

Научная статья
УДК 378.147
ББК 74.489
ГРНТИ 14.35.09
ВАК 5.8.2.
PACS 01.40.-d
OCIS 000.20608
MSC 00A79

Анализ результатов деятельности научного кружка по нанотехнологиям в педагогическом университете

В. М. Тимченко  ¹

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

Поступила в редакцию 22 июля 2024 года

После переработки 24 июля 2024 года

Опубликована 12 сентября 2024 года

Аннотация. Рассматриваются теоретические и методические проблемы нанотехнологической подготовки в педагогическом университете в рамках кружка по нанотехнологиям. Проведён всесторонний анализ системы нанотехнологической подготовки в педагогическом университете в рамках кружка по нанотехнологиям на старших курсах бакалавриата педагогического университета. Проведено описание развития и результатов деятельности кружка по нанотехнологиям в педагогическом университете. Проанализированы результаты деятельности и публикационной активности участников кружка по нанотехнологиям в педагогическом университете за период с 2014 года по первую половину 2024 года.

Ключевые слова: кружковое движение, нанотехнологическая подготовка, научный кружок, система проектных работ по нанотехнологии, нанотехнология, наноструктура, наноптика, наноматериал, наноэлектроника, плазмон-поляритон, электромагнитная волна, оптика

Введение

В настоящее время технологические кружки становятся одним из ключевых элементов зарождающейся системы работы с молодым поколением. Кружки как форма объединения единомышленников, желающих изучать физические основы нанотехнологии, пробовать свои силы в фундаментальной и прикладной физике, является частью обучения для поддержания интереса студентов к научно-техническому творчеству. В свою очередь, данный вид занятий не только обучает, но и производит новейшие решения современных фундаментальных и прикладных проблем в области нанотехнологий, поскольку каждый участник кружка стремится создать и развивать научный проект в области нанотехнологий.

¹E-mail: lera.tim2002@icloud.com

В настоящей работе рассматриваются теоретические и методические проблемы нанотехнологической подготовки в педагогическом университете в рамках научного кружка по нанотехнологиям. Проанализированы результаты деятельности и публикационной активности участников кружка по нанотехнологиям в педагогическом университете.

Целью работы является исследование системы нанотехнологической подготовки в педагогическом университете в рамках кружка по нанотехнологиям. Задачей работы является исследование методических аспектов системы нанотехнологической подготовки в педагогическом университете в рамках кружка по нанотехнологиям на примере нескольких лет деятельности кружка. Объектом исследования являются процесс обучения физико-техническим основам нанотехнологий в рамках кружка по нанотехнологиям в педагогическом университете. Предметом исследования является процесс формирования умения написания и защиты квалификационных работ по физике в рамках кружка по нанотехнологиям в педагогическом университете. В качестве метода исследования используется наблюдение в ходе педагогического эксперимента за результатами деятельности кружка по нанотехнологиям в педагогическом университете. В качестве материалов исследования используются материалы годовых отчётов о научно-исследовательской работе и научно-исследовательской работе студентов кафедры физики и технических дисциплин с 2014 года по первую половину 2024 года.

Гипотеза исследования заключается в том, что если осуществлять кружковую деятельность по нанотехнологии в педагогическом университете, то можно повысить познавательный интерес студентов к нанотехнологической тематике.

Нанотехнологии являются новым направлением науки и техники, которое активно развивается в настоящее время. Направление исследования нанотехнологий включает в себя создание и использование материалов, устройств, работа которых определяется наноструктурой. Практически невозможно перечислить все области, в которых эта глобальная технология может существенно повлиять на технический прогресс. Приведём пример лишь некоторых из этих областей: элементы наноэлектроники, нанофотоники, нанолитографии, наноимпринтинга; телекоммуникационные, информационные и вычислительные технологии. Нанотехнология позволяет контролировать размер наночастиц и, таким образом, улучшать свойства наноматериала, используемого в оптоэлектронных приборах и устройствах. Миниатюризация схем приводит к созданию новых приборов, устройств и сборок в оптоэлектронике. Последние достижения в области нанотехнологий позволяют изготавливать метаматериалы, придавая им уникальные оптические свойства.

