

## Секция 2

---

### Науки об образовании

---

#### 2.1 Теория и методика обучения и воспитания

Научная статья

УДК 372.853

ББК 74.489

ГРНТИ 14.35.09

ВАК 5.8.2.

PACS 01.40.-d

OCIS 000.2060

MSC 00A79

#### Исследование методики преподавания курса нанооптики в педагогическом университете

К. К. Алтунин , Е. С. Сорокина  <sup>1</sup>

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

Поступила в редакцию 22 апреля 2024 года

После переработки 24 апреля 2024 года

Опубликована 12 июня 2024 года

---

**Аннотация.** Представлены результаты педагогического эксперимента по апробации методики преподавания курса нанооптики, включающую использование современных информационных технологий, на специальностях физико-математического профиля педагогического направления подготовки в педагогическом университете. В результате проведённого педагогического эксперимента получены положительные результаты апробации методики преподавания курса нанооптики в педагогическом университете.

**Ключевые слова:** нанооптика, курс нанооптики, педагогический эксперимент, апробация методики преподавания, педагогический университет

---

<sup>1</sup>E-mail: ksorokina2001@mail.ru

## Введение

В современной эпохе быстрого развития науки и технологий невозможно переоценить значение нанотехнологий и оптики. Комбинация этих двух областей даёт возможность создания уникальных материалов, устройств и систем, повышает эффективность процессов в различных отраслях промышленности и науки. В связи с этим актуальной становится задача подготовки специалистов с педагогическим образованием, обладающих теоретическими знаниями в области нанооптики. Преподавание учебной дисциплины по нанооптике требует особого подхода и методики, учитывающих специфику учебной дисциплины по нанооптике. Актуальность исследования методики преподавания курса нанооптики в педагогическом университете обусловлена необходимостью развития научного и технического образования, а также подготовки высококвалифицированных специалистов в области нанотехнологий.

Цель исследования заключается в апробации методики преподавания курса нанооптики, которая позволит студентам получить глубокие знания и навыки в области нанооптики, а также развить критическое мышление и творческие способности. Задачи исследования состоят в том, чтобы проанализировать современное состояние научных работ по наноразмерным системам и устройствам, апробировать методику преподавания курса нанооптики, включающую использование современных информационных технологий, на базе педагогического университета.

Объектом исследования является процесс обучения студентов педагогического университета курсу нанооптики. Предметом исследования является методика преподавания курса нанооптики, основанная на использовании современных информационных технологий.

Методы исследования включают анализ научной литературы, педагогический эксперимент, наблюдение и статистическую обработку данных. Материалы исследования включают учебные планы, программы курсов, методические разработки, а также результаты педагогического эксперимента по апробации методики преподавания курса нанооптики в педагогическом университете.

Научная новизна исследования заключается в том, что предложен новый подход к преподаванию курса нанооптики, основанный на использовании современных образовательных технологий, разработана методика преподавания курса нанооптики, включающая использование информационных технологий, проведена апробация разработанной методики на базе педагогического университета и получены положительные результаты апробации методики преподавания курса нанооптики в педагогическом университете.

Гипотеза исследования заключается в том, что если применять разработанную методику преподавания курса нанооптики, то можно повысить качество обучения студентов, развить их профессиональные компетенции и подготовить высококвалифицированных специалистов в области нанотехнологий.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке нового подхода к преподаванию курса нанооптики, который может быть использован в других педагогических университетах и способствовать развитию педагогического образования с физико-техническим профилем подготовки. Практическая значимость исследования состоит в возможности применения разработанной методики преподавания курса нанооптики в педагогической практике, что позволит повысить качество обучения студентов и подготовить высококвалифицированных специалистов в области педагогического образования, владеющих теоретическими основами нанотехнологий и оптических технологий наноструктур.

## Обзор работ по наноразмерным системам и устройствам

Наномеханика произвела революцию в изучении колебаний и вибраций на мезоскопическом уровне, внося нелинейности и значительные флуктуации из-за небольшого масштаба наномеханических систем [1]. Наномеханические системы на наноуровне демонстрируют мезоскопическую физику, включающую значительные флуктуации, нелинейные вибрации и уникальные механизмы диссипации, предлагая платформу для изучения классических и квантовых явлений, далеких от равновесия [1]. Эти системы обеспечивают точный контроль, позволяя исследовать явления классической и квантовой физики, далёкие от теплового равновесия, в хорошо изученной среде. Эта область охватывает широкий спектр явлений, включая консервативные и диссипативные нелинейности, флуктуации и эффекты периодического движения, нарушение симметрии перемещения во времени и детального баланса, что приводит к бистабильности и мультистабильности [2, 3]. В работе [2] представлена мультифизическая система манипуляций нанороботами для прототипирования передовых наноразмерных устройств и определения характеристик просвечивающей электронной микроскопии на месте с использованием различных физических стимулов, таких как частицы, волны, поля и силы. Кроме того, была предложена мультифизическая платформа для улучшения манипуляций нанороботами и просвечивающей электронной микроскопии, что позволяет создавать прототипы и характеристики современных устройств на атомных уровнях с использованием различных физических стимулов, таких как частицы, волны, поля и силы.

