

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

## Разработка онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях

П. П. Карасева  <sup>1</sup>

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

Поступила в редакцию 22 августа 2024 года  
После переработки 24 августа 2024 года  
Опубликована 12 сентября 2024 года

---

**Аннотация.** Представлены результаты разработки модульной структуры онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях. Целью работы является описание и научно-методическое обоснование процесса разработки онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях, который будет способствовать формированию у студентов базовых знаний и навыков в области квантовой физики наносистем и нанотехнологий. Проведено описание избранные элементы содержания онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях с учётом особенностей дистанционного обучения в университетах. Курс по физике наносистем и наноустройств способствует формированию критического мышления и навыков самостоятельной работы с научной литературой по нанотехнологии.

**Ключевые слова:** физика, нанотехнологии, наносистема, наноустройство, курс, онлайн-курс, элемент курса, элемент контроля знаний

---

### Введение

Развитие нанотехнологий является одним из приоритетных направлений научно-технического прогресса, что обуславливает необходимость подготовки квалифицированных специалистов в области нанотехнологий. Онлайн-курсы предоставляют возможность получить качественное образование в области нанотехнологий без необходимости постоянного посещения учебного заведения, что особенно актуально для студентов, проживающих в отдалённых регионах или имеющих другие обязательства. Использование современных технологий в образовательном процессе способствует повышению мотивации студентов и делает обучение более интересным и эффективным.

---

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

Целью работы является описание и научно-методическое обоснование процесса разработки онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях, который будет способствовать формированию у студентов базовых знаний и навыков в области квантовой физики наносистем и нанотехнологий.

Задачи исследования:

1. написать обзор литературы по основным понятиям и физическим принципам физики наносистем и наноустройств в современных технологиях,
2. разработать модульную структуру онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях, учитывая особенности дистанционного обучения в университетах,
3. разработать элементы содержания онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях, учитывая особенности дистанционного обучения в университетах.

Объектом исследования является онлайн-курс физики наносистем и наноустройств в современных технологиях. Предметом исследования является процесс разработки курса физики наносистем и наноустройств, изготавливаемых с помощью современных технологий.

В качестве метода исследования будет использован аналитический метод к разработке материалов онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств, а также метод сравнительного анализа при реализации элементов контроля знаний в составе онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств.

Научная новизна исследования состоит в том, что создание комплексного и систематического изложения основных принципов и методов физики наносистем и нанотехнологий, которое ранее не было представлено в таком объеме в онлайн-курсах в области нанотехнологий.

Гипотеза исследования состоит в том, что если применять элементы курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях, то можно построить систему подготовки, которая будет эффективной, а курс по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях имеет ряд преимуществ перед другими формами обучения.

Теоретическая значимость онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств заключается в систематизации и обобщении знаний в области нанотехнологий, изучении их свойств, методов исследования и возможностей применения. Курс способствует формированию критического мышления и навыков самостоятельной работы с научной литературой, а также стимулирует интерес студентов к нанотехнологиям. Кроме того, теоретическая значимость курса заключается в возможности его использования как основы для дальнейшего углубленного изучения нанотехнологий и подготовки специалистов в этой области, а также в интернационализации образования и развитии научных исследований в области нанотехнологий.

Практическая значимость онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств заключается в возможности его применения для обучения студентов и специалистов в области нанотехнологий, а также для популяризации научных знаний в этой сфере. Курс также может быть использован для создания и развития образовательных программ в области нанотехнологий, как в рамках высших учебных заведений, так и на уровне дополнительного образования. Кроме того, данный курс может быть полезен для организации научных исследований и разработок в области нанотехнологий, а также для формирования стратегии развития нанотехнологий в различных отраслях промышленности и науки.

