Jonathan. Students' questions: a potential resource for teaching and learning science // *Studies in Science Education*. — 2008. — mar. — Vol. 44, no. 1. — P. 1–39. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/03057260701828101>.
4. El-Helou Joseph, Kalman Calvin S. High school students' perceptions and experiences of using combined RW and laboratorials to understand Newton's laws of motion // *Canadian Journal of Physics*. — 2023. — oct. — Vol. 101, no. 10. — P. 590–603. — URL: <http://dx.doi.org/10.1139/cjp-2022-0255>.
5. Fakudze Cynthia. The influence of local worldview presuppositions on learners' conceptions of selected mechanics topics // *South African Journal of Education*. — 2021. — may. — Vol. 41, no. 2. — P. 1–11. — URL: <http://dx.doi.org/10.15700/SAJE.V41N2A1885>.
6. Prada Nunez R., Hernandez-Suarez C. A., Gamboa Suarez A. A. Newton's law learning assessment: an experience with high school students // *Journal of Physics: Conference*

- Series. — 2022. — jan. — Vol. 2153, no. 1. — P. 012020. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/2153/1/012020>.
7. Eye-movement study of mechanics problem solving using multimodal options / Jouni Viiri [et al.] // *Challenges in Physics Education*. — Springer International Publishing, 2020. — P. 145–154. — ISBN: 9783030511821. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-51182-1_12.
 8. Battaglia Onofrio Rosario, Fazio Claudio. A study on engineering freshman conceptual understanding of Newtonian mechanics // *Challenges in Physics Education*. — Springer International Publishing, 2021. — P. 185–197. — ISBN: 9783030787202. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-78720-2_13.
 9. Phillips K. A., Barrow L. H. Investigating high school students' science experiences and mechanics understanding // *School Science and Mathematics*. — 2006. — apr. — Vol. 106, no. 4. — P. 202–208. — URL: <http://dx.doi.org/10.1111/J.1949-8594.2006.TB18076.X>.
 10. Rowlands S. Why mechanics should be integral to secondary school mathematics // *Teaching Mathematics and its Applications*. — 2008. — aug. — Vol. 27, no. 4. — P. 187–199. — URL: <http://dx.doi.org/10.1093/TEAMAT/HRN021>.
 11. Savinainen Antti. High school students' conceptual coherence of qualitative knowledge in the case of the force concept // *Nordic Studies in Science Education*. — 2005. — nov. — Vol. 1, no. 2. — P. 100. — URL: <http://dx.doi.org/10.5617/NORDINA.501>.
 12. Mat Ishak Siti Mardihah, Yaacob Aizan. Enhancing ESL students' speaking motivation through Instagram // *Practitioner Research*. — 2022. — jul. — Vol. 4. — P. 53–69. — URL: <http://dx.doi.org/10.32890/pr2022.4.4>.
 13. Ndiaye Yakhoub, Herold Jean-Francois, Chatoney Marjolaine. French teacher perceptions of student learning about force: a preliminary study // *Research in Science and Technological Education*. — 2020. — jun. — Vol. 40, no. 1. — P. 103–126. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/02635143.2020.1779050>.
 14. Espinoza Fernando. Enhancing mechanics learning through cognitively appropriate instruction // *Physics Education*. — 2004. — mar. — Vol. 39, no. 2. — P. 181–187. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/39/2/007>.
 15. Jimenez-Valladares Juan de Dios, Perales-Palacios F. Javier. Graphic representation of force in secondary education: analysis and alternative educational proposals // *Physics Education*. — 2001. — apr. — Vol. 36, no. 3. — P. 227–235. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/36/3/309>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: zamaldinova17@gmail.com

ORCID iD  0000-0003-3879-0557

Web of Science ResearcherID  JYO-9361-2024

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

Formation of functional literacy in physics lessons when studying forces in mechanics in the seventh grade of a secondary school

Yu. M. Zamaldinova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted December 29, 2023
Resubmitted February 27, 2024
Published March 12, 2024

Abstract. Information is presented on the formation of functional literacy of schoolchildren using modern teaching methods in the process of teaching physics in physics lessons. A set of exercises on forces in mechanics is presented, designed for the development of functional literacy in physics lessons in the seventh grade of a secondary school.

Keywords: physics, mechanics, physics teaching, functional literacy, competencies, lesson, teaching techniques, knowledge, skills

@auxrussian@auxenglish

References

1. Integrating physics and literacy learning in a physics course for prospective elementary and middle school teachers / Emily H. van Zee [et al.] // *Journal of Science Teacher Education*. — 2013. — may. — Vol. 24, no. 4. — P. 665–691. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10972-012-9323-y>.
2. Improving students' learning With effective learning techniques: promising directions from cognitive and educational psychology / John Dunlosky [et al.] // *Psychological Science in the Public Interest*. — 2013. — jan. — Vol. 14, no. 1. — P. 4–58. — URL: <http://dx.doi.org/10.1177/1529100612453266>.
3. Chin Christine, Osborne Jonathan. Students' questions: a potential resource for teaching and learning science // *Studies in Science Education*. — 2008. — mar. — Vol. 44, no. 1. — P. 1–39. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/03057260701828101>.
4. El-Helou Joseph, Kalman Calvin S. High school students' perceptions and experiences of using combined RW and laboratorials to understand Newton's laws of motion // *Canadian Journal of Physics*. — 2023. — oct. — Vol. 101, no. 10. — P. 590–603. — URL: <http://dx.doi.org/10.1139/cjp-2022-0255>.
5. Fakudze Cynthia. The influence of local worldview presuppositions on learners' conceptions of selected mechanics topics // *South African Journal of Education*. — 2021. — may. — Vol. 41, no. 2. — P. 1–11. — URL: <http://dx.doi.org/10.15700/SAJE.V41N2A1885>.

6. Prada Nunez R., Hernandez-Suarez C. A., Gamboa Suarez A. A. Newton's law learning assessment: an experience with high school students // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2022. — jan. — Vol. 2153, no. 1. — P. 012020. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/2153/1/012020>.
7. Eye-movement study of mechanics problem solving using multimodal options / Jouni Viiri [et al.] // *Challenges in Physics Education*. — Springer International Publishing, 2020. — P. 145–154. — ISBN: 9783030511821. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-51182-1_12.
8. Battaglia Onofrio Rosario, Fazio Claudio. A study on engineering freshman conceptual understanding of Newtonian mechanics // *Challenges in Physics Education*. — Springer International Publishing, 2021. — P. 185–197. — ISBN: 9783030787202. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-78720-2_13.
9. Phillips K. A., Barrow L. H. Investigating high school students' science experiences and mechanics understanding // *School Science and Mathematics*. — 2006. — apr. — Vol. 106, no. 4. — P. 202–208. — URL: <http://dx.doi.org/10.1111/J.1949-8594.2006.TB18076.X>.
10. Rowlands S. Why mechanics should be integral to secondary school mathematics // *Teaching Mathematics and its Applications*. — 2008. — aug. — Vol. 27, no. 4. — P. 187–199. — URL: <http://dx.doi.org/10.1093/TEAMAT/HRN021>.
11. Savinainen Antti. High school students' conceptual coherence of qualitative knowledge in the case of the force concept // *Nordic Studies in Science Education*. — 2005. — nov. — Vol. 1, no. 2. — P. 100. — URL: <http://dx.doi.org/10.5617/NORDINA.501>.
12. Mat Ishak Siti Mardihah, Yaacob Aizan. Enhancing ESL students' speaking motivation through Instagram // *Practitioner Research*. — 2022. — jul. — Vol. 4. — P. 53–69. — URL: <http://dx.doi.org/10.32890/pr2022.4.4>.
13. Ndiaye Yakhoub, Herold Jean-Francois, Chatoney Marjolaine. French teacher perceptions of student learning about force: a preliminary study // *Research in Science and Technological Education*. — 2020. — jun. — Vol. 40, no. 1. — P. 103–126. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/02635143.2020.1779050>.
14. Espinoza Fernando. Enhancing mechanics learning through cognitively appropriate instruction // *Physics Education*. — 2004. — mar. — Vol. 39, no. 2. — P. 181–187. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/39/2/007>.
15. Jimenez-Valladares Juan de Dios, Perales-Palacios F. Javier. Graphic representation of force in secondary education: analysis and alternative educational proposals // *Physics Education*. — 2001. — apr. — Vol. 36, no. 3. — P. 227–235. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/36/3/309>.