Нанотехнологии в энергетических системах используют фундаментальные физические принципы на наноуровне, повышая эффективность за счёт графена, нанотрубок и солнечных элементов, совершая революцию в производстве и хранении энергии [4]. Энергосистемы передают энергию нагрузкам, выполняющим определенную функцию, таким образом, что не возникает барьера электропроводности. Производство энергии с помощью систем, основанных на нанотехнологиях, очень эффективно. Они производятся методами лазерной абляции и осаждения из паровой фазы. Использование графена эффективно для наполнения энергетических систем, поскольку он обладает такими физическими характеристиками, как подвижность электронов, высокая проводимость. Солнечные элементы, которые преобразуют энергию, поступающую от Солнца, в электрическую форму, поскольку на этот процесс сильно влияет фотоэлектрическое влияние. В работе [4] разработан конденсатор с комбинацией нанотрубок, которые увеличивают площадь поверхности электрода и, следовательно, количество энергии. Нанотехнологии могут быть использованы для производства дешевых и высокоэффективных солнечных элементов. Наноконденсаторы также работают на основе физико-химических свойств материалов как электрода, так и электролита. Нанотехнологии могут быть использованы в производстве различных электрических и коммерческих приборов [4].

Физические открытия в наноплазмонных системах достигаются посредством автономных экспериментов с использованием глубокого обучения ядра, что позволяет получить физическое представление о сканирующей просвечивающей электронной микроскопии для наномасштабных исследований [5]. Открытия, основанные на физике в ходе автономного эксперимента, стали мечтой о применении машинного обучения в физических науках. В статье [5] разрабатывается и экспериментально реализуется рабочий процесс глубокого обучения ядра, сочетающий в себе корреляционное предсказание целевого функционального ответа и его неопределённости на основе структуры, а также основанный на физике выбор функции сбора данных, которая автономно управляет навигацией в пространстве изображений. По сравнению с классическими методами байесовской оптимизации этот подход позволяет улавливать сложные пространственные

особенности, присутствующие в изображениях реалистичных материалов, и динамически изучать взаимосвязи структура-свойство. В сочетании с гибкой функцией скаляризатора, которая позволяет приписывать степень физического интереса предсказанным спектрам, это позволяет осуществлять физические открытия в автоматизированных экспериментах. В статье [5] этот подход проиллюстрирован для наноплазмонных исследований наночастиц и экспериментально реализован по-настоящему автономным образом для обнаружения объёмных и краевых плазмонов в  $\text{MnPS}_3$ , менее известном светочувствительном слоистом двумерном материале. Этот подход является универсальным, может быть непосредственно использован с любым образцом в исходном виде и, как ожидается, будет применим к любым методам зондовой микроскопии, включая другие методы сканирующей туннельной электронной микроскопии, сканирующую зондовую микроскопию, химическую и оптическую визуализацию.

В статье [6] описаны результаты, полученные в лаборатории наномасштабной физики на базе микроскопа, специализирующегося на технологиях на основе атомной сканирующей микроскопии, сканирующей туннельной микроскопии, рамановской спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии, наноразмерной 3D-печати и измерениях свойств материалов, продвигая физику на наноуровне.

Термин «наносистема» относится к системе, по крайней мере, с одним пространственным измерением, уменьшенным до нанометрового масштаба (с размером меньше 100 нм), и включает нульмерные системы (такие как металлические, полупроводниковые и керамические наночастицы), одномерные системы (такие как нанопроволоки, нанотрубки и наностержни) и двумерные структуры (тонкие плёнки или пластины) [7]. Наноразмерные системы включают нульмерные наночастицы, одномерные нанопроволоки, нанотрубки, наностержни и двумерные тонкие плёнки. Эти системы имеют фундаментальное значение для наноматериалов и квантовых моделей [7].

Физика наноразмерных систем включает междисциплинарные исследования самоорганизации, самосборки, стабильности и свойств наноскопических и мезоскопических структур, изучение классических и квантовых принципов в живой и неживой материи [8]. Различные аспекты структурообразования и динамики живой и неживой материи на наноуровне представляют собой междисциплинарную область, вызывающую быстро растущий исследовательский интерес как экспериментаторов, так и теоретиков [8].

В статье [9] наноразмерное магнитное устройство, вдохновленное нейронами, было разработано для эффективных вычислений, демонстрируя потенциал для продвинутой обработки информации, выходящий за рамки традиционных компьютеров в физике. Для распознавания аудиосигналов было использовано наноразмерное магнитное устройство, имитирующее поведение нейронов. Такое устройство можно было бы адаптировать для решения задач с большей эффективностью, чем обычные компьютеры. Нейроморфные вычисления используют исключительные возможности биологического мозга по обработке информации и пытаются создать искусственные нейроны, синапсы и сети для решения конкретных задач, которые являются сложными или энергоёмкими для обычных компьютеров, таких как распознавание изображений и закономерностей в сенсорных сигналах. В статье [9] используют магнитные наногенераторы, чтобы имитировать нелинейное колебательное поведение нейронов и проверять способность таких устройств распознавать аудиосигналы. Система была обучена распознавать произносимые цифры пяти разных голосов из эталонной базы данных и могла делать это с точностью, сравнимой с современным машинным обучением. Работа [9] открывает новое направление для маломощной обработки информации, подобной мозгу, на базе чипов.