Наноплазмоника представляет собой область нанооптики, изучающая оптические свойства и физические явления, возникающие в результате колебаний электронов в металлических наночастицах, наноструктурах и наносистемах, а также взаимодействие этих колебаний со световыми волнами. Плазмонные технологии изготовления оптоэлектронных устройств и приборов могут заменить традиционные технологии, используемые в современных компьютерах и других вычислительных устройствах. Исследование плазмон-поляритонов на границе раздела с нанокompозитной плёнкой является перспективным направлением исследования для приложений в медицине. Широкое распространение получили наноматериалы, в которых наночастицы нацелены на доставку лекарств и полезных веществ к клеткам органов, а также на создание мышц и костей. Так же большую роль играют в энергомашиностроении, авиационной и космической промышленности. Оптические эффекты плазмон-поляритонов, эффекты взаимодействия и возбуждения плазмон-поляритонов применяются в новых приборах и устройствах оптоэлектроники. Задумываясь о прикладной значимости темы, в первую очередь, нужно сказать о том, что вся теория по нанотехнологиям, читаемая преподавателями, должна быть проверена и точна.

Обзор научных работ по физическим свойствам наноструктур

Оптическое зондирование предполагает использование оптических устройств, приборов и структур для различных применений в области оптоэлектроники. Фотонные кристаллы, плазмонные структуры и графеновые устройства являются ключевыми компонентами механизмов оптического восприятия [1]. В работе [1] обсуждается использование оптических устройств, таких как графеновые переключатели, гетероструктуры из наноматериалов и плазмонные амплитудные модуляторы, для оптических сенсорных приложений. В работе [1] показано, что механизм оптического восприятия может быть реализован с помощью оптических устройств, таких как графеновые переключатели, переключатели на основе гетероструктур (плазмонных структур) наноматериалов и плазмонные амплитудные модуляторы. В статье [2] обсуждаются новые разработки в области оптических датчиков, в том числе многоточечная система измерения деформации с температурной компенсацией и система определения характеристик многомодового волокна. В статье [2] предложен метод разработки в оптических областях, например, оптических датчиков и систем управления оптическим потоком, с использованием контроллеров оптического потока и оптических фильтров. Носимые оптические сенсорные модули включают в себя фотонные интегральные схемы из кремния или нитрида кремния с лазерами, работающими на разных длинах волн, и элементами оптического манипулирования для эффективного управления светом. Оптический сенсорный модуль, подходящий для носимых устройств состоит из фотонной интегральной схемы передатчика из кремния или нитрида кремния, при этом фотонная интегральная схема передатчика содержит: множество лазеров, причём каждый лазер из множества лазеров работает на длине волны, отличается от длины волны остальных; область оптического манипулирования, причём области оптического манипулирования содержат одно или более из: оптического модулятора, оптического мультиплексора; и дополнительные элементы оптического манипулирования; и один или несколько оптических выходов для света, исходящего из множества. Оптические датчики могут быть изготовлены с узорчатыми светозащитными слоями, прозрачными диэлектрическими слоями и световодными слоями для направления падающего света к чувствительным пикселям для точного обнаружения. В работе [3] даётся краткое описание оптического дистанционного зондирования, включая историю, достижения в области спутниковых изображений и методы извлечения информации. В работе [3] описана история оптического дистанционного зондирования, основные операции обработки спутниковых изображений, передовые методы извлечения объектов для современных городских проектов, различные применения дистанционного зондирования в городских или пригородных условиях, а также будущие спутниковые миссии и направления городского дистанционного зондирования. Оптическое зондирование значительно развилось благодаря интеграции реконфигурируемых датчиков, алгоритмов машинного обучения и современных материалов, таких как графен и металлоорганические каркасы. Концепция геометрического глубокого оптического зондирования подчеркивает прямое обнаружение различных свойств света, таких как интенсивность, спектр, поляризация и пространственные характеристики, чему способствуют реконфигурируемые датчики и нейронные сети [4, 5]. Графеновые гетероструктуры обеспечивают более широкий спектр поглощения и улучшение оптоэлектронных характеристик в оптических сенсорных системах [6]. Графеновые гетероструктуры позволяют создавать современные оптические сенсорные системы с широким спектром поглощения, улучшая оптоэлектронные характеристики и стабильность, открывая путь для современных футуристических оптоэлектронных систем. В статье [6] обсуждаются последние достижения в устройствах с графеновыми гетероструктурами и их оптической способности восприятия в различных приложениях, обсуждаются известные исследования по улучшению производительности и стабильности на ос-