Information about authors:

Yulia Maratovna Zamaldinova — Master's student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: zamaldinova17@gmail.com

ORCID iD  0000-0003-3879-0557

Web of Science ResearcherID  JYO-9361-2024

@auxrussian@auxenglish

Научная статья
УДК 372.853
ББК 74.47
ГРНТИ 14.25.09
ВАК 5.8.2.
PACS 01.40.E-
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Апробация электронного образовательного ресурса по агрегатным состояниям вещества в восьмом классе общеобразовательной школы

Ю. О. Смолева ¹

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

Поступила в редакцию 21 февраля 2024 года

После переработки 25 февраля 2024 года

Опубликована 12 марта 2024 года

Аннотация. Рассмотрены особенности обучения физике в рамках темы по агрегатным состояниям вещества на английском языке. Описаны основные проблемы и сложности, с которыми сталкиваются учителя физики при преподавании на английском языке. Выделены основные достоинства и недостатки обучения физике в рамках темы по агрегатным состояниям вещества на английском языке.

Ключевые слова: физика, агрегатные состояния вещества, электронный образовательный ресурс, педагогический эксперимент

Введение

В настоящее время знание английского языка становится всё более важным и неотъемлемым компонентом современного образования. Английский язык является международным языком коммуникации, одним из наиболее распространённых и востребованных языков общения. Английский язык используется в различных сферах жизни, включая науку и образование, его знание становится необходимым в современном мире. Однако в сфере образования всё ещё существует недостаток качественных электронных образовательных ресурсов на английском языке, особенно в области естественных наук, включая физику.

Разработка образовательного ресурса по физике на английском языке для учащихся восьмого класса общеобразовательной школы является актуальной задачей, которая позволит учащимся овладеть не только физическими знаниями, но и развить навыки чтения, письма, аудирования и говорения на английском языке. Это также способствует расширению кругозора и повышению уровня образования, а также развивает навыки владения английским языком учащихся.

¹E-mail: yulya.smoleva.99@mail.ru

Целью работы является разработка и апробация электронного образовательного ресурса по физике на английском языке для учащихся восьмого класса общеобразовательной школы.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. обзор научной, психолого-педагогической, научно-методической и специальной литературы по методам преподавания физики на английском языке;
2. разработка и реализация структуры и содержания электронного образовательного ресурса по физике на основе существующих образовательных материалов по физике на английском языке;
3. проведение апробации и оценки эффективности электронного образовательного ресурса по физике.

Объектом исследования является образовательный процесс по физике с использованием электронного образовательного ресурса для учащихся восьмого класса общеобразовательной школы. Предметом исследования является процесс создания, разработки, наполнения и апробации электронного образовательного ресурса по физике, его структура, содержание и методика обучения, а также эффективность его использования в процессе обучения физике на английском языке.

Гипотеза исследования состоит в том, что если применять электронный образовательный ресурс на английском языке в обучении физике в общеобразовательной школе, то будет наблюдаться увеличение наглядности образовательного процесса по физике и повысится уровень усвоения материала, интереса к физике за счёт использования английского языка, что поможет обучающимся развить навыки чтения, письма, аудирования и говорения на английском языке, связанными с предметной областью по физике.

В исследовании использованы следующие методы: теоретический метод исследования (обзор литературных источников, анализ, синтез, классификация, обобщение), эмпирический метод исследования (наблюдение, тестирование, педагогический эксперимент). Практическая значимость работы состоит в том, что созданный электронный образовательный ресурс по физике соответствует всем поставленным целям и задачам, материалы работы могут быть использованы при проведении уроков физики и во внеурочной деятельности в общеобразовательной школе. Результаты исследования могут помочь определить эффективность использования электронного образовательного ресурса по физике на английском языке в обучении физике.

Обзор

Внедрение многоязычного обучения является важным шагом в развитии системы образования, получения новых знаний, а также развитии мотивации к обучению в целом. Преподавание физики на английском языке открывает новые возможности, как для преподавателей, так и для самих учащихся. Тем не менее, учителя сталкиваются с трудностями в обучении физике на английском языке, особенно с точки зрения произношения, объяснения нового материала и подготовки к урокам.

Структура и содержание электронного образовательного ресурса «Обучение учащихся методам решения прикладных физических задач», разработанного с использованием платформы системы управления электронным обучением MOODLE для обучения студентов — будущих учителей физики, описаны в статье [1].

В статье [2] представлена работа над образовательным мобильным приложением на базе игрового движка Unity с использованием платформы Vuforia. Проведены соответствующие исследования по электронным образовательным ресурсам и технологиям дополненной реальности. Авторы также изучили мировой опыт использования технологии в различных областях её применения, в образовании в целом и в физике в частности.

В результате работы [2] разработан электронный образовательный ресурс для средних образовательных учреждений. Оно было реализовано как приложение для проведения комплекса лабораторных работ по физике с использованием дополненной реальности.

В статье [3] рассматриваются научно-методические основы использования электронных учебников и виртуальных лабораторных работ в формировании прикладной направленности у студентов. Если проводить физический эксперимент и фронтальные лабораторные работы с использованием виртуальных моделей и электронных книг через компьютер, то можно компенсировать недостаток оборудования в физической лаборатории и, таким образом, научить студентов самостоятельно производить физические знания в физическом эксперименте на виртуальных моделях; это реальная возможность создать у студентов необходимую прикладную направленность и повысить уровень студентов по физике. Во-первых, внедрение компьютерных технологий осуществляется в науках, в частности на уроках физики. Формирование практических навыков студентов по физике можно эффективно осуществлять, если в учебный процесс включены виртуальные версии демонстрационного эксперимента. Виртуальная среда компьютера позволяет быстро видоизменять эксперимент, что обеспечивает значительную вариативность результатов, что существенно обогащает практику выполнения обучающимися логических операций анализа и формулирования выводов по результатам эксперимента.