## Обзор курсов по физике наносистем и наноустройств

Наноразмерные материалы демонстрируют уникальные свойства, такие как увеличенная площадь поверхности и измененное трение, которые имеют решающее значение для разработки современных наноустройств [1]. Наноустройства и наномашин в наномасштабной биофизике фокусируются на разработке и применении наноустройств и наномашин в медицинской биофизике. В статье [1] обсуждаются наноустройства и наномашин в биофизике, особое внимание уделяется их применению в наномедицине, плазмонике, визуализации и терапии рака, подчеркивая значимость нанотехнологий в современных технологиях. Поведение наноразмерных электронных устройств существенно отличается от поведения объёмных материалов из-за квантовых эффектов, таких как квантование энергии и интерференция электронных волн [2]. В работе [2] представлены физика и приложения транспорта в мезоскопических и наномасштабных электронных системах и устройствах. Эти принципы необходимы для проектирования электронных компонентов следующего поколения, включая углеродную наноэлектронику [2]. Применения в медицине включают целевые системы доставки лекарств и новые методы визуализации, использующие уникальные взаимодействия в наномасштабе [3]. В работе [3] основное внимание уделено применению идей и физических явлений нанофизики в онкологии и противовирусной терапии, с акцентом на использование наносистем как для визуализации опухолей, так и для борьбы с некоторыми типами опухолей. В статье [3] обсуждается применение нанофизики в современной медицине, с акцентом на онкологию, противовирусную терапию и доставку лекарств с помощью наносистем. Курсы по наноэлектронным системам и микроэлектромеханическим системам разрабатываются с целью охватить квантовую механику, нанотехнологии и их применение в инженерии [4]. Эта образовательная структура готовит студентов к карьере в быстро меняющихся технологических ландшафтах, делая упор на практические навыки в нанопроизводстве и оценке устройств [4]. В статье [4] обсуждаются курсы по физике и технологии наноструктур, охватывающие квантовую механику, нанотехнологии и наноэлектронику, которые необходимы в современных технологиях, включающих наносистемы и наноустройства. Роль и значение квантовой механики, нанотехнологий, микроскопических систем, молекулярной инженерии, микроэлектроники и наноэлектроники, рассматриваются в статье [4], где обсуждается интеграция квантовой физики, электроники, микросистем и нанотехнологий в учебные программы по инженерии и нанофизике. В статье [5] обсуждаются принципы параметризации сложных нанообъектов, необходимые для понимания физики наносистем и наноустройств в современных технологиях с помощью методов интерполяции, корреляции и аппроксимации. В статье [5] рассматриваются общие принципы описания и параметризации сложных нанообъектов или наносистем, а также интерполяция по пространственным параметрам, корреляция свойств по набору нанообъектов одного типа, сокращенные описания с привлечением эффективных квантовых чисел и современные методы аппроксимации для получения интерполяционных формул. В статье [6] обсуждаются междисциплинарные приложения нанотехнологий, в том числе в физике, для разработки наносистем и наноустройств для доставки лекарств и биомедицинского использования. В статье [6] обсуждаются междисциплинарные приложения нанотехнологий, в том числе в физике, для разработки наносистем и наноустройств для доставки лекарств и биомедицинского использования. В работе [7] подчёркивается необходимость междисциплинарных знаний в области микросистем. Курс физики наносистем и наноустройств имеет решающее значение для понимания современных технологий, таких как технологии изготовления электромеханических микроустройств и систем. Разработка технологий в области электромеханических микроустройств и систем является очень сложной междисциплинарной задачей, которая требует глубоких знаний в различных технических и научных

областях, таких как технология полупроводниковых процессов, физика многоэнергетических доменных устройств, проектирование схем и систем. В работе [8] обсуждаются наноэлектромеханические системы в современных технологиях, подчеркиваются их потенциальные применения в метрологии, экологическом зондировании, науках о жизни и здравоохранении, что соответствует курсу физики наносистем. Чтобы проиллюстрировать появляющийся потенциал наносистем, описываются несколько достижений в области наноэлектромеханических систем, которые открывают огромные перспективы для приложений, охватывающих метрологию, экологическое зондирование, науки о жизни и здравоохранение. В работе [9] обсуждается преобразование наноустройств в наносистемы следующего поколения с использованием новых нанотехнологий, которые могут быть актуальны для курса физики наносистем. В работе [9] представлен обзор прогресса в реализации монолитных трёхмерных интегральных схем, ставшего возможным благодаря недавним достижениям в новых нанотехнологиях, таких как полевые транзисторы на основе углеродных нанотрубок и новых технологиях памяти, таких как резистивная оперативная память. В работе [10] обсуждаются будущие нанотехнологии и наноустройства, указывая на потенциальный курс в физике наносистем и наноустройств для современных технологий, чтобы решать возникающие проблемы. В работе [10] рассматриваются некоторые проблемы с использованием стиля обучающей презентации дорожной карты для классических КМОП-устройств и схем. В статье [11] показано, что наномасштабные системы смогут изготавливать широкий спектр структур, работая с высокой производительностью и точным молекулярным контролем, но их компоненты могут быть спроектированы и смоделированы уже сегодня. Продуктивные наносистемы используют точный молекулярный контроль для изготовления, предлагая понимание физики молекулярного изготовления, что имеет решающее значение для курсов по наносистемам и наноустройствам в современных технологиях.

