

УДК 539.186
ББК 22.343
ГРНТИ 29.19.22
ВАК 01.04.05

Разработка дистанционного курса по нанофизике в системе управления обучением MOODLE

К. К. Алтунин , А. А. Лебедев  ¹

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

Поступила в редакцию 5 мая 2022 года

После переработки 12 мая 2022 года

Опубликована 7 июня 2022 года

Аннотация. Описан результат разработки модульной структуры, теоретических материалов, элементов контроля дистанционного курса по нанофизике на примере темы по оптике нанокластеров. Курс по нанофизике рассчитан на две зачётные единицы или 72 часа общей трудоёмкости и предназначен для студентов бакалавриата педагогических направлений подготовки с физико-математическим профилем. Материалы по теме, связанной с оптикой нанокластеров, пополняют учебную дисциплину по нанофизике новыми научными сведениями. Использование дистанционного курса по нанофизике позволяет хранить материалы курса в систематизированном виде, а также организовать проверку заданий по курсу нанофизики. В курсе по нанофизике предусмотрен промежуточный контроль в виде прохождения лекций и занятий по подгруппам, написание рефератов, а также итоговый контроль в виде зачёта. Инновационным компонентом дистанционного курса по нанофизике, созданного на платформе MOODLE, является расширение области дополнительной предметной подготовки обучающихся по нанофизике, включающей элементы оптики нанокластеров.

Ключевые слова: нанофизика, нанокластер, курс, дистанционный курс, модульная структура, теоретические материалы, элементы контроля знаний, система управления обучением MOODLE

PACS: 42.25.Bs

Введение

Описание физических свойств излучения нанокластеров является актуальной физической проблемой. Новые научные сведения быстро находят применение в составе специальных курсов в университетах. Поэтому создание материалов темы по оптике кластеров в курсе нанофизики является актуальной задачей.

Курс по нанофизике читается на 4 курсе бакалавриата, рассчитан на две зачётные единицы или 72 часа общей трудоёмкости и предназначен для студентов бакалавриата педагогических направлений подготовки с физико-математическим профилем.

¹E-mail: alexjek73@gmail.com

Целью исследования является разработка дистанционного курса по нанофизике в системе управления обучением MOODLE. Задача исследования состоит в разработке модульной структуры, теоретических материалов, элементов контроля дистанционного курса по нанофизике на примере темы по оптике нанокластеров.

Объектом исследования являются нанокластеры в составе дистанционного курса по нанофизике. Предметом исследования является процесс создания дистанционного курса по нанофизике на примере темы по оптике нанокластеров в системе управления обучением MOODLE.

Гипотеза исследования состоит в возможности уменьшения объёма работы преподавателя в процессе преподавания курса нанофизике за счёт применения дистанционного курса в системе управления обучением MOODLE. Создание дистанционного курса по нанофизике позволит повысить эффективность самостоятельной работы обучающихся при изучении курса по нанофизике в рамках темы по оптике нанокластеров.

В качестве методов исследования используются компьютерные методы создания дистанционных курсов в системе управления обучением MOODLE.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что созданные материалы по теме, связанной с оптикой нанокластеров, которая изучается в курсе нанофизики, могут быть использованы в создании новой методологии обучения нанофизике, пополнении научной базы актуальными материалами по нанофизике. Практическая значимость исследования заключается в совершенствовании теоретических материалов темы по оптическому излучению нанокластеров в курсе нанофизики, которые могут быть использованы в качестве материалов на занятиях по нанофизике в педагогическом университете.

Обзор работ по нанофизике

Несмотря на свою фундаментальную важность для нанофизики и химии, а также для потенциальных приложений в устройствах, взаимосвязь между атомной структурой и электронным переносом в молекулярных наноструктурах изучена недостаточно. Таким образом, экспериментально наблюдаемое увеличение проводимости некоторых молекулярных нанопереходов при их растяжении продолжает оставаться нелогичным и противоречивым. В статье [1] исследуется это явление в молекулах пропандитиолата, соединяющих золотые электроды с помощью расчётов и полуэмпирического моделирования. В статье [1] показано, что в этой системе это связано с изменениями валентных углов Au-S-C и напряжениями в золотых электродах, а не с ранее предложенными механизмами растяжения связи Au-S и связанным с этим сдвигом энергии высшей занятой молекулярной орбитали или образованием цепочки атомов золота. Показано, что повышение проводимости в ответ на приложение растягивающего напряжения должно быть общим свойством молекулярных соединений, в которых молекула связана тиоловой связью, аналогично золотым электродам.