В статье [4] рассматривается педагогический анализ виртуального лабораторного урока химии для учащихся восьмых классов. До недавнего времени такие формы обучения, как дистанционное обучение, заочное обучение и открытое обучение практически не различались. Но сейчас дистанционное обучение доказало свою важность и необходимость. Дистанционное обучение — это приобретение знаний обучающимися в ходе образовательного процесса с использованием современных информационных и телекоммуникационных технологий с территориальной разницей. В статье [4] рассмотрены результаты педагогического анализа виртуального урока химической лаборатории «Агрегатные состояния вещества» посредством виртуальной химической лаборатории 8 класса в условиях пандемии. В ходе исследования использовались метод вопросов и ответов, метод контроля и метод анализа документов. Ход применения и преимущества каждого метода полностью раскрыты в методическом разделе. В статье [4] рассмотрен опрос студентов по теме и его результаты. Для проведения научно-исследовательской работы были отобраны учащиеся 8 Б класса средней школы № 52 имени Б. Аралбаева села Суттикудук Жанакорганского района Кызылординской области. В статье [4] в рамках исследования проведён литературный обзор преимуществ и недостатков использования виртуальных лабораторий в технологии дистанционного обучения в средней школе. В статье [4] также сделан вывод, что при использовании дистанционного обучения, поскольку нет прямого общения между преподавателем и учеником, эффективно проведение занятий с использованием многих коллективных методов обучения. В статье [4] в ходе исследования около 90 % всех учащихся заявили, что виртуальная лаборатория очень эффективна и не возражает против использования в школах в будущем. В результате опроса выяснилось, что виртуальная лаборатория имеет некоторые преимущества в системе образования. Проведенный педагогический анализ может быть использован как востребованное пособие в технологии дистанционного обучения будущих учителей химии или как вспомогательный инструмент в понимании предпосылок виртуальной лаборатории.

В статье [5] описан электронный образовательный ресурс «Занимательная информатика» для общеобразовательных школ, использование которого направлено на реализацию системно-деятельностного подхода в образовательном процессе для достижения учащимися не только предметных результатов, но также метапредметных и личност-

ных. используются как преподавателями в учебном процессе, так и студентами для самостоятельной работы. Использование приложения на занятиях и вне занятий позволяет повысить эффективность обучения, создать продуктивную атмосферу и интерес учащихся к изучаемому материалу, способствует повышению познавательного интереса, формированию универсальных учебных действий учащихся, направлено при личностно-ориентированном и индивидуальном обучении. Приложение не требует специальной установки на локальный компьютер; для работы с приложением понадобится только современный браузер и доступ в Интернет. Студент может работать с ресурсом как в школе, так и дома, как на персональном компьютере, так и на смартфоне и планшете. Выполнять задания можно на интерактивной доске. Преподаватель может включать элементы ресурсов в свои курсы в системе управления обучением Moodle, добавляя их в качестве внешнего приложения.

В статье [6] представлено описание разработки рабочих листов на основе Sigil и Powtoon. В этих исследованиях и разработках использовалась модель ADDIE. Объектом исследования были учащиеся третьего класса начальной школы. В инструментах сбора данных использовались лист проверки и анкета. В методах анализа данных использовались качественные и количественные данные. Результаты оценки экспертов по материалам и экспертов по средствам массовой информации получили действительные критерии со средним баллом 86.36 % для экспертов по материалам и 87.5 % для экспертов по средствам массовой информации. Ответы учащихся на этом листе составили 92.91 % в категории «очень интересно». На основании этих результатов можно сделать вывод, что рабочие листы на основе Sigil и Powtoon подходят для использования в качестве учебных материалов.

В статье [7] были разработаны стратегии электронного обучения для учебного модуля «Структура и состояния материи». Достижения учащихся и процент ошибочных представлений сравнивались между экспериментальными группами, обучавшимися с использованием учебных материалов через Интернет, используемых в качестве домашнего задания после обычного обучения в школе (экспериментальная группа 1, экспериментальная группа 2), и в школьных условиях, где обучалась контрольная группа с педагого-ориентированным подходом. Результаты показали, что обучение в экспериментальных группах, обучавшимися с использованием учебных материалов через Интернет, имеет потенциал в преподавании, поскольку учащиеся экспериментальной группы 1 и экспериментальной группы 2 имели более высокие достижения, чем учащиеся контрольной группы, на тестах знаний. Соответствующие статистические процедуры использовались для контроля влияния вербального и невербального интеллекта учащихся, а также их предварительных знаний о корпускулярной природе материи. У всех групп учащихся также были выявлены определённые заблуждения, в основном связанные с передачей макроскопических свойств субмикроскопическим частицам.

Электрические свойства твёрдых тел обусловлены упругой поляризацией кластеров в случае металлов, тогда как свойства диэлектриков обусловлены ориентационной поляризацией индуцированных и встроенных электрических диполей. Ориентационная поляризация возникает в результате взаимодействия свободных встроенных электрических диполей с внешним электрическим полем. В статье [8] разработана физическая модель формирования диэлектрической проницаемости металлов, электролитов, плазмы, ферритов и сегнетоэлектриков. В частности, проведены теоретические расчёты диэлектрической проницаемости ряда ферритов и титаната бария.

Современные технологии неизбежно влияют на людей всех возрастов. В статье [9] представлены результаты исследования, изучающие цели учащихся восьмых классов, связанные с использованием мультимедийных инструментов, от персональных компьютеров до использования Интернета, во время выполнения ими домашних заданий. В

частности, в статье [9] пытаются выяснить, существует ли значимая связь между тем, «для каких целей восьмиклассники используют мультимедийные инструменты» и «какие личностные качества закрепляются при выполнении домашних заданий с помощью мультимедийных инструментов?», где гендерные различия также были приняты во внимание в анализ сопутствующих пунктов анкеты. В исследование вошли 435 учащихся, которые были случайным образом выбраны из пяти средних школ города Стамбул, Турция. В статье [9] в качестве метода сбора данных использовалась анкета с набором сопутствующих исследовательских вопросов. Результаты исследования показывают, что восьмиклассники при использовании мультимедийных платформ получают более интерактивную и независимую среду обучения, где они могут найти больше учебных пособий при выполнении домашних заданий. Гендерные данные исследования показывают, что в цифровых технологиях учащиеся-мужчины более активны и больше используют развлекательную сторону домашних заданий по сравнению со своими сверстницами-женщинами.

В статье [10] исследовано влияние альтернативных, локальных и недорогих экспериментов на альтернативные и неправильные представления учащихся седьмого класса о понятиях, связанных с материей, её свойствами и состояниями. Исследование проводилось по квазиэкспериментальному плану. Выборка состояла из двух седьмых классов, в которые вошли 56 учащихся, выбранных случайным образом. Один из классов (27 учащихся) служил экспериментальной группой, а другой класс (29 учащихся) — контрольной группой. Валидный и надёжный письменный открытый вопросник с множественным выбором был разработан и предоставлен как контрольной группе, так и экспериментальной группе до и после вмешательства (до и после теста). Результаты анализа данных ответов студентов показали, что они придерживаются многих альтернативных представлений, а также ошибочных представлений о понятиях, связанных с материей, её свойствами и состояниями. Результаты показали также, что существуют статистически значимые различия в понимании научных концепций между контрольной группой и экспериментальной группой в пользу экспериментальной группы. Эти результаты показали, что альтернативные недорогие эксперименты оказывают прямое и положительное влияние на представления студентов о научных концепциях.