Физика на наноуровне демонстрирует уникальное поведение из-за изменённых физических характеристик, что приводит к нетрадиционным реакциям, таким как эффекты памяти в электронных системах и изменения механических свойств в наноструктурах

[10]. В наномасштабе физика следует знакомым принципам, которые приводят к незнакомым и даже маловероятным реакциям. Изменение баланса ряда физических характеристик приводит к поведению, которое может сильно отличаться от поведения тех же материалов на макроуровне. В работе [10] рассматриваются некоторые эффекты памяти, которые вызывают растущий интерес в исследованиях наноразмерных электронных систем. Работа [10] строится на знакомой предпосылке, что внешние возмущения не могут оказать мгновенного воздействия на любую конденсированную систему. Это тем более справедливо для систем наноразмеров, где динамика нескольких атомов может существенно повлиять на всю структуру. Таким образом, в работе [10] объясняется, что реакция этих систем всегда будет иметь некоторую степень присутствия памяти, и что мемристивные, мемемёмкостные и меминдуктивные системы являются просто примерами, где эта особенность особенно выражена.

В работе [11] рассматриваются математические темы, необходимые для изучения электронного транспорта в наноразмерных системах, включая векторное исчисление, преобразование Фурье, квантовую механику, функцию Грина и вторичное квантование.

Физика в наносистемах включает в себя квантовые эффекты, доминирующие на нанометровых размерах, изменяющие такие свойства, как электрическое, оптическое и тепловое поведение, что имеет решающее значение для разработки передовых оптоэлектронных устройств.

Наноразмерные устройства относятся к миниатюрным приборам, в которых свойства полупроводников настраиваются на наноуровне, что приводит к уникальным физическим характеристикам, не наблюдаемым в макроскопических системах [12]. Наноразмерные устройства демонстрируют уникальные свойства, обусловленные индивидуальной архитектурой, что приводит к новым физическим характеристикам [12]. Понимание электронных и фотонных взаимодействий имеет решающее значение для разработки передовых наноразмерных полупроводниковых приборов [12]. Наноразмерные устройства играют решающую роль в различных областях, включая фотонику и электронику. Например, байесовские нейронные сети извлекают выгоду из наноразмерных мемристивных устройств, таких как память с фазовым изменением, для эффективной аппаратной реализации, снижения требований к ресурсам при сохранении точности. Наномасштабная фотоника включает в себя формирование структуры полупроводников в субмикронных масштабах, что позволяет создавать сверхбыстрые оптические затворы и другие современные устройства с минимальным энергопотреблением и небольшими размерами [13]. В статье [13] обсуждаются наноразмерные фотонные устройства, такие как фотонно-кристаллический оптический параметрический генератор. Эти устройства имеют требования к мощности в микроваттах, размер микрометра и полосу пропускания в несколько ГГц, подходящие для квантовых приложений. Кроме того, устройства, содержащие скирмионы, перспективны для низкоэнергетического хранения данных, поскольку сложная геометрия влияет на поведение и контроль скирмионов внутри структур [14]. Наномасштабные структуры, подобные устройствам FeGe, были изучены для удержания блоховских скирмионов, влияя на поведение и формирование скирмионов в более низких магнитных полях по сравнению с простыми формами [14]. В усовершенствованных нанотранзисторах, таких как многозатворные наномоптранзисторы и туннельные транзисторы, используются инновационные материалы и архитектуры для повышения производительности и решения проблем, с которыми столкнутся будущие наноэлектронные устройства [15]. Наноразмерные устройства, такие как многозатворные наномоптранзисторы, туннельные транзисторы и гибридные наноконпоненты с инновационными материалами, решают проблемы энергопотребления, производительности, изменчивости и надёжности [15]. В статье [16] предлагается наноразмерное электронное устройство переменной площади, использующее наномембраны для изменения геометрии

рии контактов и подачи тока в электронные переходы, повышая чувствительность к давлению.

В статье [17] предлагается новый метод для моделирования физических свойств наноразмерных устройств с использованием сохраняющего аналитического продолжения в рамках теории неравновесных функций Грина, способствующего сходимости и сохранения законов сохранения. В статье [17] предлагается альтернативный подход к самосогласованности и законам сохранения в теории неравновесных функций Грина, который обеспечивает бесконечное семейство сохраняющихся, но, вообще говоря, несамосогласованных приближений. В статье [17] показано, что в любом  $\Phi$ -выводимом приближении ассоциированный ряд Борна для неравновесной функции Грина сохраняется. Значения математических ожиданий, рассчитанные по ряду Борна, затем используются для построения таблицы аппроксимаций Паде, при этом законы сохранения естественным образом сохраняются. В статье [17] показано, что эта техника реализуется для  $\Phi$ -выводимого самосогласованного борновского приближения, для которого получаем рекуррентное соотношение, которое дает ряд Борна для неравновесной функции Грина до любого желаемого порядка. Значения математических ожиданий, рассчитанные на основе ряда Борна, затем подвергаются постобработке для построения таблицы Паде сохраняющихся аппроксимаций. Расчёт самосогласованного фототока борновского приближения в смещенной модели молекулярного соединения представляет собой пример, когда в дополнение к законам сохранения достигается существенное ускорение сходимости по сравнению со стандартными методами. Настоящая переформулировка самосогласованного борновского приближения может способствовать сходимости к полностью самосогласованным результатам в широком круге задач.