нове интегрированных графеновых гетероструктур. Кроме того, металлоорганические структуры стали эффективной альтернативой для обнаружения загрязнения окружающей среды, предлагая быстрое реагирование и разнообразные применения для обнаружения загрязняющих веществ, таких как ионы тяжёлых металлов и органические молекулы [7]. Оптическое зондирование, особенно с использованием металлоорганических каркасов, является многообещающей технологией для обнаружения выбросов из окружающей среды, таких как ионы тяжёлых металлов, органические молекулы и бактерии, благодаря своему быстрому реагированию и разнообразным применениям. В статье [7] освещаются текущие достижения оптических датчиков, полученных с использованием различных металлоорганических структур для обнаружения различных типов загрязнителей окружающей среды. Эти достижения в технологиях оптического зондирования не только расширяют возможности обнаружения, но и открывают путь для компактных, многофункциональных и интеллектуальных датчиков, которые можно использовать в различных областях, таких как медицинская визуализация, мониторинг окружающей среды и инфракрасная астрономия [5]. В работе [8] представлен дихроичный резонатор Фабри-Перо для оптического считывания на длинах волн 1064 и 532 нм, продемонстрированы его свойства и потенциальные применения в экспериментах по квантовой оптике и физике высоких энергий. В работе [8] представлен дихроичный резонатор Фабри-Перо, резонансный одновременно для двух длин волн: 1064 нм и 532 нм, его свойства и возможные применения. В волоконно-оптических датчиках используются такие принципы, как брэгговские решетки, интерферометры и поверхностный плазмонный резонанс, для оптического измерения в различных областях благодаря их экономической эффективности, миниатюризации и невосприимчивости к помехам. В статье [9] представлен обзор волоконно-оптических датчиков на основе решёток Брэгга, длиннопериодных решёток, интерферометров, поверхностного плазмонного резонанса, флуоресценции и диффузии света. Плазмонные метаматериалы, такие как резонаторы с разъемным кольцом и H-образные структуры, используются для оптического зондирования органических материалов, таких как полиметилметакрилат и эстрадиол, улучшая молекулярные сигнатуры посредством сопоставления плазмонного резонанса. В работе [10] были рассмотрены относительные достоинства структур и их чувствительность, а также проведено сравнение относительной чувствительности плазмонных структур и соответствующего молекулярного резонанса конкретного аналита. Оптоволоконные сети используются в волоконно-оптических сенсорных системах для обнаружения сенсорной информации, связанной с контролируруемыми объектами, что позволяет идентифицировать объекты на основе собранных данных. Эти достижения в оптических технологиях открывают широкий спектр возможностей для улучшения сенсорных возможностей в различных областях.

Анализ научной литературы по физическим свойствам наноструктур показывает актуальность темы исследования.

Описание деятельности кружка по нанотехнологиям

Область нанотехнологий является актуальной для изучения, поскольку наноструктуры, наноплёнки, нанокомпозиты и наноплазмонные структуры занимают одно из главных мест из материалов, на которые возложен взгляд в будущее, и применяются уже сейчас в большинстве отраслей промышленности, а главное в таких сферах человеческой деятельности, как медицина, электроника, военное дело. Поэтому работа кружка по нанотехнологиям в педагогическом университете была признана необходимой для успешного выполнения курсовых и квалификационных работ студентами, специализирующимися в физике.

Кружок является одним из наиболее распространенных видов групповой внекласс-

ной деятельности, который даёт преподавателю возможность использовать разнообразные формы и методы работы со студентами.

Занятия в кружках осуществляются по подгруппам. Занятие в кружке по нанотехнологиям являются полноценной формой работы студентов, помогающей научиться сотрудничать и повышать свой уровень фундаментальных и прикладных знаний в области физических основ нанотехнологий.

В ходе работы кружка преподаватель регулирует порядок работы кружка по нанотехнологиям, контролирует результаты деятельности студентов, отвечает на вопросы, и в экстренных случаях оказывать помощь отдельным студентам или подгруппе студентов в целом. Возбуждение интереса к нанотехнологиям осуществляется через наглядное представление материалов по нанотехнологиям и возможность численного исследования новых закономерностей мира наноструктур и наносистем.

В первой половине первого семестра изучаются основы квантовой физики наноструктур. Во второй половине первого семестра изучаются основы синтаксиса языков программирования и пакетов прикладных программ, необходимых для проведения научных расчётов на основе численных вычислений зависимостей физических величин квантовой физики наноструктур и построения графиков функциональных зависимостей физических величин квантовой физики наноструктур.

В первой половине второго семестра осуществляется компьютерное моделирование физических процессов в наносистемах с помощью изученных ранее языков программирования и пакетов прикладных программ. Во второй половине второго семестра осуществляется анализ полученных численных результатов в результате компьютерного моделирования физических процессов в наносистемах с помощью языков программирования и пакетов прикладных программ. Во второй половине второго семестра завершается написание курсовых работ и квалификационных работ по физике.