В работе [11] основное внимание уделяется управлению метаданными учебных ресурсов для среднего образования в целом. Ресурсы цифрового обучения становятся всё более важными, особенно во времена домашнего обучения из-за COVID-19. Чтобы согласовать ресурсы с образовательными целями, определенными в школьных программах, нам нужны способы их описания и связи. В работе [11] представлены новая модель данных, рабочий процесс управления данными и прототип информационной системы, позволяющей аннотаторам описывать учебные ресурсы, используя терминологию и структуру, сохраняя при этом применимость в других контекстах посредством транскрипции. Результаты предварительной оценки с кураторами метаданных показывают, что наша модель хорошо подходит для эффективного моделирования учебных программ среднего образования. При условии, что будущие оценки с участием создателей контента, преподавателей и учащихся принесут положительные результаты, модель может обеспечить аналитику, поиск и рекомендации обучения по конкретной учебной программе без необходимости аннотировать ресурсы для каждой учебной программы.

В статье [12] описаны результаты исследования, развивающего эпистемологические убеждения учащихся восьмых классов посредством письменной деятельности. В исследовании использовался квазиэкспериментальный план исследования с участием одной группы до и после тестирования. Выборочная группа состояла в общей сложности из 18 учеников восьмых классов, посещающих среднюю школу в сельской части Трабзона в Турции. Чтобы улучшить эпистемологические убеждения студентов, были разработаны

письменные упражнения, которые использовались в разделе «Материя и её структура» научного предмета. Каждое упражнение «письмо для обучения» было сосредоточено на одном измерении эпистемологии, таком как источник знаний, организация знаний, достоверность знаний, скорость обучения и контроль обучения. Письменная деятельность в рамках исследования проводилась в общей сложности на протяжении 24 уроков. Для сбора данных использовались полуструктурированные интервью. Убеждения относительно каждого измерения эпистемологии были определены как находящиеся на уровне абсолютистов, мультилицистов или оценщиков с помощью «Рубки уровней эпистемологических убеждений». Результаты исследования показали, что занятия письмом для обучения повысили уровень эпистемологических убеждений студентов. Следовательно, эпистемологические убеждения студентов можно развивать дальше, уделяя больше внимания истории науки в рамках предмета науки, повышая осведомленность студентов.

В статье [13] изучалось использование электронных ресурсов в преподавании и изучении физики преподавателями и студентами средних школ под руководством Пемагатшела Дзонгхага. В статье [13] в исследовании применялся смешанный метод. Для сбора данных на местах использовались опросные анкеты, полуструктурированные интервью и контрольные списки наблюдений. Респонденты отбирались с использованием методов невероятностной удобной выборки и целенаправленной выборки. Количественные данные были статистически проанализированы и интерпретированы с использованием статистического пакета для социальных наук версии 22, а качественные данные были проанализированы тематически. Основные результаты показывают, что большинство учителей и учащихся знали и использовали электронные ресурсы для поддержки преподавания и изучения физики. Сайт Академии Хана больше всего изучали как преподаватели, так и студенты. Большинство студентов использовали журнальные статьи для выполнения своих проектов по физике. Результаты этого исследования пришли к выводу, что преподаватели и студенты положительно относятся к использованию электронных ресурсов. Они отметили, что использование электронных ресурсов делает уроки физики интерактивными и живыми.

Результаты разработки электронного ресурса

В современном мире образование постоянно развивается, и перед учителями стоит задача поиска эффективных методов преподавания физики. Одним из популярных подходов является использование электронных образовательных ресурсов, которые предоставляют платформу для преподавания физики и непрерывного обучения с помощью различных цифровых инструментов.

Приведём описание результатов проектирования электронного образовательного ресурса по физике на английском языке. Агрегатные состояния вещества является важной темой в физике, поскольку они помогают учащимся понять поведение вещества в различных условиях. Электронный образовательный ресурс ориентирован на предоставление интерактивных уроков, объясняющих физические свойства каждого состояния, а также фазовые переходы между ними. Электронный образовательный ресурс также включает практические демонстрации и эксперименты, которые позволяют учащимся наблюдать изменения в веществе при различных температурах и давлениях.

На рис. 1 изображена главная страница электронного образовательного ресурса по физике на английском языке. Электронный образовательный ресурс по физике на английском языке имеет вертикальное меню и горизонтальное меню для осуществления навигации по электронному образовательному ресурсу.

На рис. 2 изображена страница изучения нового материала по агрегатным состояниям вещества в составе электронного образовательного ресурса по физике на английском



Рис. 1. Главная страница электронного образовательного ресурса по физике на английском языке.

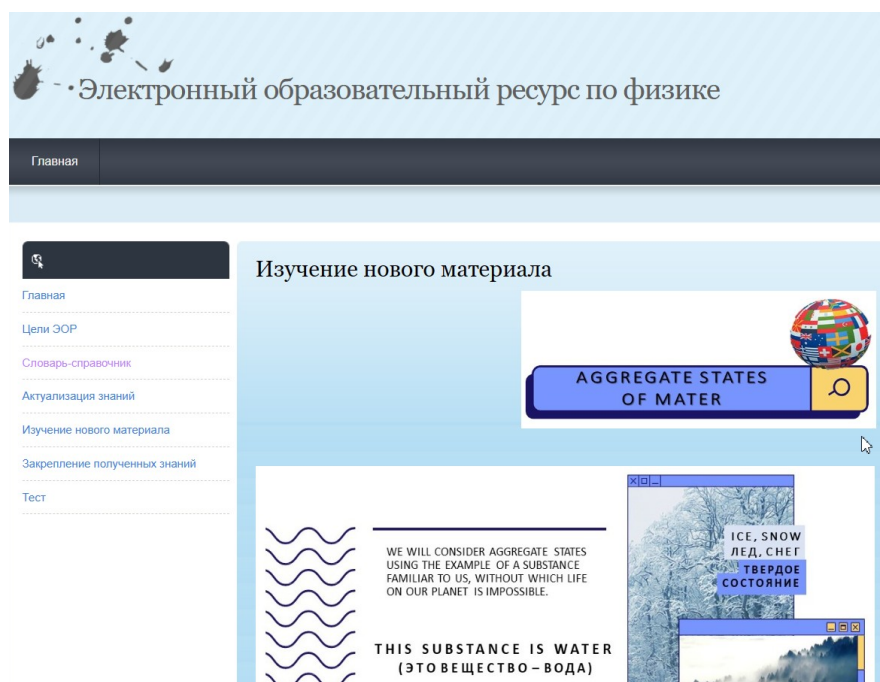


Рис. 2. Страница изучения нового материала по агрегатным состояниям вещества в составе электронного образовательного ресурса по физике на английском языке.

языке. На рис. 3 изображена страница словаря терминов по агрегатным состояниям вещества в составе электронного образовательного ресурса по физике на английском языке.