В работе [18] основное внимание уделяется проверке параметров модели устройства для наноразмерных МОП-транзисторов и предлагается подход с использованием поправочных коэффициентов для рассмотрения механизмов квантовомеханического транспорта в МОП-транзисторах с длиной канала, равной 90 нм.

В ходе исследования были проанализированы различные литературные источники, что позволило накопить обширные теоретические материалы по курсу нанооптики.

## Результаты педагогического эксперимента по нанооптике

Педагогический эксперимент по нанооптике проводился на очном отделении факультета физико-математического и технологического образования в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова» для студентов группы ФМ-19, обучающихся по направлению подготовки по педагогическому образованию с профилем по физике и математике с 1 сентября 2023 года по 22 января 2024 года. Для проведения педагогического эксперимента была выбрана первая подгруппа академической группы ФМ-19. Согласно выбранной схеме педагогического эксперимента по избранным занятиям дисциплины по выбору «Нанооптика» внедрялись разработанные элементы тематического модуля по нанооптике из дистанционного курса по наноэлектронике в образовании. Материалы и элементы тематического модуля по нанооптике были внедрены на четырёх занятиях по курсу нанооптики. Материалы и элементы тематического модуля связаны с анализом новых подходов и методов расчёта оптических характеристик с квантовыми точками. В педагогическом эксперименте по нанооптике приняло участие 6 студентов из первой подгруппы академической группы ФМ-19. Общая трудоёмкость курса нанооптики в 2023-2024 учебном году составляет 2 зачётные единицы трудоёмкости. При оценивании студентов на занятиях использовалась рейтинговая система оценивания, принятая в университете. Максимальная итоговая сумма баллов по курсу нанооптики составляет 200 баллов.

Занятие 1 по курсу нанооптики было проведено 2.10.2023 по теме, связанной с изу-

чением отражения и пропускания света на границе раздела наноструктур с квантовыми точками. Согласно рейтинговой системы оценивания максимальное количество баллов на занятии 1 составляет 13 баллов. Студент ФМ-19-02 на занятии 1 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-04 на занятии 1 по курсу нанооптики заработал 8 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-11 на занятии 1 по курсу нанооптики заработал 7 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-20 на занятии 1 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-24 на занятии 1 по курсу нанооптики заработал 7 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-23 на занятии 1 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». По результатам проведения занятия 1 по нанооптике студенты первой подгруппы академической группы ФМ-19 получили 3 отметки «отлично», 3 отметки «удовлетворительно». На занятии 1 по курсу нанооптики, проведённом 2.10.2023, абсолютная успеваемость студентов составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На занятии 1 по курсу нанооптики, проведённом 2.10.2023, качественная успеваемость студентов составила 50 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На занятии 1 по курсу нанооптики, проведённом 2.10.2023, степень обученности студентов составила 68 %, что соответствует оптимальному уровню степень обученности. На занятии 1 по курсу нанооптики, проведённом 2.10.2023, высший уровень требований составил 68 %, средний уровень требований составил 40 %, низший уровень требований составил 20 %. На занятии 1 по курсу нанооптики, проведённом 2.10.2023, среднее значение отметок по пятибалльной шкале равно 4.0. На занятии 1 по курсу нанооптики, проведённом 2.10.2023, экспериментальное значение суммы хи-квадрат равно 9.0, что меньше критического значения для 5 степеней свободы и уровня значимости 0.01, равного 15.086, поэтому первая гипотеза выполняется.

Занятие 2 по курсу нанооптики было проведено 9.10.2023 по теме, связанной с изучением отражения и пропускания света на границе раздела нанокompозитных структур с квантовыми точками. Согласно рейтинговой системы оценивания максимальное количество баллов на занятии 2 составляет 13 баллов. Студент ФМ-19-02 на занятии 2 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-04 на занятии 2 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-11 на занятии 2 по курсу нанооптики заработал 7 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-20 на занятии 2 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-24 на занятии 2 по курсу нанооптики заработал 7 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-23 на занятии 2 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». По результатам проведения занятия 2 по нанооптике студенты первой подгруппы академической группы ФМ-19 получили 4 отметки «отлично», 2 отметки «удовлетворительно». На занятии 2 по курсу нанооптики, проведённом 9.10.2023, абсолютная успеваемость студентов составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На занятии 2 по курсу нанооптики, проведённом 9.10.2023, качественная успеваемость студентов составила 66.7 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На занятии 2 по курсу нанооптики, проведённом 9.10.2023, степень обученности студентов составила 78.7 %, что соответствует оптимальному уровню степень обученности. На занятии 2 по курсу нанооптики, проведённом 9.10.2023, высший уровень требований составил 78.7 %, средний уровень требований составил 48.7 %, низший уровень требований составил 25.3 %. На занятии 2 по курсу нанооптики, проведённом 9.10.2023, среднее значение отметок по пятибалльной шкале равно 4.333. На занятии 2 по курсу нанооптики,

проведённом 9.10.2023, экспериментальное значение суммы хи-квадрат равно 10.667, что меньше критического значения для 5 степеней свободы и уровня значимости 0.01, равного 15.086, поэтому первая гипотеза выполняется.