На стадии целеполагания осуществляется постановка цели курсовой или квалификационной работы по физике на основе соотнесения того, что уже известно и усвоено из курсов общей физики и теоретической физики, с тем, что ещё не известно из выбранной узкой темы в области нанотехнологий. На стадии целеполагания с помощью численных экспериментов исследовать физические свойства объектов и процесс протекания физических явлений в различных структурах пониженной размерности, наноструктурах и наносистемах.

На стадии классификации осуществляется написание обзора литературы по наносистемам, производится выбор оснований и критериев для сравнения различных моделей для описания квантовых процессов в наноструктурах и наносистемах. На стадии классификации необходимо дать определения всем необходимым понятиям оптики наноструктур.

На стадии выдвижения и обоснования гипотез осуществляется сравнение фактов в области нанотехнологий, установление причинно-следственных связей между моделями и величинами оптики наноструктур и наносистем, построение логической цепи рассуждений для решения основных уравнений оптики наноструктур и наносистем, анализ теорий и моделей оптики наноструктур и наносистем, синтез подходов к описанию наносистем. На стадии выдвижения и обоснования гипотез формируется умение организовывать исследование с целью проверки гипотез, объяснять физические явления, физические процессы в наносистемах, аргументировано представлять результаты научных проектов в области нанотехнологий.

На стадии планирования осуществляется определение последовательности действий студента с учётом конечного результата курсовой работы или квалификационной работы по физике. На стадии планирования производится расчёт зависимостей физических величин, определяющих характеристики наносистемы. Рассчитываются физические ве-

личины для описания наносистемы в результате теоретического и численного анализа известных физических формул оптики наноструктур.

На стадии прогнозирования осуществляется предвосхищение результата, который может быть получен в результате численного моделирования наносистем посредством управления переменными величинами. На стадии прогнозирования осуществляется поиск пар физических величин, характеризующих наносистему, между которыми может быть функциональная зависимость. Аналитическое описание оптических наноматериалов является сложной физической задачей из-за характерных оптических свойств материалов и метаматериалов, используемых в современных приборах и устройствах оптоэлектроники.

На стадии моделирования осуществляется преобразование физического объекта в математическую модель, где выделены существенные характеристики наносистемы. На стадии моделирования необходимо создавать и преобразовывать модели и схемы для решения задач описания наносистем.

На стадии структурирования осуществляется поиск необходимой информации по теоретическому описанию и компьютерным моделям наносистем. На стадии структурирования необходимо методов информационного поиска теоретической информации для описания наносистем. На стадии структурирования формируется умение адекватно, подробно, сжато и выборочно передавать содержание текста.

На стадии контроля осуществляется сличение результатов численных расчётов физических характеристик наносистем с экспериментальными результатами и результатами других расчётов с целью обнаружения отклонений результатов от эталонных данных. На стадии контроля необходимо интерпретировать теоретические и экспериментальные данные по наноструктурам и наноразмерным системам, в том числе раскрыть значение и физический смысл данных и результатов расчётов физических характеристик наноструктур и наноразмерных систем, сделать теоретические выводы на основе физических законов оптики наноструктур, произвести оценку полученных результатов.

На стадии коррекции осуществляется внесение дополнений и корректив в план исследований и способ моделирования физических явлений в наносистемах, в случае расхождения с эталоном. На стадии коррекции можно предложить альтернативный способ расчёта физической величины или численного исследования физического явления в наносистемах.

На стадии оценки осуществляется выделение и осознание того, что уже усвоено по исследуемой наносистеме с тем, что ещё подлежит усвоению. На стадии оценки нужно сделать заключения на основе достигнутых результатов численного моделирования наносистем, систематизации и классификации полученных результатов численных расчётов физических характеристик наносистем. На стадии оценки можно выделить физические явления и факты, подлежащие дальнейшему исследованию.

Результаты педагогического эксперимента

В ходе педагогического эксперимента проводилось наблюдение за деятельностью кружка по нанотехнологиям на кафедре физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова». Состав кружка по нанотехнологиям составляют студенты старших курсов бакалавриата и магистратуры педагогического направления подготовки, специализирующиеся в области физики. Занятия кружка по нанотехнологиям и наноплазмонике проводятся по 2 часа в неделю за исключением каникул. Занятия кружка по нанотехнологиям дополняют имеющиеся аудиторные занятия по нанотехнологиям в рамках дисциплин по выбору. Занятия кружка по нанотехнологиям дополнялись заседаниями научно-методического семинара кафедры физики и технических дисциплин, где обсуждались результаты кур-

совых и квалификационных работ студентов бакалавриата, заслушивались доклады студентов очной магистратуры и аспирантов.