На рис. 4 изображена страница теста по агрегатным состояниям вещества в составе электронного образовательного ресурса по физике на английском языке. На рис. 5 изоб-

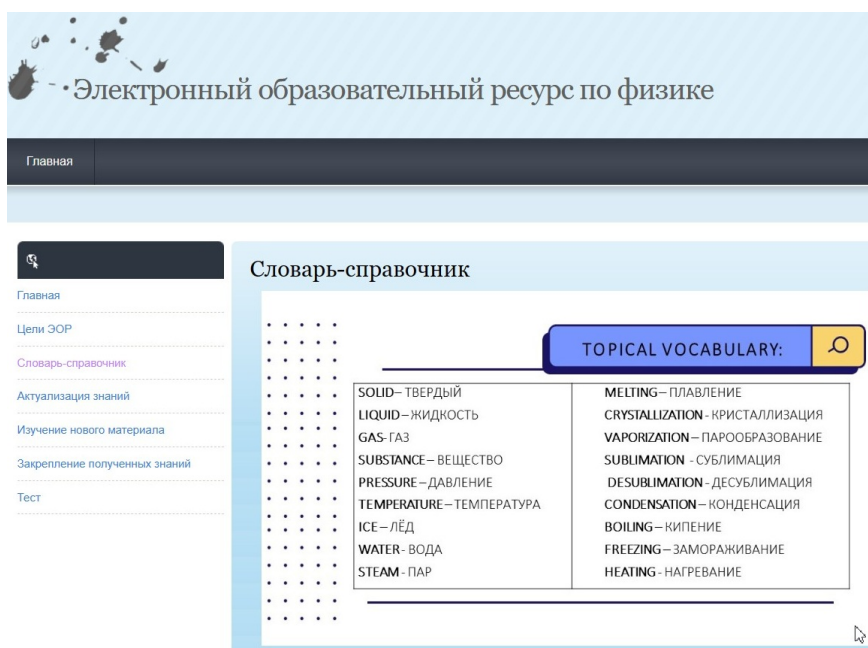


Рис. 3. Страница словаря терминов по агрегатным состояниям вещества в составе электронного образовательного ресурса по физике на английском языке.

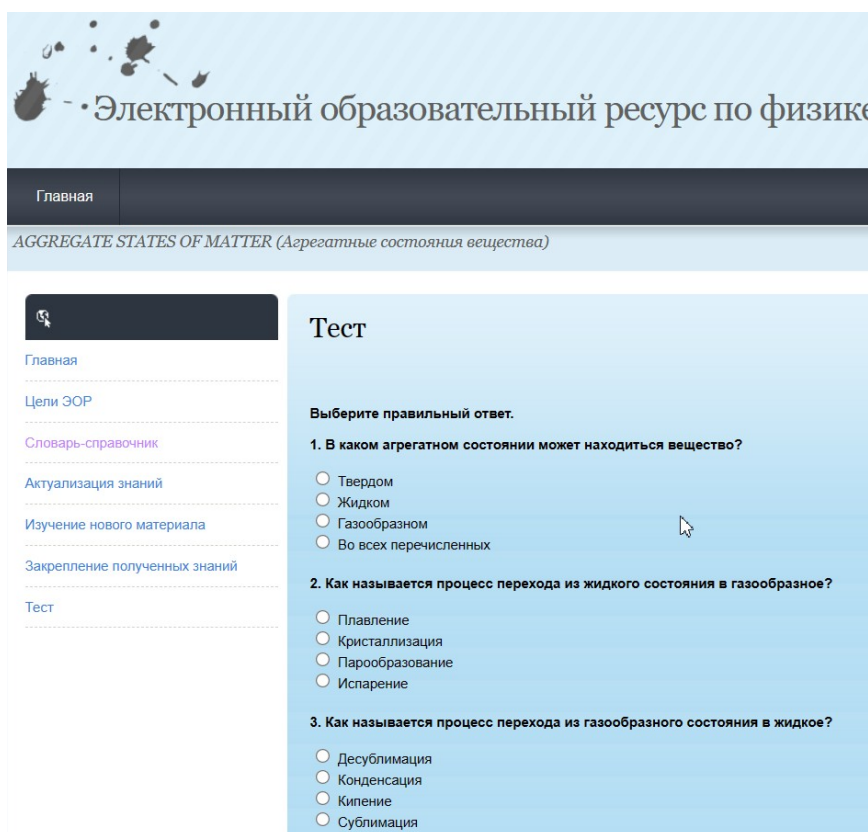


Рис. 4. Страница теста по агрегатным состояниям вещества в составе электронного образовательного ресурса по физике на английском языке.

ражена страница, содержащая описания цели электронного образовательного ресурса по физике на английском языке. В результате разработки электронного образовательного ресурса проанализированы требования к электронным образовательным ресурсам по физике. В ходе разработки электронного образовательного ресурса по физике на

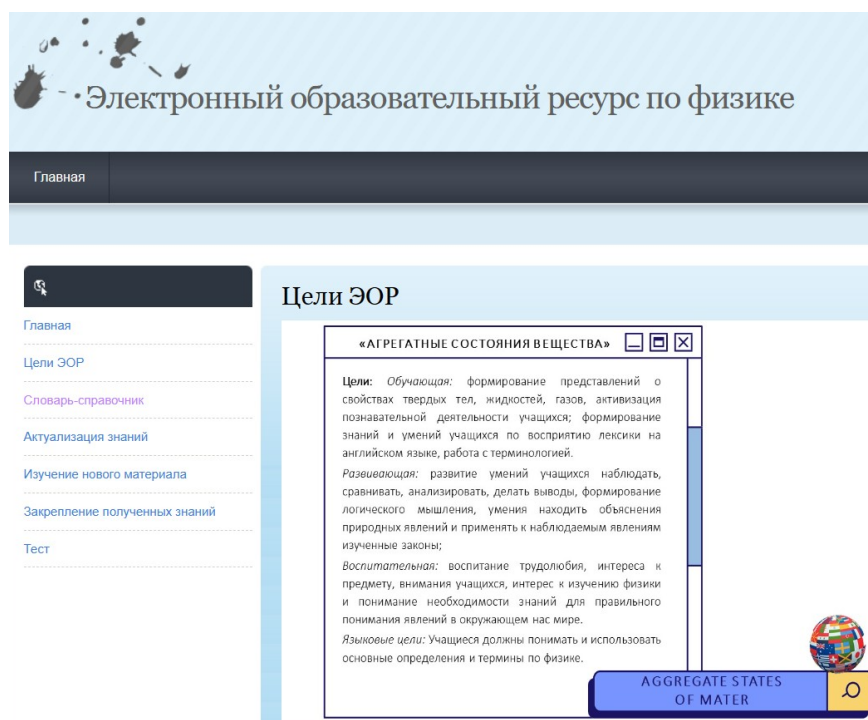


Рис. 5. Страница, содержащая описания цели электронного образовательного ресурса по агрегатным состояниям вещества на английском языке.

на английском языке определена структура и содержание электронного образовательного ресурса по физике и разработан тематический план уроков по физике на английском языке.