В связи с растущим интересом к нанофизике и области квантовой термодинамики мы изучаем открытую квантовую систему, состоящую из двух пространственно разделённых двухуровневых атомов (спинов), связанных с квантовым генератором (режим резонаторного поля). Внешнего воздействия нет. Каждое из вращений различных расщеплений энергии связано с нагревательной ванной с разной температурой. В статье [2] найдено, что наложенный на систему температурный градиент вместе с осциллятором, работающим как своеобразный рабочий резервуар, заставляет эту систему работать как термодинамическая машина, в частности, как тепловая машина (лазер). Анализируются свойства результирующего поля резонатора и функциональные возможности двигателя. Для последней задачи используются недавно разработанные определения теплового потока и мощности, а также тест, в котором результирующее поле использу-

ется в качестве входного сигнала для теплового насоса.

В статье [3] разработан метод сканирующей томографии для электромагнитного зондирования трехмерной структуры неоднородного диэлектрического полупространства. Показано, что для этой томографии подходят известные методы физической диагностики с глубиной анализа от нанометров на оптических частотах до нескольких километров на сверхнизких частотах. Области применения включают нанофизику, биологическую и медицинскую диагностику, дистанционное зондирование недр в геофизике и геологии. Этот подход реализуется в сканирующей микроволновой томографии живых тканей, где достигается субволновое разрешение.

Небольшие системы (представляющие интерес в областях нанофизики, квантовой информации) особенно уязвимы к воздействию окружающей среды. В статье [4] определяются различные термодинамические функции для осциллятора в произвольном термостате при произвольных температурах. Явные результаты представлены для наиболее часто обсуждаемых моделей термостата: омического, с одним временем релаксации и излучением абсолютно черного тела.

Многие системы в области нанофизики как из живого, так и из неорганического мира демонстрируют медленную кинетику релаксации флуктуаций энергии. В статье [5] предложено общее объяснение такого явления, основанное на эффектах взаимодействия с растворителем. В рамках простой гармонической модели флуктуаций системы показано, что неоднородности связи с растворителем объемных и поверхностных атомов достаточно для создания сложного спектра скоростей распада. В статье [5] показано для миоглобина и для металлического нанокластера, что результат представляет собой сложную неэкспоненциальную динамику релаксации.

То, как мы работаем с отдельными атомами и молекулами, коренным образом изменилось благодаря сканирующему зондовому микроскопу. Он предоставил исследователям новое видение наномира и дал глубокое понимание поведения атомов, молекул и поверхностей. Но сканирующие зондовые микроскопы могут делать гораздо больше, чем смотреть на наномир — они также могут манипулировать и контролировать отдельные атомы и молекулы [6]. И по мере того, как эти микроскопы становятся все более мощными и гибкими, они могут обеспечить ещё более глубокое понимание фундаментальной науки и стимулировать новые технологии в двадцать первом веке.

Быть строительным блоком жизни — не работа для любой старой молекулы. Чтобы нести инструкции, необходимые для создания человека, ДНК должна обладать многими особыми свойствами, и некоторые из них могут иметь технологическое применение в будущем. Исследователи уже пытаются создать молекулярные компьютеры, которые используют особые свойства ДНК, в то время как её механические свойства могут позволить использовать ДНК для создания наномашин [7].