Проанализируем результаты деятельности кружка по нанотехнологиям за 2014-2021 годы. В 2014 году в состав кружка по нанотехнологиям входили 8 человек, которые опубликовали 18 научных работ в ходе выполнения курсовых работ и квалификационных работ по физике. В 2015 году в состав кружка по нанотехнологиям входили 10 человек, которые опубликовали 2 научные работы в ходе выполнения курсовых работ и квалификационных работ по физике. В 2016 году в состав кружка по нанотехнологиям входили 27 человек, которые опубликовали 8 научных работ в ходе выполнения курсовых работ и квалификационных работ по физике. В 2017 году в состав кружка по нанотехнологиям входили 26 человек, которые опубликовали 19 научных работ в ходе выполнения курсовых работ и квалификационных работ по физике. В 2018 году в состав кружка по нанотехнологиям входили 24 человека, которые опубликовали 31 научную работу в ходе выполнения курсовых работ и квалификационных работ по физике. В 2019 году в состав кружка по нанотехнологиям входили 21 человек, которые опубликовали 23 научных работ в ходе выполнения курсовых работ и квалификационных работ по физике в бакалавриате педагогического направления подготовки. В 2019 году один участник кружка по нанотехнологиям опубликовал статью в журнале «Радиоэлектронная техника». В 2020 году в состав кружка по нанотехнологиям входили 35 человек, которые опубликовали 6 научных работ в ходе выполнения курсовых работ и квалификационных работ по физике. Основные публикации составляли публикации в материалах Всероссийских конференций и региональных конференций по физике и электронике, которые представлены на сайте Научной электронной библиотеки elibrary.ru. Участники кружка по нанотехнологиям активно участвовали во внутривузовских конференциях, проводимых в рамках недели науки на факультете физико-математического и технологического образования. В 2022 году в состав кружка по нанотехнологиям входили 17 человек, которые опубликовали 13 статей в рецензируемых научных изданиях в ходе выполнения курсовых работ и квалификационных работ по физике. В 2023 году в состав кружка по нанотехнологиям входили 23 человека, которые опубликовали 12 статей в рецензируемых научных изданиях в ходе выполнения курсовых работ и квалификационных работ по физике. В первой половине 2024 года в состав кружка по нанотехнологиям входили 22 человека, которые опубликовали 13 статей в рецензируемых научных изданиях в ходе выполнения курсовых работ и квалификационных работ по физике.

Результаты теоретической части работ участников кружка по нанотехнологиям докладывались на конференции «Современные проблемы электродинамики наноструктурных сред и наноплазмоники» 6 апреля 2019 года, на конференции «Наноплазмоника и фотовольтаика» 10 апреля 2019 года в рамках недели науки на факультете физико-математического и технологического образования. Результаты научно-методической части работ участников кружка по нанотехнологиям докладывались на конференции «Современные достижения науки и педагогической практики в системе высшего и среднего образования» 29 октября 2019 года. Результаты теоретической и самостоятельной части работ участников кружка по нанотехнологиям докладывались на научной школе-семинаре «Актуальные проблемы физики и астрономии» 12-17 октября 2020 года, на конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы нанотехнологий» 12-17 ноября 2020 года в рамках недель науки на факультете физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова».

Для работы с нанотехнологической тематикой студенты должны обладать значительным запасом фундаментальных знаний по квантовой физике наноструктур и нанoeлектронике. Ориентируясь на известные теоретические и численные методы классиче-

ской, нелинейной и квантовой оптики для нанокompозитных сред из наноматериалов, в какой-то степени, обобщая опыт прошлых лет, дорабатывая уже имеющиеся выводы, теории, можно разработать множество научных проектов для усовершенствования и увеличения количества применений наноматериалов в обычной жизни. Так как разработка, реализация, проверка таких проектов на работоспособность требует больших затрат, предлагается использование языков программирования Python, Sage, R, Octave, Scilab, позволяющие осуществлять численные расчёты характеристик физических процессов в наноструктурах и наносистемах.