## **Результаты разработки курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях**

Опишем результаты разработки модульной структуры курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях. Общая трудоёмкость курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях составляет 2 зачётные единицы или 72 часа. Онлайн-курс по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях может быть дополнен актуальными сведениями в области нанотехнологий, демонстрацией реальных проектов и кейсов успешных стартапов в области нанотехнологий, а также интерактивными заданиями и тестами для закрепления материала по курсу физики наносистем и наноустройств. Курс физики наносистем и наноустройств является ключевым в современных технологиях, объединяя принципы из нанофизики и наноэлектроники. Этот междисциплинарный подход способствует инновациям в различных областях, включая электронику и материаловедение. Хотя акцент на наносистемах является многообещающим, сохраняются проблемы с масштабируемостью и интеграцией в существующие технологии, что требует постоянных исследований и разработок в этой динамичной области. Для проведения исследования будет использован комплексный подход, включающий анализ литературы, разработку онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях, проведение педагогического эксперимента и анализ полученных результатов. Курс включает в себя лекции, практические занятия и семинары. Лекции посвящены основам физики наносистем, квантовой механике, статистической физике, квантовой теории твёрдого тела и другим темам. Практические занятия направлены на развитие навыков решения задач и анализа данных по физическим свойствам наноматериалов. Семинары дают возможность обсудить результаты изучения свойств наносистем. Курс предназначен для студентов,

изучающих нанотехнологии и их применение в современных технологиях. Курс поможет углубить знания в области физики наносистем и наноустройств, а также развить навыки работы с наноматериалами и нанотехнологиями. Онлайн-курс по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях охватывает следующие темы: термины и определения нанотехнологии, продукция наноиндустрии, история развития нанотехнологий, Российские нанотехнологии, первичные наноматериалы, направления реализации нанотехнологии.

Приведём описание избранных элементов онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

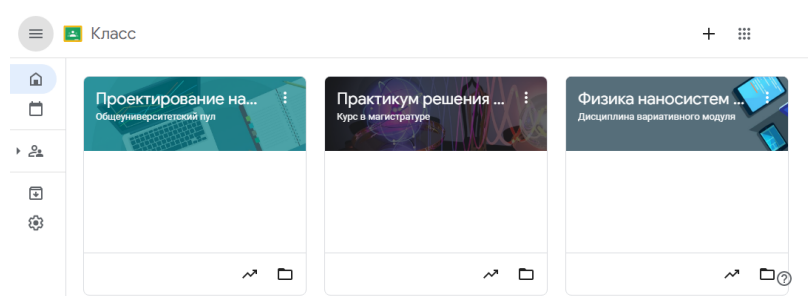


Рис. 1. Входная страница курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

На рис. 1 приведено изображение входной страницы курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

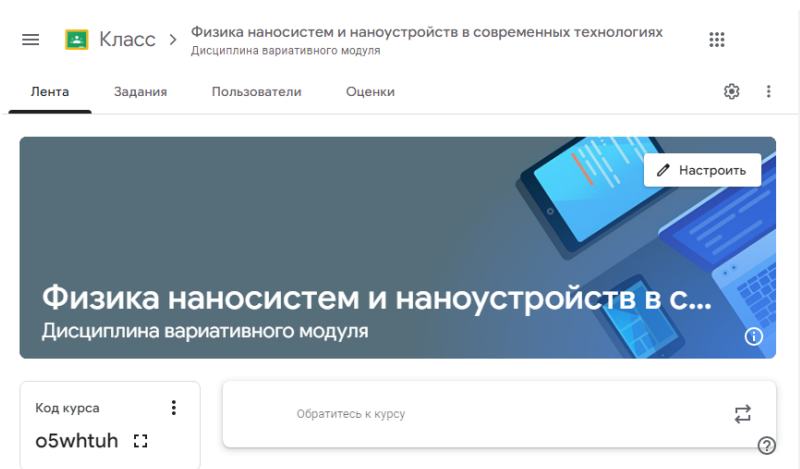


Рис. 2. Лента курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

На рис. 2 приведено изображение ленты онлайн-курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

На рис. 3 приведено изображение страницы элементов первой темы по терминам и определениям нанотехнологий в составе курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

На рис. 4 приведено изображение гипертекстовой страницы элементов второй темы по продукции наноиндустрии в составе курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

На рис. 5 приведено изображение гипертекстовой страницы элементов третьей темы по истории развития нанотехнологий в составе курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