Формирование квантовых точек CdSe/ZnSe путём изучения различных стадий роста исследуется в статье [8]. Чтобы точно контролировать критическую толщину CdSe, выращенного на буферном слое ZnSe, скорость саморегулируемого роста CdSe в режиме роста эпитаксии атомарного слоя определяется измерениями дифракции быстрых электронов на отражение в диапазоне температур от 180°C до 280°C. Затем исследуется двумерно-трехмерный (2D-3D) переход напряженного слоя CdSe на (001)-ZnSe, индуцированный использованием аморфного селена. Образование островков CdSe обнаружено при осаждении трёх монослоёв CdSe. При осаждении всего 2.5 монослоя CdSe наблюдается другой механизм релаксации, приводящий к появлению на поверхности сильных неровностей. Изучена эволюция морфологии поверхности при осаждении 2.7 монослоя, чтобы изучить границу между этими двумя явлениями. Исследовано влияние покрытия на морфологию квантовых точек. Обнаружено перераспределение кадмия внутри слоя при крышке. Показано, что распределение кадмия после покрытия зависит от

температуры покрытия и деформации слоя CdSe. Также изучается включение кадмия после укупорки. Установлено, что количество внедренного кадмия зависит от степени деформации слоя CdSe перед покрытием.

Используя метод маркеров, основанный на гетероструктуре нанопроволоки, в статье [9] идентифицированы Ga-ограниченный и N-ограниченный режимы роста нанопроволок GaN, которые сдвинуты по сравнению с таковыми в двумерных слоях GaN. Показано, что атомы Ga, диффундирующие вдоль боковых стенок нанопроволоки, вносят значительный вклад в вертикальный рост нанопроволоки. Снижая температуру подложки, условия, богатые галлием, локально активируют латеральный рост. В отличие от атомов Ga вклад диффузии атомов Al и N в вертикальный рост нанопроволок пренебрежимо мал. Наконец, продемонстрировано управление гетероструктурами GaN/AlN в нанопроволоках.

В статье [10] исследованы изогнутые многостенные углеродные нанотрубки, выращенные на кремниевой подложке путём изменения направления электрического поля во время процесса роста в системе химического осаждения из паровой фазы с усилением плазмы в присутствии газообразных водорода и ацетилена. Различные геометрии выращенных наноструктур были использованы для изготовления нового датчика газа с полевой ионизацией. Высокая чувствительность этого датчика при низких давлениях является его основным преимуществом по сравнению с другими газовыми датчиками. Электрические характеристики изготовленного сенсора исследовались при воздействии нескольких газов, результаты которых сравнивались с вертикальными газовыми сенсорами на основе углеродных нанотрубок.

При инженерии дефектов дефекты намеренно вводятся в подложку для изменения поведения легирующей примеси. В статье [11] использовано профилирование по глубине с высоким разрешением и электрические характеристики для анализа поведения As и Sb в подложках Si с избыточными вакансиями и без них. Вакансии были созданы путём предварительной имплантации ионов азота или кислорода перед имплантацией легирующей примеси (As или Sb). Разделение имплантированными образцами кислорода также подвергалось легированию и анализу. Результаты, полученные для Si без вакансий и разделения имплантированным кислородом, были сходными в отношении распределения примеси, удерживания и их электрических характеристик. Образцы, богатые вакансиями, демонстрируют разные электрические характеристики и характер перераспределения во время отжига, что связано не только с наличием вакансий, но и с ионом, использованным для их создания. В случае легирования As образцы, предварительно имплантированные кислородом, имели большую оставшуюся дозу и меньшее накопление границы раздела As, тогда как в случае легирования Sb образцы, предварительно имплантированные азотом, имели большую оставшуюся дозу и меньшее накопление границы раздела Sb. Для обеих легирующих добавок образцы с высоким содержанием вакансий имели более низкие концентрации электрически активной легирующей примеси, но лучшую термическую стабильность активированных легирующих примесей по сравнению с разделением имплантированным кислородом и Si.