Электронный образовательный ресурс по физике позволит улучшить уровень владения знаниями в области физики у учащихся и повысить их коммуникативные навыки на английском языке. Преимущества использования разработанного электронного образовательного ресурса по агрегатным состояниям вещества многочисленны. Во-первых, он обеспечивает более увлекательный процесс обучения для учащихся, поскольку позволяет им взаимодействовать с материалом и учиться в удобном для них темпе. Более того, электронный образовательный ресурс по агрегатным состояниям вещества предлагает всесторонний обзор различных состояний материи и их физических свойств, что делает его ценным электронным образовательным ресурсом как для базового, так и для углубленного изучения физики. Кроме того, электронный образовательный ресурс доступен и может использоваться учащимися независимо от их физического местонахождения.

Однако, несмотря на множество преимуществ, этот электронный образовательный ресурс имеет и некоторые недостатки. Одним из основных недостатков является то, что внедрение может быть дорогостоящим, поскольку требует покупки компьютеров или планшетов. Кроме того, зависимость от технологий может сделать процесс обучения менее персонализированным, поскольку учителя не могут обеспечить такой же уровень руководства и обратной связи, как в традиционном классе.

Результаты педагогического эксперимента

При выполнении экспериментального исследования был проведён педагогический эксперимент, цель которого состоит в исследовании эффективности применения электронного образовательного ресурса на английском языке на уроках физики учащихся средней школы. Под педагогическим экспериментом понимается метод исследования, который используется с целью выявления эффективных методов и средств обучения и

воспитания. Правильно организованный педагогический эксперимент и своевременный анализ полученных результатов являются главными критериями для успешной дальнейшей работы.

Педагогический эксперимент проводился на базе МБОУ «Средняя школа № 62» города Ульяновска. В педагогическом эксперименте принимали участие ученики двух восьмых классов в количестве 40 человек: 20 человек из 8 А класса и 20 человек из 8 Б класса. В контрольном классе 8 Б использовались традиционные методы и способы проведения урока, то есть изучение материала происходило с помощью учебника, в качестве проверки уровня знаний по изученному материалу использовались вопросы в конце параграфа, самостоятельные работы. В 8 А классе (экспериментальном) в преподавании физики использовались разработанные электронные пособия и материалы на английском языке, для контроля и оценки знаний обучающихся были использованы различные интерактивные задания.

Учебно-тематическое планирование курса физики в восьмом классе общеобразовательной школы включает в себя следующие темы: тему «Тепловые явления» в объёме 25 часов с 2 контрольными работами и 3 лабораторными работами, тему «Электрические явления» в объёме 25 часов с 1 контрольной работой и 5 лабораторными работами, тему «Магнитные явления» в объёме 5 часов с 1 контрольной работой и 2 лабораторными работами, тему «Световые явления» в объёме 12 часов с 1 контрольной работой и 1 лабораторной работой, тему «Повторение» в объёме 1 часа без контрольных и лабораторных работ.

Для получения корректных результатов были проведены три этапа педагогического эксперимента: констатирующий этап, формирующий этап, контрольный этап.

Целью констатирующего этапа педагогического эксперимента является проведение оценки текущего уровня знаний учащихся, выявление их сформированности по физике. Поэтому, чтобы определить уровень знаний учащихся восьмых классов по физике было проведено предварительное тестирование по ранее изученному материалу в восьмом классе. Были выставлены отметки и подсчитана степень обученности учащихся, характеризующая усвоенные учащимися знания в соответствии с требованиями учебных программ и образовательных стандартов за определённый промежуток времени.

В ходе педагогического эксперимента ученики 8 А класса на входной диагностике по теме «Агрегатные состояния вещества» получили следующие отметки: 4 отметки «отлично», 10 отметок «хорошо», 6 отметок «удовлетворительно». На входной диагностике учеников 8 А класса абсолютная успеваемость составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На входной диагностике учеников 8 А класса качественная успеваемость составила 70 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На входной диагностике учеников 8 А класса степень обученности учащихся составила 62.8 %, что соответствует допустимому уровню степени обученности учащихся. Первый или высший уровень требований на входной диагностике учеников 8 А класса по теме «Агрегатные состояния вещества» составил 62.8 %. Второй или средний уровень требований на входной диагностике учеников 8 А класса по теме «Агрегатные состояния вещества» составил 35.6 %. Третий или низший уровень требований на входной диагностике учеников 8 А класса по теме «Агрегатные состояния вещества» составил 16.4 %. Среднее арифметическое значение отметок учеников 8 А класса на входной диагностике составило 3.9.

В ходе педагогического эксперимента ученики 8 Б класса на входной диагностике по теме «Агрегатные состояния вещества» получили следующие отметки: 6 отметок «отлично», 11 отметок «хорошо», 3 отметки «удовлетворительно». На входной диагностике учеников 8 Б класса абсолютная успеваемость составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На входной диагностике учеников 8

Б класса качественная успеваемость составила 85 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На входной диагностике учеников 8 Б класса степень обученности учащихся составила 70.6 %, что соответствует оптимальному уровню степени обученности учащихся. Первый или высший уровень требований на входной диагностике учеников 8 Б класса по теме «Агрегатные состояния вещества» составил 70.6 %. Второй или средний уровень требований на входной диагностике учеников 8 Б класса по теме «Агрегатные состояния вещества» составил 41.4 %. Третий или низший уровень требований на входной диагностике учеников 8 Б класса по теме «Агрегатные состояния вещества» составил 20.2 %. Среднее арифметическое значение отметок учеников 8 Б класса на входной диагностике составило 4.2.

Формирующий эксперимент направлен на изучение динамики развития педагогических явлений в процессе активного воздействия исследователя на условия выполнения деятельности. Целью формирующего эксперимента является не просто констатация той или иной деятельности, развития каких-то качеств, а их активное формирование. Особенность формирующего эксперимента состоит в том, что в нём одновременно сочетаются и задачи исследования, и задачи формирования изучаемого свойства, то есть оно исследуется в ходе собственного формирования в естественной ситуации выполнения определенной деятельности. На формирующем этапе педагогического эксперимента были задействованы новые элементы контроля в экспериментальном классе. Так, в ходе уроков по теме «Агрегатные состояния вещества» в экспериментальном 8 А использовали разработанный электронный образовательный ресурс по физике на английском языке. В контрольном 8 Б классе уроки проводились по традиционной методике преподавания темы «Агрегатные состояния вещества».

В ходе педагогического эксперимента ученики 8 А класса на выходной диагностике по теме «Агрегатные состояния вещества» получили следующие отметки: 8 отметки «отлично», 10 отметок «хорошо», 2 отметки «удовлетворительно». На выходной диагностике учеников 8 А класса абсолютная успеваемость составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На выходной диагностике учеников 8 А класса качественная успеваемость составила 90 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На выходной диагностике учеников 8 А класса степень обученности учащихся составила 75.6 %, что соответствует оптимальному уровню степени обученности учащихся. Первый или высший уровень требований на выходной диагностике учеников 8 А класса по теме «Агрегатные состояния вещества» составил 75.6 %. Второй или средний уровень требований на выходной диагностике учеников 8 А класса по теме «Агрегатные состояния вещества» составил 45.2 %. Третий или низший уровень требований на выходной диагностике учеников 8 А класса по теме «Агрегатные состояния вещества» составил 22.8 %. Среднее арифметическое значение отметок учеников 8 А класса на выходной диагностике составило 4.3.