Занятие 3 по курсу нанооптики было проведено 9.10.2023 по теме, связанной с изучением приближения эффективной среды для нанокompозитных сред с квантовыми точками, описываемых формулами Максвелл-Гарнетта и Бруггемана. Согласно рейтинговой системы оценивания максимальное количество баллов на занятии 3 составляет 13 баллов. Студент ФМ-19-02 на занятии 3 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-04 на занятии 3 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-11 на занятии 3 по курсу нанооптики заработал 7 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-20 на занятии 3 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-24 на занятии 3 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-23 на занятии 3 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». По результатам проведения занятия 3 по нанооптике студенты первой подгруппы академической группы ФМ-19 получили 5 отметок «отлично», 1 отметка «удовлетворительно». На занятии 3 по курсу нанооптики, проведённом 16.10.2023, абсолютная успеваемость студентов составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На занятии 3 по курсу нанооптики, проведённом 16.10.2023, качественная успеваемость студентов составила 83.3 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На занятии 3 по курсу нанооптики, проведённом 16.10.2023, степень обученности студентов составила 89.3 %, что соответствует оптимальному уровню степень обученности. На занятии 3 по курсу нанооптики, проведённом 16.10.2023, высший уровень требований составил 89.3 %, средний уровень требований составил 56 %, низший уровень требований составил 30.7 %. На занятии 3 по курсу нанооптики, проведённом 16.10.2023, среднее значение отметок по пятибалльной шкале равно 4.667. На занятии 3 по курсу нанооптики, проведённом 16.10.2023, экспериментальное значение суммы хи-квадрат равно 15.667, что больше критического значения для 5 степеней свободы и уровня значимости 0.01, равного 15.086, поэтому первая гипотеза отвергается. Методика проведения занятия 3 требует дальнейшего совершенствования.

Занятие 4 по курсу нанооптики проведено 23.10.2023 по теме, связанной с изучением приближения эффективной среды для нанокompозитных сред с квантовыми точками, описываемых формулами Лорентц-Лоренца и Клаузиуса-Моссотти. Согласно рейтинговой системы оценивания максимальное количество баллов на занятии 4 составляет 13 баллов. Студент ФМ-19-02 на занятии 4 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-04 на занятии 4 по курсу нанооптики заработал 8 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-11 на занятии 4 по курсу нанооптики заработал 7 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-20 на занятии 4 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-24 на занятии 4 по курсу нанооптики заработал 7 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-23 на занятии 4 по курсу нанооптики заработал 13 баллов, что соответствует отметке «отлично». По результатам проведения занятия 4 по нанооптике студенты первой подгруппы академической группы ФМ-19 получили 3 отметки «отлично», 3 отметки «удовлетворительно». На занятии 4 по курсу нанооптики, проведённом 23.10.2023, абсолютная успеваемость студентов составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На занятии 4 по курсу нанооптики, проведённом 23.10.2023, качественная успеваемость студентов составила 58 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости.

что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На занятии 4 по курсу нанооптики, проведённом 23.10.2023, степень обученности студентов составила 68 %, что соответствует оптимальному уровню степень обученности. На занятии 4 по курсу нанооптики, проведённом 23.10.2023, высший уровень требований составил 68 %, средний уровень требований составил 40 %, низший уровень требований составил 20 %. На занятии 4 по курсу нанооптики, проведённом 23.10.2023, среднее значение отметок по пятибалльной шкале равно 4.0. На занятии 4 по курсу нанооптики, проведённом 23.10.2023, экспериментальное значение суммы хи-квадрат равно 9.0, что меньше критического значения для 5 степеней свободы и уровня значимости 0.01, равного 15.086, поэтому первая гипотеза выполняется.