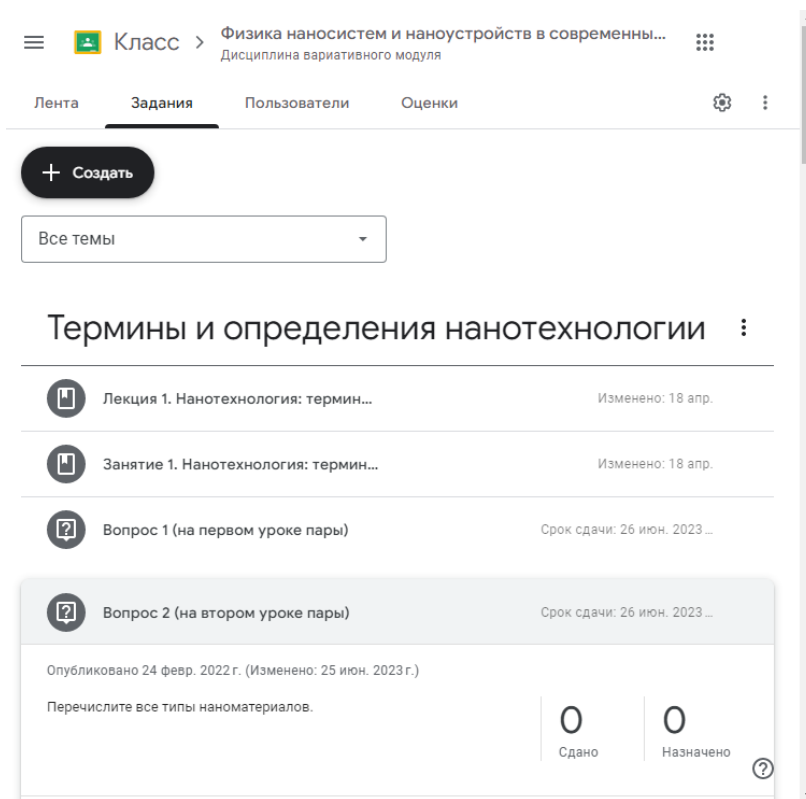


Рис. 3. Элементы первой темы по терминам и определениям нанотехнологий в составе курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

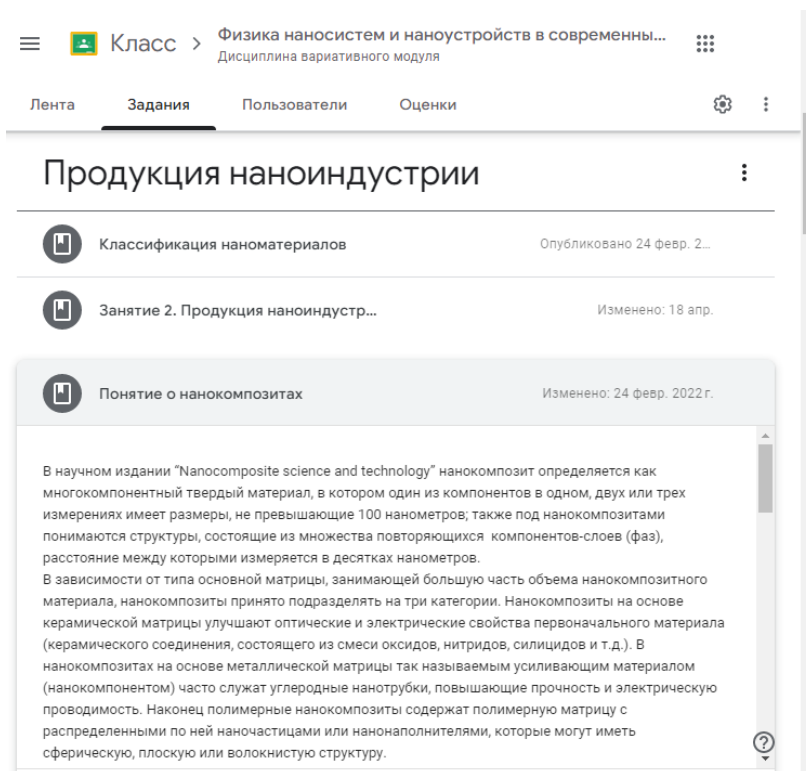


Рис. 4. Элементы второй темы по продукции nanoиндустрии в составе курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

На рис. 6 приведено изображение гипертекстовой страницы элементов четвёртой темы по Российским нанотехнологиям в составе курса по физике наносистем и нано-