В ходе педагогического эксперимента ученики 8 Б класса на выходной диагностике по теме «Агрегатные состояния вещества» получили следующие отметки: 4 отметки «отлично», 15 отметок «хорошо», 1 отметку «удовлетворительно». На выходной диагностике учеников 8 Б класса абсолютная успеваемость составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На выходной диагностике учеников 8 Б класса качественная успеваемость составила 95 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На выходной диагностике учеников 8 Б класса степень обученности учащихся составила 69.8 %, что соответствует оптимальному уровню степени обученности учащихся. Первый или высший уровень требований на выходной диагностике учеников 8 Б класса по теме «Агрегатные состояния вещества» составил 69.8 %. Второй или средний уровень требований на выходной диагностике учеников 8 Б класса по теме «Агрегатные состояния вещества» составил 40.6 %. Третий или низший

уровень требований на выходной диагностике учеников 8 Б класса по теме «Агрегатные состояния вещества» составил 19.4%. Среднее арифметическое значение отметок учеников 8 Б класса на выходной диагностике составило 4.2.

В заключение педагогического эксперимента на контрольном этапе определения качественных и количественных различий в параметрах была осуществлена диагностика в форме контрольной работы по темам раздела «Агрегатные состояния вещества» в восьмом классе. Результаты теста стали основанием для подсчёта степени обученности учащихся восьмых классов.

В результате проведённого педагогического эксперимента можно сделать следующие выводы: разработанная система педагогического взаимодействия с обучающимися с применением электронного образовательного ресурса на английском языке по физике существенно повысила эффективность обучения, и можно отметить улучшение показателей в экспериментальном 8 А классе. Степень обученности учащихся увеличилась с 62.8% до 75.6%, в то время как в контрольном 8 Б классе остался практически без изменений и даже немного уменьшился из-за статистической погрешности. Таким образом, применение электронного образовательного ресурса способствует повышению качества образования, меняет в лучшую сторону отношение учащихся к предмету, стимулирует формирование знаний, умений и навыков.

В ходе педагогического эксперимента проведена оценка эффективности и развития электронного образовательного ресурса по физике на английском языке. В ходе педагогического эксперимента проведено тестирование функциональности и удобства использования электронного образовательного ресурса в процессе обучения физике в школе. В ходе педагогического эксперимента проведён анализ результатов тестирования электронного образовательного ресурса по физике на английском языке и внесение необходимых корректировок в содержание учебных материалов по физике на английском языке. В ходе педагогического эксперимента проведена оценка эффективности электронного образовательного ресурса по физике на английском языке.

Заключение

В результате разработки электронного образовательного ресурса по физике на английском языке проведено обобщение полученных результатов разработки и оценена практическая значимость электронного образовательного ресурса по физике, сделаны выводы по разработке и использованию электронного образовательного ресурса по агрегатным состояниям вещества на английском языке.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если применять электронный образовательный ресурс на английском языке в обучении физике в общеобразовательной школе, то будет наблюдаться увеличение наглядности образовательного процесса по физике и повысится уровень усвоения материала, интереса к физике за счёт использования английского языка, что поможет обучающимся развить навыки чтения, письма, аудирования и говорения на английском языке, связанными с предметной областью физики, подтверждена полностью.

Для подтверждения данной гипотезы проведено исследование, включающее сравнение результатов обучения учащихся, использующих электронный образовательный ресурс по физике на английском языке, с результатами обучающихся, использующих традиционные методы обучения. Исследование включает анализ уровня понимания физических концепций, оценку активности и мотивации обучающихся, а также сбор обратной связи от участников обучения.

Результаты использования этого электронного образовательного ресурса в подавляющем большинстве положительные. Учащиеся, воспользовавшиеся электронным образовательным ресурсом, показали значительное улучшение понимания физических по-

нятий, связанных с агрегатными состояниями вещества. Учащиеся также продемонстрировали лучшие навыки решения проблем и более глубокое понимание физических принципов по теме, связанной с агрегатными состояниями вещества.

Использование в образовательном процессе разработанного электронного образовательного ресурса сыграло важную роль в улучшении преподавания физики в восьмом классе общеобразовательной школы, помогая учащимся лучше понять сложности вопросов агрегатного состояния вещества при изучении тепловых явлений в восьмом классе общеобразовательной школы. Показано, что использование электронного образовательного ресурса по агрегатным состояниям вещества является важным и полезным инструментом для повышения качества обучения при изучении тепловых явлений в восьмом классе общеобразовательной школы. В ходе апробации установлено, что электронный образовательный ресурс по агрегатным состояниям вещества является хорошо структурированным, содержательным и интересным для учащихся восьмого класса общеобразовательной школы. Разработанный электронный образовательный ресурс по агрегатным состояниям вещества помогает учащимся лучше усвоить теоретический материал по тепловым явлениям, развить критическое мышление и интерес к изучению физики.

Список использованных источников

1. Stefanova G. P., Gusynina D. A. Application of the electronic educational resource “Teaching students in the methods of solving applied physical problems” in the training of a physics teacher // *Modern High Technologies*. — 2020. — Vol. 1, no. 11. — P. 206–211. — URL: <http://dx.doi.org/10.17513/snt.38364>.
2. Development of electronic educational resources for physics with elements of augmented reality technology / Yevgeniya Daineko [et al.] // *International Journal of Interactive Mobile Technologies*. — 2020. — aug. — Vol. 14, no. 13. — P. 230–237. — URL: <http://dx.doi.org/10.3991/ijim.v14i13.13475>.
3. Electronic resources in physics as a means of formation applied orientation of students / Usembayeva Indira Bahytovna [et al.] // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. — 2014. — feb. — Vol. 116. — P. 4310–4314. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.938>.
4. Zhylysbayeva G. N., Zhakypbekova G. O. Pedagogical analysis of the study of laboratory work “Aggregate states of matter” for 8th grade students on the basis of a virtual laboratory // *Bulletin of the Karaganda University. Pedagogy series*. — 2022. — sep. — Vol. 108, no. 4. — P. 49–57. — URL: <http://dx.doi.org/10.31489/2022ped4/49-57>.
5. Peryazeva J. V. Electronic educational resource “Entertaining Informatics” // *Informatics in school*. — 2021. — jul. — no. 5. — P. 55–63. — URL: <http://dx.doi.org/10.32517/2221-1993-2021-20-5-55-63>.
6. Hakim A. R., Yulia N. K. T. “States of Matter” electronic worksheet assisted by Powtoon based on Sigil // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2021. — apr. — Vol. 1869, no. 1. — P. 012081. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012081>.
7. Nuic Ines, Glazar Sasa Aleksej. The effect of e-learning strategy at primary school level on understanding structure and states of matter // *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. — 2019. — dec. — Vol. 16, no. 2. — P. 1–17. — URL: <http://dx.doi.org/10.29333/EJMSTE/114483>.