Приведём описание тематики занятий научного кружка по нанотехнологиям в нечётном семестре. Занятие 1 кружка по нанотехнологиям, проведённое 5.09.2023, посвящено изучению темы по уравнениям Максвелла в дифференциальной форме для оптических сред. Занятие 2 кружка по нанотехнологиям, проведённое 12.09.2023, посвящено изучению темы по уравнениям Максвелла в интегральной форме для оптических сред. Занятие 3 кружка по нанотехнологиям, проведённое 19.09.2023, посвящено изучению темы по системе волновых уравнений для электромагнитных волн в оптической среде. Занятие 4 кружка по нанотехнологиям, проведённое 26.09.2023, посвящено изучению темы по кинематике электромагнитной волны на основе формул Френеля. Занятие 5 кружка по нанотехнологиям, проведённое 3.10.2023, посвящено изучению темы по интегро-дифференциальным уравнениям для дискретно-непрерывных сред в оптике наноструктур. Занятие 6 кружка по нанотехнологиям, проведённое 10.10.2023, посвящено изучению темы по квантовой физике наноструктур на основе принципа размерного квантования в квазиульмерных системах. Занятие 7 кружка по нанотехнологиям, проведённое 17.10.2023, посвящено изучению темы по квантовой физике наноструктур на основе принципа размерного квантования в одномерных системах. Занятие 8 кружка по нанотехнологиям, проведённое 24.10.2023, посвящено изучению темы по квантовой физике наноструктур на основе принципа размерного квантования в двумерных системах. Занятие 9 кружка по нанотехнологиям, проведённое 31.10.2023, посвящено изучению темы по квантовой физике наноструктур на основе принципа размерного квантования в трёхмерных системах. Занятие 10 кружка по нанотехнологиям, проведённое 14.11.2023, посвящено изучению темы по квантовой механике систем пониженной размерности. Занятие 11 кружка по нанотехнологиям, проведённое 21.11.2023, посвящено изучению темы по квантовой механике систем квантовых точек. Занятие 12 кружка по нанотехнологиям, проведённое 28.11.2023, посвящено изучению темы по квантовой механике систем квантовых проволок. Занятие 13 кружка по нанотехнологиям, проведённое 5.12.2023, посвящено изучению темы по квантовой механике одномерных квантово-размерных систем. Занятие 14 кружка по нанотехнологиям, проведённое 12.12.2023, посвящено изучению темы по квантовой механике двумерных квантово-размерных систем и слоёв. Занятие 15 кружка по нанотехнологиям, проведённое 19.12.2023, посвящено изучению темы по квантовой механике трёхмерных квантово-размерных систем. Занятие 16 кружка по нанотехнологиям, проведённое 26.12.2023, посвящено изучению темы по квантовой механике фотонных кристаллов.

Приведём описание тематики занятий научного кружка по нанотехнологиям в чётном семестре. Занятие 17 кружка по нанотехнологиям, проведённое 23.01.2024, посвящено изучению темы по оптике квантово-размерных систем с наночастицами. Занятие 18 кружка по нанотехнологиям, проведённое 30.01.2024, посвящено изучению темы по оптике квантово-размерных систем с квантовыми точками. Занятие 19 кружка по нанотехнологиям, проведённое 6.02.2024, посвящено изучению темы по оптике квантово-размерных систем с квантовыми проволоками. Занятие 20 кружка по нанотехнологиям, проведённое 13.02.2024, посвящено изучению темы по оптике тонкослойных покрытий на основе формул Френеля. Занятие 21 кружка по нанотехнологиям, проведённое

20.02.2024, посвящено изучению темы по оптике тонкослойных покрытий на основе формул Френеля. Занятие 22 кружка по нанотехнологиям, проведённое 27.02.2024, посвящено изучению темы по оптике наноструктурных покрытий с наночастицами на основе модифицированных формул Френеля. Занятие 23 кружка по нанотехнологиям, проведённое 5.03.2024, посвящено изучению темы по оптике наноструктурных покрытий с квантовыми точками на основе модифицированных формул Френеля. Занятие 24 кружка по нанотехнологиям, проведённое 12.03.2024, посвящено изучению темы по оптике наноструктурных покрытий с углеродными нанотрубками на основе модифицированных формул Френеля. Занятие 25 кружка по нанотехнологиям, проведённое 19.03.2024, посвящено изучению темы по оптике наноструктурных покрытий с графеновыми монослоями на основе модифицированных формул Френеля. Занятие 26 кружка по нанотехнологиям, проведённое 26.03.2024, посвящено изучению темы по оптике наноструктурных покрытий с борофеновыми монослоями на основе модифицированных формул Френеля. Занятие 27 кружка по нанотехнологиям, проведённое 2.04.2024, посвящено изучению темы по физическим основам нанотехнологии наноматериалов с квазиулевым показателем преломления. Занятие 28 кружка по нанотехнологиям, проведённое 9.04.2024, посвящено изучению темы по особенностям нанотехнологии изготовления наноматериалов с квазиулевым показателем преломления. Занятие 29 кружка по нанотехнологиям, проведённое 16.04.2024, посвящено изучению темы по физическим основам нанотехнологии наноматериалов с нулевым показателем преломления. Занятие 30 кружка по нанотехнологиям, проведённое 23.04.2024, посвящено изучению темы по особенностям нанотехнологии изготовления наноматериалов с нулевым показателем преломления. Занятие 31 кружка по нанотехнологиям, проведённое 30.04.2024, посвящено изучению темы по физическим основам нанотехнологии наноматериалов с квазиединичным показателем преломления. Занятие 32 кружка по нанотехнологиям, проведённое 14.05.2024, посвящено изучению темы по особенностям нанотехнологии изготовления наноматериалов с квазиединичным показателем преломления. Занятие 33 кружка по нанотехнологиям, проведённое 21.05.2024, посвящено изучению темы по физическим основам нанотехнологии наноматериалов с единичным показателем преломления. Занятие 34 кружка по нанотехнологиям, проведённое 28.05.2024, посвящено изучению темы по особенностям нанотехнологии изготовления наноматериалов с единичным показателем преломления.