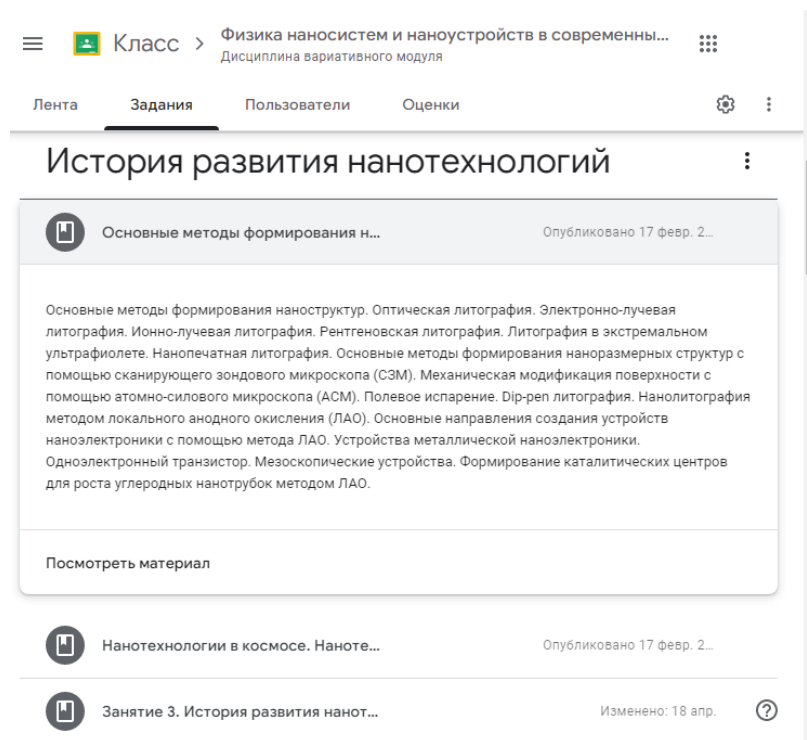


Рис. 5. Элементы третьей темы по истории развития нанотехнологий в составе курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

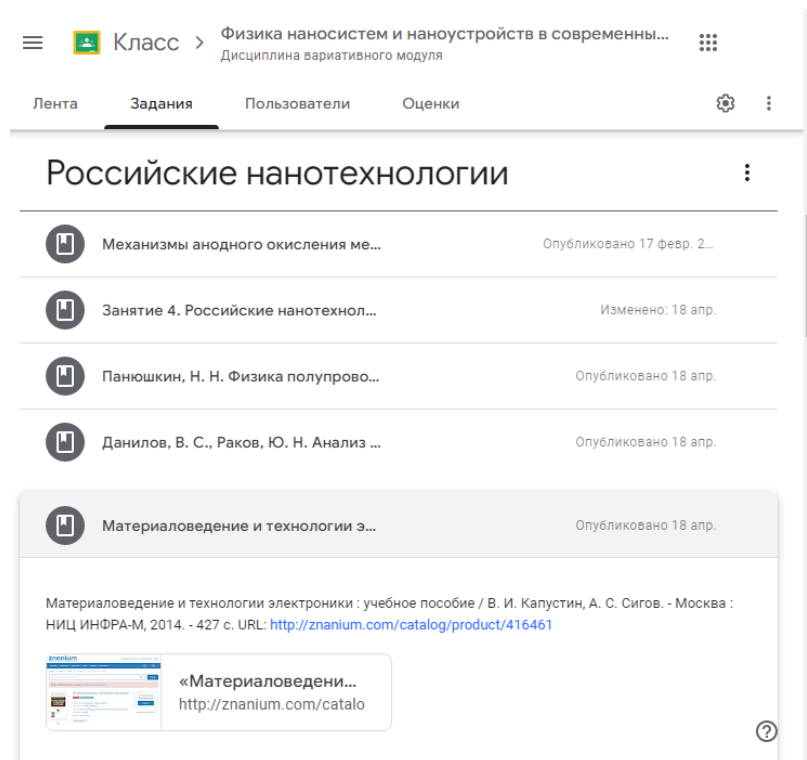


Рис. 6. Элементы четвёртой темы по Российским нанотехнологиям в составе курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

устройств в современных технологиях.

На рис. 7 приведено изображение гипертекстовой страницы элементов пятой темы по первичным наноматериалам в составе курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

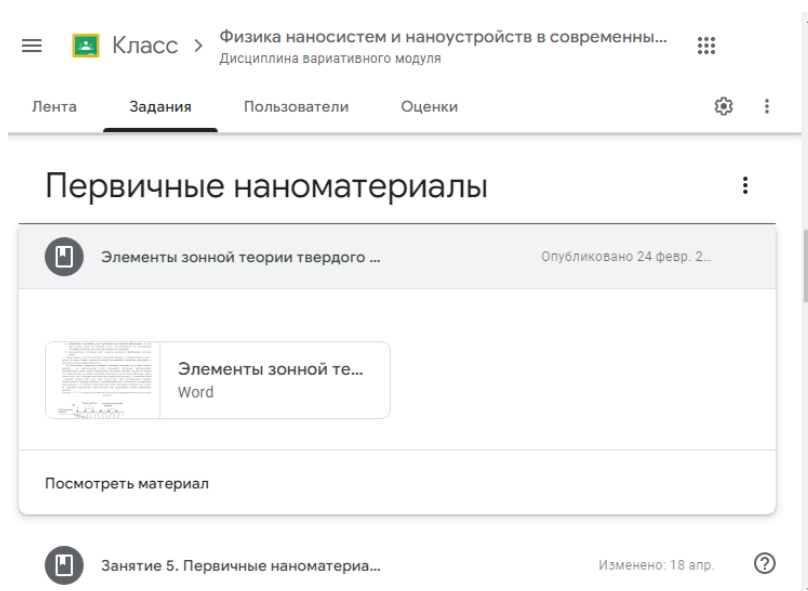


Рис. 7. Элементы пятой темы по первичным наноматериалам в составе курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