В статье [12] сообщается о характеристиках многослойных плёночных структур, которые являются очень перспективным материалом для тонкоплёночных магнитных датчиков. Представлены магнитные и магнитооптические свойства тонких пленок железа и кобальта, а также системы с чередованием ферромагнитных слоёв и немагнитных слоёв, (немагнитный слой и ферромагнитного слоя) трислоёв, полученных с использованием системы магнетронного напыления. Толщина ферромагнитного слоя Fe и Co в трислоях варьировалась от 250 нм до 1000 нм, а толщина немагнитного слоя варьировалась от 50 нм до 20000 нм. В образцах из чередующихся немагнитных слоёв и ферромагнитных слоёв толщина немагнитного слоя варьировалась от 0 до 4000 нм. Найдены

зависимости гистерезисных характеристик плёнок Fe от толщины немагнитного слоя. Установлена зависимость величины поперечного эффекта Керра от толщины Fe. Экспериментально показано, что поперечный эффект Керра чувствителен к намагниченности до определённого диапазона глубин ниже поверхности ферромагнетика – информационной глубины. Было обнаружено, что гистерезис в плоскости, характерный для трислоёв, сильно зависит от толщины немагнитных слоёв. Так экспериментально установлено наличие обменной связи между ферромагнитными слоями через немагнитный слой и её колебательный характер (от антиферромагнитного к ферромагнитному порядку). Установлено, что период антиферромагнитных-ферромагнитных-антиферромагнитных колебаний обменной связи равен 5 - 100 нм.

В статье [13] сообщается о простом методе прямой идентификации текстур нанометрового размера в композитных материалах с помощью атомной силовой спектроскопии с целью распознавания структурированных областей для дальнейшего исследования. Он заключается в получении набора динамических данных, организованных в карты спектроскопии, и последующем извлечении наиболее ценной информации с помощью метода анализа главных компонент. Этот алгоритм проецирует информацию о кривых спектроскопии, каждая из которых содержит данные, полученные в каждой точке сетки $L \times C$, в подмножество карт $L \times C$ без каких-либо предположений о структуре выборки, отфильтровывая избыточность и шум. Как следствие, огромное количество трёхмерных данных сжато в несколько двумерных карт, которые легко просматривать. Результаты этого алгоритма позволяют находить и размещать интересные области на карте, что позволяет дополнительно сокращать ряды данных для тщательного анализа или моделирования. В статье [13] объясняются основные особенности метода и его применение на образце нанокompозита.

В статье [14] обсуждаются вопросы калибровки для экспериментов по наноиндентированию на малой глубине с наконечниками Берковича в отношении точного измерения функции площади алмаза. Для этой цели сравниваются две различные процедуры калибровки: прямое измерение функции площади алмаза с помощью атомно-силовой микроскопии изображения наконечника Берковича на небольшой глубине и новый метод косвенной калибровки, основанный на итеративном надёжном и сходящемся схеме, в которой одновременно используются как приведённый модуль, так и твёрдость при вдавливании. Эти результаты получены при индентировании стандартного образца плавленого кварца в диапазоне нагрузок 0.5 - 200 мН с помощью индентора Берковича. Прямые измерения формы наконечника проводились с помощью различных методов атомно-силовой микроскопии. Также сообщается о сравнении со стандартной процедурой косвенной калибровки. Для обеих процедур косвенной калибровки представлено исследование чувствительности и сходимости.

Липидные бислои на твердой основе широко используются в качестве модели для исследования клеточных мембран различными спектроскопическими и биофизическими методами. Тем не менее хорошо известно, что взаимодействие с твердой подложкой, такой как слюда или кремний, влияет на свойства мембран. В статье [15] использована атомно-силовая микроскопия в режиме силовой спектроскопии для исследования локальных механических свойств липидных мембран, нанесенных на слюду и полимерную подушку. Двойные липидные слои получали путём слияния однослойных везикул фосфолипидов. Полимерная подложка создавалась путём самосборки заряженных полиэлектролитов. Силовая спектроскопия предоставила информацию о силе прорыва, глубине прорыва и адгезии образца. Был разработан алгоритм пакетного анализа для обработки силового картирования с высоким разрешением. Силу прорыва, вдавливающую бислои вниз к подложке, и силу адгезии измеряли в зависимости от заряда мембраны. Сравнение данных, полученных для липидных бислоев на твёрдом носителе на

слюде и для бислоёв на полимерной подушке, даёт прямые доказательства влияния подушки на локальные механические свойства мембраны. В качестве основного результата распределение усилия текучести мембран на полимерной подушке было бимодальным по сравнению с одномодальным распределением, полученным на слюде.