Контрольная работа по курсу нанооптики была проведена 10.01.2024. Согласно рейтинговой системы оценивания максимальное количество баллов на контрольной работе составляет 32 балла. Студент ФМ-19-02 на контрольной работе по курсу нанооптики набрал 32 балла, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-04 на контрольной работе по курсу нанооптики набрал 32 балла, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-11 на контрольной работе по курсу нанооптики набрал 17 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-20 на контрольной работе по курсу нанооптики набрал 32 балла, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-24 на контрольной работе по курсу нанооптики набрал 17 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-23 на контрольной работе по курсу нанооптики набрал 17 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». По результатам проведения контрольной работы по нанооптике студенты первой подгруппы академической группы ФМ-19 получили 3 отметки «отлично», 3 отметки «удовлетворительно». На контрольной работе по курсу нанооптики, проведённой 10.01.2024, абсолютная успеваемость студентов составила 100 %, что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На контрольной работе по курсу нанооптики, проведённой 10.01.2024, качественная успеваемость студентов составила 50 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На контрольной работе по курсу нанооптики, проведённой 10.01.2024, степень обученности студентов составила 68 %, что соответствует оптимальному уровню степень обученности. На контрольной работе по курсу нанооптики, проведённой 10.01.2024, высший уровень требований составил 68 %, средний уровень требований составил 40 %, низший уровень требований составил 20 %. На контрольной работе по курсу нанооптики, проведённой 10.01.2024, среднее значение отметок по пятибалльной шкале равно 4.0. На контрольной работе по курсу нанооптики, проведённой 10.01.2024, экспериментальное значение суммы хи-квадрат равно 9.0, что меньше критического значения для 5 степеней свободы и уровня значимости 0.01, равного 15.086, поэтому первая гипотеза выполняется.

Зачёт по курсу нанооптики был проведён 22.01.2024. Согласно рейтинговой системы оценивания максимальное количество баллов на зачёте составляет 32 балла. Студент ФМ-19-02 на зачёте по курсу нанооптики набрал 32 балла, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-04 на зачёте по курсу нанооптики набрал 32 балла, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-11 на зачёте по курсу нанооптики набрал 17 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-20 на зачёте по курсу нанооптики набрал 32 балла, что соответствует отметке «отлично». Студент ФМ-19-24 на зачёте по курсу нанооптики набрал 17 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». Студент ФМ-19-23 на зачёте по курсу нанооптики набрал 17 баллов, что соответствует отметке «удовлетворительно». По результатам проведения зачёта по нанооптике студенты первой подгруппы академической группы ФМ-19 получили 3 отметки «отлично», 3 отметки «удовлетворительно». На зачёте по курсу нанооптики, проведённом 22.01.2024, абсолютная успеваемость студентов составила 100 %,

что соответствует оптимальному уровню абсолютной успеваемости. На зачёте по курсу нанооптики, проведённом 22.01.2024, качественная успеваемость студентов составила 50 %, что соответствует оптимальному уровню качественной успеваемости. На зачёте по курсу нанооптики, проведённом 22.01.2024, степень обученности студентов составила 68 %, что соответствует оптимальному уровню степени обученности. На зачёте по курсу нанооптики, проведённой 22.01.2024, высший уровень требований составил 68 %, средний уровень требований составил 40 %, низший уровень требований составил 20 %. На зачёте по курсу нанооптики, проведённом 22.01.2024, среднее значение отметок по пятибалльной шкале равно 4.0. На зачёте по курсу нанооптики, проведённом 2.01.2024, экспериментальное значение суммы хи-квадрат равно 9.0, что меньше критического значения для 5 степеней свободы и уровня значимости 0.01, равного 15.086, поэтому первая гипотеза выполняется.

Анализ проведенного исследования показал, что внедрение методики преподавания курса нанооптики в педагогическом университете привело к улучшению усвоения материала студентами на практических занятиях по нанооптике. Студенты проявили более высокий уровень интереса к изучаемой теме, стали активнее участвовать в обсуждении результатов и дискуссиях на практических занятиях по нанооптике.

## Заключение

Выводы исследования состоят в том, что предложенный подход к преподаванию курса нанооптики является актуальным и перспективным, разработанная методика преподавания курса нанооптики показала свою эффективность и может быть рекомендована для использования в педагогических университетах. Исследование показало, что разработка и внедрение новой методики преподавания курса нанооптики в педагогическом университете способствует более эффективному обучению студентов и подготовке квалифицированных специалистов.

Гипотеза исследования, заключающаяся в том, что если применять разработанную методику преподавания курса нанооптики, то можно повысить качество обучения студентов, развить их профессиональные компетенции и подготовить высококвалифицированных специалистов в области нанотехнологий, подтверждена полностью.

Полученные результаты позволяют говорить о необходимости дальнейшего развития образовательных программ по педагогическому образованию с профилем по физике, учитывающих современные требования рынка труда и научно-технического прогресса в области нанотехнологий. Таким образом, улучшение методики преподавания курса нанооптики способствует развитию образования и науки, обеспечивает подготовку специалистов, способных эффективно работать в современном информационном обществе.

## Список использованных источников

1. Bachtold Adrian, Moser Joel, Dykman M. I. Mesoscopic physics of nanomechanical systems // *Reviews of modern physics*. — 2022. — dec. — Vol. 94, no. 4. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/revmodphys.94.045005>.
2. A multiphysics nanorobotic manipulation system / Wenqi Zhang [et al.] // 2022 12th International conference on CYBER technology in automation, control, and intelligent systems (CYBER). — IEEE, 2022. — jul. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/cyber55403.2022.9907536>.
3. Pundt Astrid. Nanoskalige Metall-Wasserstoff-Systeme : Ph.D. thesis / Astrid Pundt ; University Goettingen Repository. — 2022. — URL: <http://dx.doi.org/10.53846/goediss-2742>.