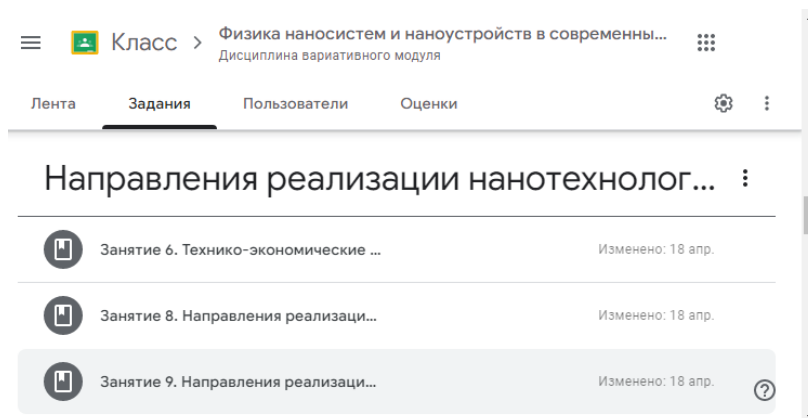


Рис. 8. Элементы шестой темы по направлениям реализации нанотехнологий в составе курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

На рис. 8 приведено изображение гипертекстовой страницы элементов шестой темы по направлениям реализации нанотехнологий в составе курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

Далее приведём примеры заданий в составе курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях.

**Задание 1.** Изучите основные свойства и методы исследования наносистем, а также принципы работы нанoeлектронных устройств. Создайте модель нанoeлектронного устройства (например, нанотранзистора или наносенсора) и исследуйте его характеристики с помощью компьютерного моделирования. Обобщите полученные результаты и представьте их в виде доклада или презентации.

**Задача 2.** Изучите применение нанотехнологий в медицине и биологии. Разработайте научный проект использования наноструктурных материалов или устройств в медицинских целях (например, для диагностики или лечения заболеваний). Обоснуйте целесообразность и эффективность использования нанотехнологий в данной области, учитывая возможные риски и проблемы.

**Wiki-элемент.** Создайте и оформите статью для вики-энциклопедии на тему «На-



потехнологии в медицине», отразив в ней основные направления применения нанотехнологий в медицинской диагностике, лечении и профилактике заболеваний, а также перспективы и этические аспекты их использования.

Далее приведём вопросы семинарских занятий курса физики наносистем и наноразмерных устройств в современных технологиях.

Семинар 1. Каковы основные свойства наносистем и как они отличаются от свойств обычных систем, Какие методы используются для исследования наносистем? Как свойства материалов изменяются при переходе от макроскопического уровня к наноразмерному?

Семинар 2. Что такое наноэлектронные устройства и как они работают? Какие основные типы наноэлектронных устройств существуют? Какие технологии используются для создания наноэлектронных устройств?

Семинар 3. Что такое углеродные нанотрубки? Как углеродные нанотрубки используются в нанотехнологиях?

Семинар 4. Что такое сканирующая зондовая микроскопия и как она используется для исследования наносистем? Какие новые возможности для диагностики и терапии открывает использование нанотехнологий в медицине? Как нанотехнологии могут помочь в решении экологических проблем? Какие этические и социальные проблемы связаны с развитием нанотехнологий? Каковы перспективы развития нанотехнологий и какие новые возможности они могут открыть в будущем?

## Заключение

Онлайн-курс по физике наносистем и наноразмерных устройств в современных технологиях является актуальным и востребованным в современном образовательном пространстве, поскольку нанотехнологии играют ключевую роль в развитии многих отраслей науки и техники. Структура и содержание курса обеспечивают комплексное и систематическое изложение основных принципов и методов физики наносистем и нанотехнологий, включая изучение их свойств, методов исследования, а также возможностей их применения в различных областях. Использование современных образовательных технологий, таких как интерактивные задания, видеоматериалы, презентации и онлайн-тестирование, позволяет сделать процесс обучения более эффективным и привлекательным для студентов. Включение в курс информации о последних достижениях и тенденциях в области нанотехнологий стимулирует интерес студентов к данной тематике и способствует их профессиональному росту. Курс способствует формированию у студентов критического мышления и навыков самостоятельной работы с научной литературой, что является важным компонентом современного образования. Разработка и внедрение онлайн-курсов по физике наносистем и наноразмерных устройств способствует интернационализации образования, так как такие курсы могут быть доступны студентам со всего мира. Данный курс может служить основой для дальнейшего углубленного изучения нанотехнологий и подготовки специалистов в этой области. Использование онлайн-курсов позволяет сделать образовательный процесс более гибким и адаптивным к индивидуальным потребностям студентов, учитывая их занятость и возможности для обучения. Онлайн-курсы по физике наносистем и наноразмерных устройств могут быть полезны не только студентам, но и специалистам в различных отраслях, которые хотят получить новые знания и навыки в области нанотехнологий. Создание и развитие онлайн-курсов стимулирует научные исследования в области нанотехнологий, так как преподаватели могут использовать эти курсы для популяризации результатов и привлечения внимания к исследованиям.