В статье [16] представлено микроскопическое исследование нанокompозитных пленок магнитных нанопроволок оксида железа ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), ориентированных в полимеры, образующихся при испарении растворов акрилатного полимера/магнитных наночастиц в магнитном поле. Поле вызывает сборку наночастиц оксида железа вдоль направления силовых линий магнитного поля, в результате чего магнитные нанопроволоки внедряются по всему объёму полимерной пленки. Исследования с помощью сканирующей электронной микроскопии и просвечивающей электронной микроскопии показывают, что нанопроволоки цилиндрической формы имеют среднюю длину порядка 15 мкм и изотропно распределены по всей плёнке. Исследование методом магнитно-полевой микроскопии не только доказывает, что составные нанопроволоки являются магнитными, но и делает возможным магнитное исследование каждой отдельной нанопроволоки неразрушающим способом. Таким образом, становится возможным локальное изучение изменения магнитных свойств после связывания различных молекул на отдельных нанопроволоках, открывая путь использования этих пленок в сенсорных устройствах, применяемых в различных областях, от биологии до экологических целей.

Анализ работ по нанофизике показывает актуальность темы исследования. Проведённый анализ литературы по физике нанокластеров показал существование возрастающей потребности в создании дистанционного курса по нанофизике.

Разработка модульной структуры и элементов курса по нанофизике в системе управления обучением MOODLE

Актуальность исследования в части создания дистанционного курса по нанофизике обусловлена тем, что использование дистанционных курсов решает проблему систематизации теоретического материала, задач и заданий, а также обеспечивает планомерную выдачу заданий, последовательный контроль и даёт рациональный подход в преподавании курса по нанофизике.

Курс по нанофизике рассчитан на 2 зачётные единицы или 72 часа общей трудоёмкости. Курс по нанофизике предназначен для студентов бакалавриата физико-математических и педагогических направлений подготовки с профилем по физике и математике.