Заключение

В кружке по нанотехнологиям реализуется интенсивное развитие личности студента за счёт организации активной познавательной деятельности в области нанотехнологий и наноэлектроники путём развития символического и предметного мышления. Познание физических законов мира наносистем происходит в процессе активной познавательной деятельности студентов в рамках взаимодействия на занятиях научного кружка по нанотехнологиям. Численные эксперименты по расчёту характеристик физических явлений предлагается студентам выполнять самостоятельно по заданию преподавателя, а затем обсуждать результаты на занятиях кружка по нанотехнологиям. Успешному изучению физических основ нанотехнологий способствует участие в беседах, дискуссиях и спорах при обсуждении результатов численных экспериментов по расчёту характеристик физических явлений в наноструктурах и наносистемах. Все участники кружка по нанотехнологиям успешно защищали курсовые работы по физике, курсовые работы по методике преподавания физики и выпускные квалификационные работы по физике с 2014 по 2024 годы. Все приобретённые знания, умения и навыки исследовательской деятельности в области нанотехнологий получают дальнейшее развитие в профессиональной деятельности выпускников при разработке проектов в области нанотехнологий.

Гипотеза научного исследования, заключающаяся в том, что если осуществлять кружковую деятельность по нанотехнологиям в педагогическом университете, то можно повысить познавательный интерес студентов к нанотехнологической тематике, подтверждена полностью.

Исследования по тематике, связанной с нанотехнологиями, дадут огромный толчок для самоопределения студентов, и в будущем, реализуя проекты, они смогут внести свой вклад в развитие нанотехнологического образования. Кружковое движение помогает решить задачу формирования в стране следующих поколений инженеров, учёных, предпринимателей с высоким уровнем профессионализма, способных разрабатывать и реализовывать новые научно-технологические проекты, ведущих их к высоким прикладным результатам и направленные на развитие нанотехнологий.

Список использованных источников

1. Khani Shiva, Farmani Ali, Rezaei Pejman. Optical resistance switch for optical sensing // Emerging trends in mechatronics. — Springer Nature Singapore, 2023. — P. 1–38. — ISBN: 9789811987908. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-19-8790-8_1.
2. Chen Wen, Tang Ming, Wang Liang. Optical imaging, optical sensing and devices // Sensors. — 2023. — mar. — Vol. 23, no. 6. — P. 2882. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/s23062882>.
3. Optical remote sensing / Man Sing Wong [et al.] // The Urban Book Series. — Springer Singapore, 2021. — P. 315–344. — ISBN: 9789811589836. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-8983-6_20.
4. Optical sensing in high dimensions / Thomas Mueller [et al.] // Unconventional imaging, sensing, and adaptive optics 2023 / Ed. by Santasri R. Bose-Pillai, Jean J. Dolne, Mark F. Spencer. — SPIE, 2023. — oct. — URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2676232>.
5. Geometric deep optical sensing / Shaofan Yuan [et al.] // Science. — 2023. — mar. — Vol. 379, no. 6637. — URL: <http://dx.doi.org/10.1126/science.ade1220>.
6. Integrated graphene heterostructures in optical sensing / Phuong Pham [et al.] // Micromachines. — 2023. — may. — Vol. 14, no. 5. — P. 1060. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/mi14051060>.
7. Panda Pravati, Chakroborty Subhendu. Optical sensor technology and its application in detecting environmental effluents: a review // International journal of environmental analytical chemistry. — 2022. — jul. — P. 1–16. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/03067319.2022.2098480>.
8. Vujnovic Vedran, Jardas Daria, Karuza Marin. Optical sensing with dichroic resonator // 2022 45th Jubilee international convention on information, communication and electronic technology (MIPRO). — IEEE, 2022. — may. — URL: <http://dx.doi.org/10.23919/MIPRO55190.2022.9803748>.
9. Optical fiber sensors: working principle, applications, and limitations / Mohamed Elsherif [et al.] // Advanced Photonics Research. — 2022. — jul. — Vol. 3, no. 11. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/adpr.202100371>.