4. Role of physics and new insights in development of energy system through nanotechnology / Muhammad Mubashar Hanif [et al.] // Saudi Journal of Engineering and Technology. — 2022. — feb. — Vol. 7, no. 2. — P. 94–98. — URL: <http://dx.doi.org/10.36348/sjet.2022.v07i02.005>.
5. Roccapiore Kevin M., Kalinin Sergei V., Ziatdinov Maxim. Physics discovery in nanoplasmonic systems via autonomous experiments in scanning transmission electron microscopy // Advanced Science. — 2022. — nov. — Vol. 9, no. 36. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/advs.202203422>.
6. An Sangmin. Research work in the microscope-based nanoscale physics lab // Impact. — 2022. — jun. — Vol. 2022, no. 3. — P. 18–20. — URL: <http://dx.doi.org/10.21820/23987073.2022.3.18>.
7. Cesaria Maura, Di Bartolo Baldassare. Nanomaterials: basic concepts and quantum models // Nano-optics: principles enabling basic research and applications. — Springer Netherlands, 2017. — P. 43–105. — ISBN: 9789402408508. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-94-024-0850-8\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-024-0850-8_3).
8. Korol Andrei V., Solov'yov Andrey V. Dynamics of systems on the nanoscale // The European Physical Journal D. — 2017. — dec. — Vol. 71, no. 12. — URL: <http://dx.doi.org/10.1140/EPJD/E2017-80698-Y>.
9. Hoppensteadt Frank. A new spin on nanoscale computing // Nature. — 2017. — jul. — Vol. 547, no. 7664. — P. 407–408. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/547407A>.
10. Demming Anna. Physical behaviour at the nanoscale: a model for fertile research // Nanotechnology. — 2013. — may. — Vol. 24, no. 25. — P. 250201–250201. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0957-4484/24/25/250201>.
11. Tan Seng Ghee, Jalil Mansoor B.A. Physics mathematics for nanoscale systems // Introduction to the physics of nanoelectronics. — Elsevier, 2012. — P. 1–22. — ISBN: 9780857095114. — URL: <http://dx.doi.org/10.1533/9780857095886.1>.
12. Ramezani Zeinab, Ahmadvand Arash. Fundamental phenomena in nanoscale semiconductor devices // Sub-micron semiconductor devices. — CRC Press, 2022. — mar. — P. 1–22. — ISBN: 9781003126393. — URL: <http://dx.doi.org/10.1201/9781003126393-1>.
13. Nanoscale photonic devices in the context of  $\mu$ wave photonics and quantum information / Sylvain Combrie [et al.] // Integrated optics: devices, materials, and Technologies XXVI / Ed. by Sonia M. Garcia-Blanco, Pavel Cheben. — SPIE, 2022. — mar. — URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2615648>.
14. Confinement of skyrmions in nanoscale FeGe device-like structures / Alison C. Twitchett-Harrison [et al.] // ACS Applied electronic materials. — 2022. — sep. — Vol. 4, no. 9. — P. 4427–4437. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/acsaelm.2c00692>.
15. Balestra Francis. Nanoscale devices for the end of the roadmap // 2019 IEEE 13th International conference on ASIC (ASICON). — IEEE, 2019. — oct. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ASICON47005.2019.8983541>.

16. Merces Leandro, de Oliveira Rafael Furlan, Bof Bufon Carlos Cesar. Nanoscale variable-area electronic devices: contact mechanics and hypersensitive pressure application // ACS Applied materials and interfaces. — 2018. — oct. — Vol. 10, no. 45. — P. 39168–39176. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/ACSAMI.8B12212>.
17. Nanoscale device modeling using a conserving analytic continuation technique / H. Mera [et al.] // Physical Review B. — 2013. — aug. — Vol. 88, no. 7. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PHYSREVB.88.075147>.
18. Borovik A., Kuleshov A., Trung Tran Tuan. Verification of device model parameters for nanoscale MOSFETs // 2015 International conference on advanced technologies for communications (ATC). — IEEE, 2015. — oct. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ATC.2015.7388382>.

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

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

IstinaResearcherID  66185348

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

E-mail: [ksorokina2001@mail.ru](mailto:ksorokina2001@mail.ru)

ORCID iD  0000-0002-5623-4346

Web of Science ResearcherID  AAX-8219-2021

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

## Investigation on teaching methods for a nanooptics course at a pedagogical university

K. K. Altunin , E. S. Sorokina 

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

Submitted April 22, 2024

Resubmitted April 24, 2024

Published June 12, 2024

---

**Abstract.** The results of a pedagogical experiment to test the methodology for teaching a nano-optics course, including the use of modern information technologies, in the physics and mathematics majors of the pedagogical direction of training at a pedagogical university are presented. As a result of the conducted pedagogical experiment, positive results were obtained from testing the methodology for teaching a nanooptics course at a pedagogical university.