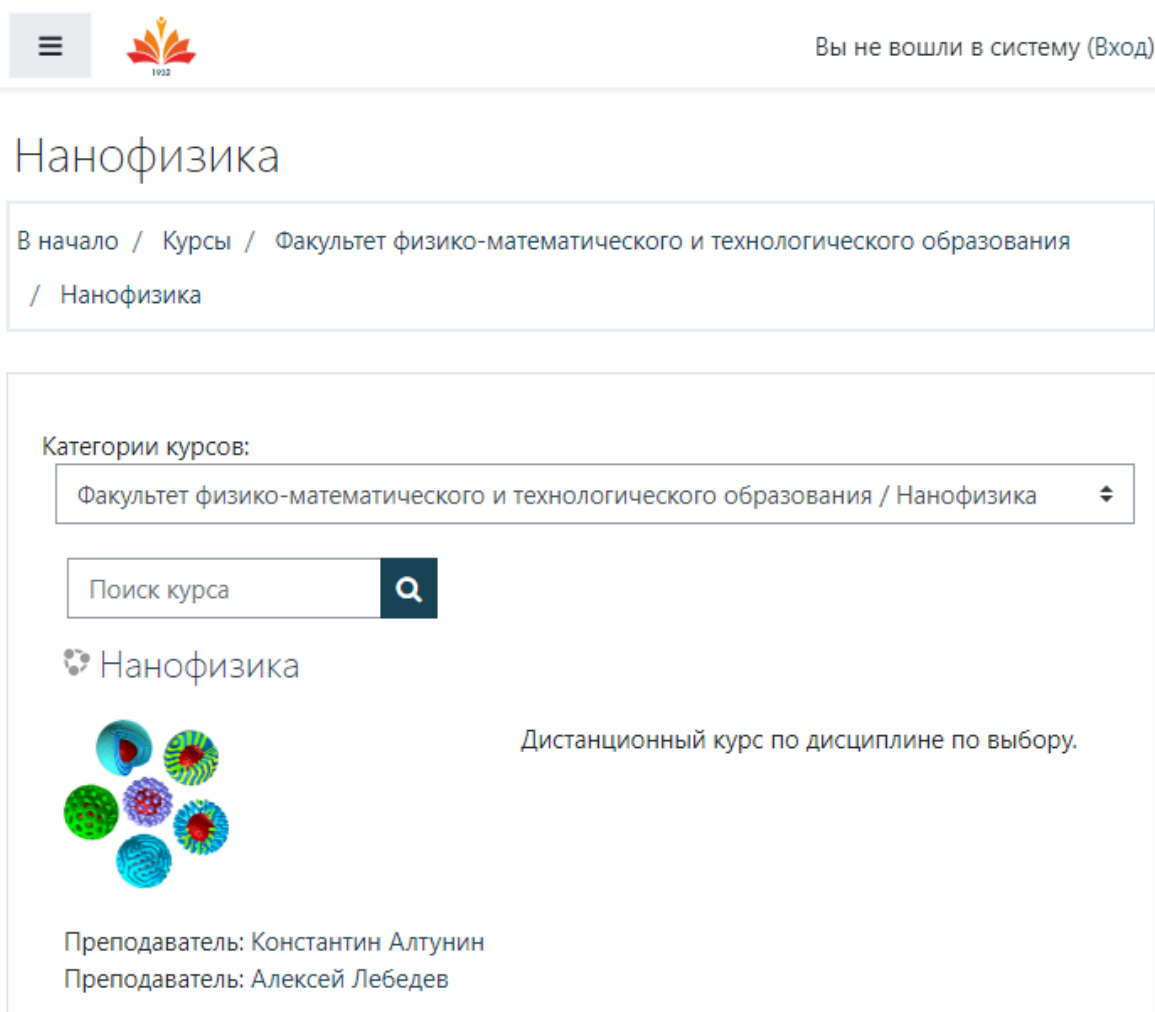
На рис. 1 приведено изображение входной страницы дистанционного курса по нанофизике, созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале педагогического университета.

На рис. 2 приведено изображение первой части элементов первой темы дистанционного курса по нанофизике, созданного на платформе MOODLE.

На рис. 3 приведено изображение второй части структуры дистанционного курса по нанофизике, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 4 приведено изображение страницы заключительной темы курса по нанофизике, созданной в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 5 приведено изображение страницы с гиперссылками на электронные источники по нанофизике и наноэлектронике в составе дистанционного курса по нанофизике на платформе MOODLE. Страница с гиперссылками на электронные источники содержит ссылки на книги по нанофизике, физике наноструктур, наноэлектронике, компьютерному моделированию в наноэлектронике из электронных библиотечных систем, которые доступны студентам университета в настоящее время.



Вы не вошли в систему (Вход)

Нанофизика

В начало / Курсы / Факультет физико-математического и технологического образования / Нанофизика

Категории курсов:

Факультет физико-математического и технологического образования / Нанофизика

Поиск курса

Нанофизика

Дистанционный курс по дисциплине по выбору.

Преподаватель: Константин Алтунин
Преподаватель: Алексей Лебедев

Рис. 1. Входная страница дистанционного курса по нанофизике в системе управления обучением MOODLE.

Курс по нанофизике может быть реализован как в смешанной форме, так и в дистанционной форме. В курсе по нанофизике предусмотрен промежуточный контроль в виде прохождения лекций и занятий по подгруппам, написание рефератов, а также итоговый контроль в виде зачёта. Инновационным компонентом дистанционного курса по нанофизике, созданного на платформе MOODLE, является расширение области дополнительной предметной подготовки обучающихся по нанофизике, включающей элементы оптики нанокластеров.