Онлайн-курс по физике наносистем и наноразмерных устройств является важным инструментом для изучения современных нанотехнологий и их применения в различных отрас-

лях науки и промышленности. Онлайн-курс по физике наносистем и наноустройств позволяет студентам получить знания о наноматериалах, их физических свойствах и возможностях использования в наноэлектронике.

Написанный обзор научных работ по теме, связанной с исследованиями по физике наноразмерных систем и устройств, показал актуальность разработки онлайн-курса по учебной дисциплине «Физика наносистем и наноустройств в современных технологиях». Написанный обзор научных работ по теме, связанной с исследованиями в области нанотехнологий, позволил наполнить структуру курса по учебной дисциплине «Физика наносистем и наноустройств в современных технологиях».

Выводы по работе можно сформулировать следующим образом:

1. разработанные элементы в виде лекций и материалов содержат необходимые теоретические сведения для изучения курса по учебной дисциплине «Физика наносистем и наноустройств в современных технологиях»,
2. разработанная система заданий и вопросов, семинаров позволяет контролировать знания в онлайн-курсе по учебной дисциплине «Физика наносистем и наноустройств в современных технологиях»,
3. разработанный курс по учебной дисциплине «Физика наносистем и наноустройств в современных технологиях» может быть использован на педагогическом управлении подготовки с профилями по физике и математике, физике и информатике, физике и астрономии.

Задачи работы решены полностью.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если применять элементы курса по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях, то можно построить систему подготовки, которая будет эффективной, а курс по физике наносистем и наноустройств в современных технологиях имеет ряд преимуществ перед другими формами обучения, подтверждена полностью.

Использование современных образовательных технологий и методов обучения физике наносистем и наноустройств в современных технологиях, таких как интерактивные задания, видеоматериалы и онлайн-тестирование, для повышения эффективности обучения и мотивации студентов к изучению физики наносистем и наноустройств в современных технологиях. Включение в курс актуальной информации о последних достижениях и тенденциях в области физики наносистем и нанотехнологий, что позволяет студентам быть в курсе последних научных открытий и стимулирует их профессиональное развитие. Онлайн-курс может быть использован для привлечения студентов к изучению нанотехнологий.

#### **Список использованных источников**

1. Nanodevices and nanomachines at the nanoscale biophysics / Semra Akgönüllü [et al.] // Biophysics at the nanoscale. — Elsevier, 2024. — P. 233–261. — ISBN: 9780443153594. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-443-15359-4.00003-6>.
2. Ferry David K. The world of nanoelectronics // Transport in semiconductor mesoscopic devices. — IOP Publishing, 2015. — aug. — P. 1–26. — ISBN: 9780750311021. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/978-0-7503-1103-8CH1>.
3. Lozovski V. Z., Lysenko V. S., Rusinchuk N. M. Nanophysics in modern medicine // Semiconductor physics, quantum electronics and optoelectronics. — 2022. — jun. — Vol. 25, no. 02. — P. 185–195. — URL: <http://dx.doi.org/10.15407/spqeo25.02.185>.


4. Nano and microelectromechanical systems courses / Sergey E. Lyshevski [et al.] // 2011 11th IEEE International conference on nanotechnology. — IEEE, 2011. — aug. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/NANO.2011.6144382>.
5. Aleksandrov V. S., Trunov N. N., Lobashev A. A. Systematizing and parametrizing nanosystems // Measurement techniques. — 2012. — oct. — Vol. 55, no. 7. — P. 763–769. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/S11018-012-0035-7>.
6. Emilian Leucuta Sorin. Nanotechnology for delivery of drugs and biomedical applications // Current Clinical Pharmacology. — 2010. — nov. — Vol. 5, no. 4. — P. 257–280. — URL: <http://dx.doi.org/10.2174/157488410793352003>.
7. Wachutka G. Computer simulations of microdevices and microsystems: gaining insights by visualizing physical concepts // Microelectronics education. — Springer Netherlands, 2000. — P. 91–94. — ISBN: 9789401595063. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-9506-3\\_20](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-9506-3_20).
8. Roukes Michael. Nanoelectromechanical systems: a new opportunity for microelectronics // 2009 Proceedings of the European solid state device research conference. — IEEE, 2009. — sep. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ESSDERC.2009.5331370>.
9. Transforming nanodevices to next generation nanosystems / Max Marcel Shulaker [et al.] // 2016 International conference on embedded computer systems: architectures, modeling and simulation. — IEEE, 2016. — jul. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/SAMOS.2016.7818360>.
10. Stanisavljevic Milos, Schmid Alexandre, Leblebici Yusuf. Nanotechnology and nanodevices // Reliability of nanoscale circuits and systems. — Springer New York, 2010. — sep. — P. 19–34. — ISBN: 9781441962171. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6217-1\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6217-1_3).
11. Drexler K. Eric. Productive nanosystems: the physics of molecular fabrication // Physics education. — 2005. — jul. — Vol. 40, no. 4. — P. 339–346. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/40/4/003>.