**Keywords:** nanooptics, nanooptics course, pedagogical experiment, testing of teaching methods, pedagogical university

---

### References

1. Bachtold Adrian, Moser Joel, Dykman M. I. Mesoscopic physics of nanomechanical systems // Reviews of modern physics. — 2022. — dec. — Vol. 94, no. 4. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/revmodphys.94.045005>.
2. A multiphysics nanorobotic manipulation system / Wenqi Zhang [et al.] // 2022 12th International conference on CYBER technology in automation, control, and intelligent systems (CYBER). — IEEE, 2022. — jul. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/cyber55403.2022.9907536>.
3. Pundt Astrid. Nanoskalige Metall-Wasserstoff-Systeme : Ph.D. thesis / Astrid Pundt ; University Goettingen Repository. — 2022. — URL: <http://dx.doi.org/10.53846/goediss-2742>.
4. Role of physics and new insights in development of energy system through nanotechnology / Muhammad Mubashar Hanif [et al.] // Saudi Journal of Engineering and Technology. — 2022. — feb. — Vol. 7, no. 2. — P. 94–98. — URL: <http://dx.doi.org/10.36348/sjet.2022.v07i02.005>.
5. Roccapriore Kevin M., Kalinin Sergei V., Ziatdinov Maxim. Physics discovery in nanoplasmonic systems via autonomous experiments in scanning transmission electron microscopy // Advanced Science. — 2022. — nov. — Vol. 9, no. 36. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/advs.202203422>.

6. An Sangmin. Research work in the microscope-based nanoscale physics lab // Impact. — 2022. — jun. — Vol. 2022, no. 3. — P. 18–20. — URL: <http://dx.doi.org/10.21820/23987073.2022.3.18>.
7. Cesaria Maura, Di Bartolo Baldassare. Nanomaterials: basic concepts and quantum models // Nano-optics: principles enabling basic research and applications. — Springer Netherlands, 2017. — P. 43–105. — ISBN: 9789402408508. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-94-024-0850-8\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-024-0850-8_3).
8. Korol Andrei V., Solov'yov Andrey V. Dynamics of systems on the nanoscale // The European Physical Journal D. — 2017. — dec. — Vol. 71, no. 12. — URL: <http://dx.doi.org/10.1140/EPJD/E2017-80698-Y>.
9. Hoppensteadt Frank. A new spin on nanoscale computing // Nature. — 2017. — jul. — Vol. 547, no. 7664. — P. 407–408. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/547407A>.
10. Demming Anna. Physical behaviour at the nanoscale: a model for fertile research // Nanotechnology. — 2013. — may. — Vol. 24, no. 25. — P. 250201–250201. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0957-4484/24/25/250201>.
11. Tan Seng Ghee, Jalil Mansoor B.A. Physics mathematics for nanoscale systems // Introduction to the physics of nanoelectronics. — Elsevier, 2012. — P. 1–22. — ISBN: 9780857095114. — URL: <http://dx.doi.org/10.1533/9780857095886.1>.
12. Ramezani Zeinab, Ahmadvand Arash. Fundamental phenomena in nanoscale semiconductor devices // Sub-micron semiconductor devices. — CRC Press, 2022. — mar. — P. 1–22. — ISBN: 9781003126393. — URL: <http://dx.doi.org/10.1201/9781003126393-1>.
13. Nanoscale photonic devices in the context of  $\mu$ wave photonics and quantum information / Sylvain Combrie [et al.] // Integrated optics: devices, materials, and Technologies XXVI / Ed. by Sonia M. Garcia-Blanco, Pavel Cheben. — SPIE, 2022. — mar. — URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2615648>.
14. Confinement of skyrmions in nanoscale FeGe device-like structures / Alison C. Twitchett-Harrison [et al.] // ACS Applied electronic materials. — 2022. — sep. — Vol. 4, no. 9. — P. 4427–4437. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/acsaelm.2c00692>.
15. Balestra Francis. Nanoscale devices for the end of the roadmap // 2019 IEEE 13th International conference on ASIC (ASICON). — IEEE, 2019. — oct. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ASICON47005.2019.8983541>.
16. Merces Leandro, de Oliveira Rafael Furlan, Bof Bufon Carlos Cesar. Nanoscale variable-area electronic devices: contact mechanics and hypersensitive pressure application // ACS Applied materials and interfaces. — 2018. — oct. — Vol. 10, no. 45. — P. 39168–39176. — URL: <http://dx.doi.org/10.1021/ACSAMI.8B12212>.
17. Nanoscale device modeling using a conserving analytic continuation technique / H. Mera [et al.] // Physical Review B. — 2013. — aug. — Vol. 88, no. 7. — URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PHYSREVB.88.075147>.

18. Borovik A., Kuleshov A., Trung Tran Tuan. Verification of device model parameters for nanoscale MOSFETs // 2015 International conference on advanced technologies for communications (ATC). — IEEE, 2015. — oct. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ATC.2015.7388382>.

**Information about authors:**

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

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

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

IstinaResearcherID  66185348

**Ekaterina Sergeevna Sorokina** — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technology Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: [ksorokina2001@mail.ru](mailto:ksorokina2001@mail.ru)

ORCID iD  0000-0002-5623-4346

Web of Science ResearcherID  AAX-8219-2021