8. Gretchikhin Leonid. Electrical properties of various aggregate states of matter // *Vojnotekhnicki glasnik*. — 2017. — Vol. 65, no. 1. — P. 1–19. — URL: <http://dx.doi.org/10.5937/VOJTEHG65-11900>.
9. Ongun Erdem, Demirag Askin. Young learners' objectives related to multimedia use and homework completion // *Comunicar*. — 2015. — jan. — Vol. 22, no. 44. — P. 121–129. — URL: <http://dx.doi.org/10.3916/C44-2015-13>.
10. Aldahmash Dr. Abdulwali H. The effect of alternative low cost experiments on seventh grade students' alternative and misconceptions of concepts related to matter and its properties and states // *Journal of Educational and Psychological Sciences*. — 2014. — mar. — Vol. 15, no. 1. — P. 179–206. — URL: <http://dx.doi.org/10.12785/JEPS/150106>.
11. Goschlberger Bernhard, Dopler Fabian, Brandstetter Christoph. Managing learning resource metadata for secondary education // *Proceedings of the 22nd International Conference on Information Integration and Web-based Applications and Services*. — iiWAS'20. — ACM, 2020. — nov. — URL: <http://dx.doi.org/10.1145/3428757.3429148>.
12. Atasoy Sengul, Kucuk Osman. Development of eighth grade students' epistemological beliefs through writing-to-learn activities // *Journal of Science Learning*. — 2020. — mar. — Vol. 3, no. 2. — P. 57–66. — URL: <http://dx.doi.org/10.17509/JSL.V3I2.20573>.
13. Norbu Sonam, Pem Ugyen. Use of electronic resources in teaching and learning physics in higher secondary schools under Pemagatshel district, Bhutan // *Asian Journal of Research and Reviews in Physics*. — 2023. — jul. — Vol. 7, no. 3. — P. 1–7. — URL: <http://dx.doi.org/10.9734/ajr2p/2023/v7i3139>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: yulya.smoleva.99@mail.ru

ORCID iD  0009-0006-9572-7676

Web of Science ResearcherID  KBP-8878-2024

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

Approbation of an electronic educational resource on aggregate states of matter in the eighth grade of a secondary school

Yu. O. Smoleva 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted February 21, 2024
Resubmitted February 25, 2024
Published March 12, 2024

Abstract. The features of teaching physics within the framework of the topic on aggregate states of matter in English are considered. The main problems and difficulties faced by physics teachers when teaching in English are described. The main advantages and disadvantages of teaching physics within the framework of the topic on aggregate states of matter in English are highlighted.

Keywords: physics, aggregate states of matter, electronic educational resource, pedagogical experiment

References

1. Stefanova G. P., Gusynina D. A. Application of the electronic educational resource “Teaching students in the methods of solving applied physical problems” in the training of a physics teacher // *Modern High Technologies*. — 2020. — Vol. 1, no. 11. — P. 206–211. — URL: <http://dx.doi.org/10.17513/snt.38364>.
2. Development of electronic educational resources for physics with elements of augmented reality technology / Yevgeniya Daineko [et al.] // *International Journal of Interactive Mobile Technologies*. — 2020. — aug. — Vol. 14, no. 13. — P. 230–237. — URL: <http://dx.doi.org/10.3991/ijim.v14i13.13475>.
3. Electronic resources in physics as a means of formation applied orientation of students / Usembayeva Indira Bahytovna [et al.] // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. — 2014. — feb. — Vol. 116. — P. 4310–4314. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.938>.
4. Zhylyshaeva G. N., Zhakypbekova G. O. Pedagogical analysis of the study of laboratory work “Aggregate states of matter” for 8th grade students on the basis of a virtual laboratory // *Bulletin of the Karaganda University. Pedagogy series*. — 2022. — sep. — Vol. 108, no. 4. — P. 49–57. — URL: <http://dx.doi.org/10.31489/2022ped4/49-57>.
5. Peryazeva J. V. Electronic educational resource “Entertaining Informatics” // *Informatics in school*. — 2021. — jul. — no. 5. — P. 55–63. — URL: <http://dx.doi.org/10.32517/2221-1993-2021-20-5-55-63>.

6. Hakim A. R., Yulia N. K. T. “States of Matter” electronic worksheet assisted by Powtoon based on Sigil // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2021. — apr. — Vol. 1869, no. 1. — P. 012081. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012081>.
7. Nuic Ines, Glazar Sasa Aleksej. The effect of e-learning strategy at primary school level on understanding structure and states of matter // *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. — 2019. — dec. — Vol. 16, no. 2. — P. 1–17. — URL: <http://dx.doi.org/10.29333/EJMSTE/114483>.
8. Gretchikhin Leonid. Electrical properties of various aggregate states of matter // *Vojnotekhnicki glasnik*. — 2017. — Vol. 65, no. 1. — P. 1–19. — URL: <http://dx.doi.org/10.5937/VOJTEHG65-11900>.
9. Ongun Erdem, Demirag Askin. Young learners’ objectives related to multimedia use and homework completion // *Comunicar*. — 2015. — jan. — Vol. 22, no. 44. — P. 121–129. — URL: <http://dx.doi.org/10.3916/C44-2015-13>.
10. Aldahmash Dr. Abdulwali H. The effect of alternative low cost experiments on seventh grade students’ alternative and misconceptions of concepts related to matter and its properties and states // *Journal of Educational and Psychological Sciences*. — 2014. — mar. — Vol. 15, no. 1. — P. 179–206. — URL: <http://dx.doi.org/10.12785/JEPS/150106>.
11. Goschlberger Bernhard, Dopler Fabian, Brandstetter Christoph. Managing learning resource metadata for secondary education // *Proceedings of the 22nd International Conference on Information Integration and Web-based Applications and Services*. — iiWAS’20. — ACM, 2020. — nov. — URL: <http://dx.doi.org/10.1145/3428757.3429148>.
12. Atasoy Sengul, Kuccuk Osman. Development of eighth grade students’ epistemological beliefs through writing-to-learn activities // *Journal of Science Learning*. — 2020. — mar. — Vol. 3, no. 2. — P. 57–66. — URL: <http://dx.doi.org/10.17509/JSL.V3I2.20573>.
13. Norbu Sonam, Pem Ugyen. Use of electronic resources in teaching and learning physics in higher secondary schools under Pemagatshel district, Bhutan // *Asian Journal of Research and Reviews in Physics*. — 2023. — jul. — Vol. 7, no. 3. — P. 1–7. — URL: <http://dx.doi.org/10.9734/ajr2p/2023/v7i3139>.

Information about authors:

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

E-mail: yulya.smoleva.99@mail.ru

ORCID iD  0009-0006-9572-7676

Web of Science ResearcherID  KBP-8878-2024

Авторский указатель

Александрова, Е. В., 42
Алтунин, К. К., 1
Анашкина, Ю. А., 12
Гиматетдинова, А. Р., 56
Замальдинова, Ю. М., 73

Истомина, Е. Ю., 12
Растемяшина, Е. С., 12
Смолева, Ю. О., 86
Шарафутдинова, А. И., 27

Author's index

Alexandrova, E. V., 42

Altunin, K. K., 1

Anashkina, Yu. A., 12

Gimatetdinova, A. R., 56

Istomina, E. Yu., 12

Rastemyashina, E. S., 12

Sharafutdinova, A. I., 27

Smoleva, Yu. O., 86

Zamaldinova, Yu. M., 73