**Сведения об авторах:**

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

E-mail: karassiic1407@mail.ru

ORCID iD  0009-0007-7205-0575

Web of Science ResearcherID  LDB-2733-2024

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

## Development of an online course on the physics of nanosystems and nanodevices in modern technologies

P. P. Karaseva 

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

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

---

**Abstract.** The results of the development of a modular structure of an online course on the physics of nanosystems and nanodevices in modern technologies are presented. The aim of the work is to describe and provide scientific and methodological justification for the process of developing an online course on the physics of nanosystems and nanodevices in modern technologies, which will contribute to the formation of students' basic knowledge and skills in the field of quantum physics of nanosystems and nanotechnology. A description of selected elements of the content of the online course on the physics of nanosystems and nanodevices in modern technologies is given, taking into account the features of distance learning at universities. The course on the physics of nanosystems and nanodevices contributes to the formation of critical thinking and skills of independent work with scientific literature on nanotechnology.

**Keywords:** physics, nanotechnology, nanosystem, nanodevice, course, online course, course element, knowledge control element

---

### References


1. Nanodevices and nanomachines at the nanoscale biophysics / Semra Akgönüllü [et al.] // Biophysics at the nanoscale. — Elsevier, 2024. — P. 233–261. — ISBN: 9780443153594. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-443-15359-4.00003-6>.
2. Ferry David K. The world of nanoelectronics // Transport in semiconductor mesoscopic devices. — IOP Publishing, 2015. — aug. — P. 1–26. — ISBN: 9780750311021. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/978-0-7503-1103-8CH1>.
3. Lozovski V. Z., Lysenko V. S., Rusinchuk N. M. Nanophysics in modern medicine // Semiconductor physics, quantum electronics and optoelectronics. — 2022. — jun. — Vol. 25, no. 02. — P. 185–195. — URL: <http://dx.doi.org/10.15407/spqeo25.02.185>.
4. Nano and microelectromechanical systems courses / Sergey E. Lyshevski [et al.] // 2011 11th IEEE International conference on nanotechnology. — IEEE, 2011. — aug. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/NANO.2011.6144382>.


5. Aleksandrov V. S., Trunov N. N., Lobashev A. A. Systematizing and parametrizing nanosystems // Measurement techniques. — 2012. — oct. — Vol. 55, no. 7. — P. 763–769. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/S11018-012-0035-7>.
6. Emilian Leucuta Sorin. Nanotechnology for delivery of drugs and biomedical applications // Current Clinical Pharmacology. — 2010. — nov. — Vol. 5, no. 4. — P. 257–280. — URL: <http://dx.doi.org/10.2174/157488410793352003>.
7. Wachutka G. Computer simulations of microdevices and microsystems: gaining insights by visualizing physical concepts // Microelectronics education. — Springer Netherlands, 2000. — P. 91–94. — ISBN: 9789401595063. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-9506-3\\_20](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-9506-3_20).
8. Roukes Michael. Nanoelectromechanical systems: a new opportunity for microelectronics // 2009 Proceedings of the European solid state device research conference. — IEEE, 2009. — sep. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ESSDERC.2009.5331370>.
9. Transforming nanodevices to next generation nanosystems / Max Marcel Shulaker [et al.] // 2016 International conference on embedded computer systems: architectures, modeling and simulation. — IEEE, 2016. — jul. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/SAMOS.2016.7818360>.
10. Stanisavljevic Milos, Schmid Alexandre, Leblebici Yusuf. Nanotechnology and nanodevices // Reliability of nanoscale circuits and systems. — Springer New York, 2010. — sep. — P. 19–34. — ISBN: 9781441962171. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6217-1\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6217-1_3).
11. Drexler K. Eric. Productive nanosystems: the physics of molecular fabrication // Physics education. — 2005. — jul. — Vol. 40, no. 4. — P. 339–346. — URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/40/4/003>.

**Information about authors:**

**Polina Petrovna Karaseva** — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: karassiic1407@mail.ru

ORCID iD  0009-0007-7205-0575

Web of Science ResearcherID  LDB-2733-2024