10. Optical sensing from plasmonic metamaterials / Ifeoma Mbonson [et al.] // 2016 18th International conference on transparent optical networks (ICTON). — IEEE, 2016. — jul. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ICTON.2016.7550325>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: lera.tim2002@icloud.com

ORCID iD  0009-0006-1685-9612

Web of Science ResearcherID  JRW-5516-2023

Original article
PACS 01.40.-d
OCIS 000.20608
MSC 00A79

Analysis of the results of the activities of the scientific club on nanotechnology in the pedagogical university

V. M. Timchenko 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted July 22, 2024
Resubmitted July 24, 2024
Published September 12, 2024

Abstract. Theoretical and methodological problems of nanotechnology training at a pedagogical university are considered within the framework of a nanotechnology club. A comprehensive analysis of the nanotechnology training system at a pedagogical university within the framework of a nanotechnology club in senior years of the bachelor's degree at a pedagogical university is conducted. A description of the development and results of the nanotechnology club at a pedagogical university is given. The results of the activities and publication activity of the nanotechnology club participants at a pedagogical university for the period from 2014 to the first half of 2024 are analyzed.

Keywords: circle movement, nanotechnology training, scientific circle, system of project work on nanotechnology, nanotechnology, nanostructure, nanooptics, nanomaterial, nano-electronics, plasmon-polariton, electromagnetic wave, optics

References

1. Khani Shiva, Farmani Ali, Rezaei Pejman. Optical resistance switch for optical sensing // Emerging trends in mechatronics. — Springer Nature Singapore, 2023. — P. 1–38. — ISBN: 9789811987908. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-19-8790-8_1.
2. Chen Wen, Tang Ming, Wang Liang. Optical imaging, optical sensing and devices // Sensors. — 2023. — mar. — Vol. 23, no. 6. — P. 2882. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/s23062882>.
3. Optical remote sensing / Man Sing Wong [et al.] // The Urban Book Series. — Springer Singapore, 2021. — P. 315–344. — ISBN: 9789811589836. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-8983-6_20.
4. Optical sensing in high dimensions / Thomas Mueller [et al.] // Unconventional imaging, sensing, and adaptive optics 2023 / Ed. by Santasri R. Bose-Pillai, Jean J. Dolne, Mark F. Spencer. — SPIE, 2023. — oct. — URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2676232>.
5. Geometric deep optical sensing / Shaofan Yuan [et al.] // Science. — 2023. — mar. — Vol. 379, no. 6637. — URL: <http://dx.doi.org/10.1126/science.ade1220>.

6. Integrated graphene heterostructures in optical sensing / Phuong Pham [et al.] // *Micromachines*. — 2023. — may. — Vol. 14, no. 5. — P. 1060. — URL: <http://dx.doi.org/10.3390/mi14051060>.
7. Panda Pravati, Chakroborty Subhendu. Optical sensor technology and its application in detecting environmental effluents: a review // *International journal of environmental analytical chemistry*. — 2022. — jul. — P. 1–16. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/03067319.2022.2098480>.
8. Vujnovic Vedran, Jardas Daria, Karuza Marin. Optical sensing with dichroic resonator // 2022 45th Jubilee international convention on information, communication and electronic technology (MIPRO). — IEEE, 2022. — may. — URL: <http://dx.doi.org/10.23919/MIPRO55190.2022.9803748>.
9. Optical fiber sensors: working principle, applications, and limitations / Mohamed Elsherif [et al.] // *Advanced Photonics Research*. — 2022. — jul. — Vol. 3, no. 11. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/adpr.202100371>.
10. Optical sensing from plasmonic metamaterials / Ifeoma Mbonson [et al.] // 2016 18th International conference on transparent optical networks (ICTON). — IEEE, 2016. — jul. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ICTON.2016.7550325>.

Information about authors:

Valeria Maksimovna Timchenko — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: lera.tim2002@icloud.com

ORCID iD  0009-0006-1685-9612

Web of Science ResearcherID  JRW-5516-2023