Одним из путей интенсификации учебного процесса по физике наноструктур является широкое внедрение информационных и коммуникационных технологий, в частности использование систем управления обучением или систем управления курсами. Среди некоммерческих систем наиболее распространённой и удобной в использовании является модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда MOODLE, ориентированная на организацию взаимодействия между преподавателем и обучаемым. Систематизированный теоретический материал блоков дистанционных курсов, удобная навигация способствуют размеренности и чёткому выполнению заданий самостоятельной работы под контролем преподавателя в течение всего семестра. При необходимости оказывается консультативная помощь как в онлайн-режиме, так и посредством форумов и личных сообщений. Вовлечённость каждого обучающегося в работу, реальные показатели по различным видам учебной деятельности позволяют объективно оценивать качество и объём самостоятельной работы обучающихся. В то же время постоянное

Нанофизика

Личный кабинет / Мои курсы / Нанофизика

Режим редактирования

Объявления

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 72 часа.

Тема 1. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования

- Лекция 1. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Принцип размерного квантования. Условие наблюдения квантовых эффектов
- Задание 1. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Частица в прямоугольной потенциальной яме конечной глубины
- Задание 2. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Энергетические состояния в прямоугольной потенциальной яме сложной формы
- Задание 3. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Лекция 2. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Рассеяние частиц на потенциальном рельефе
- Задание 4. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Особенности движения частиц над потенциальным рельефом
- Задание 5. Методы и принципы нанозлектроники. Принцип размерного квантования
- Движение частиц в двухбарьерных квантовых структурах

Рис. 2. Часть элементов первой темы дистанционного курса по нанофизике на платформе MOODLE.

наличие обратной связи, доступность как учебной информации, так и результатов работы мотивируют обучающихся к более продуктивной самостоятельной деятельности. Применение дистанционных курсов позволяет преподавателю эффективно организовать самостоятельную работу обучающихся вне аудитории, помочь сориентироваться среди разнообразных источников информации, получать сведения о том, кто из обучающихся занимается вне аудитории, насколько успешно изучает материалы, сколько времени посвящает изучению той или иной темы. Все данные фиксируются в журнале успеваемости обучающихся, который формируется автоматически, без дополнительных усилий преподавателя. Созданный курс позволяет эффективно планировать, организо-

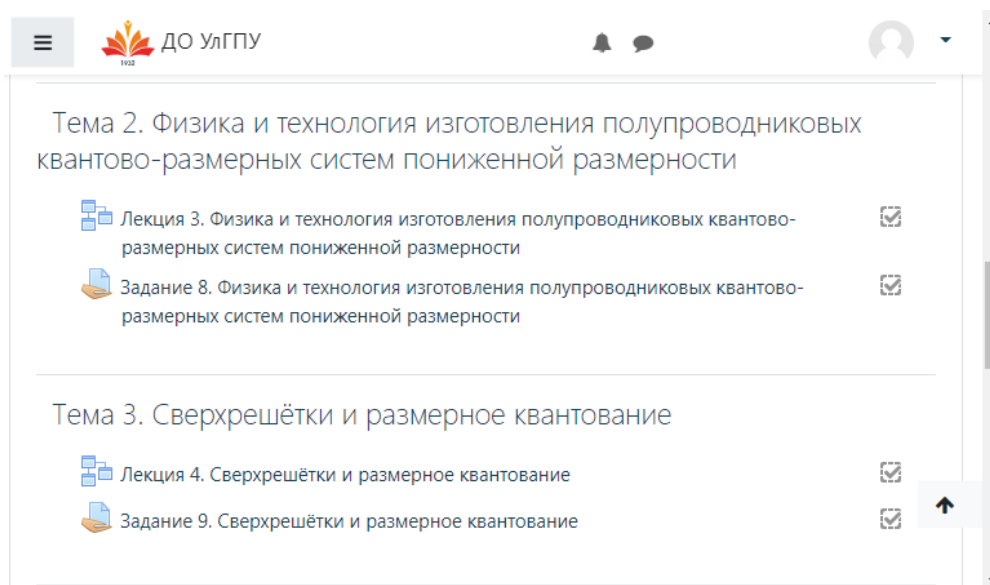


Рис. 3. Вторая часть структуры дистанционного курса по нанофизике на платформе MOODLE.

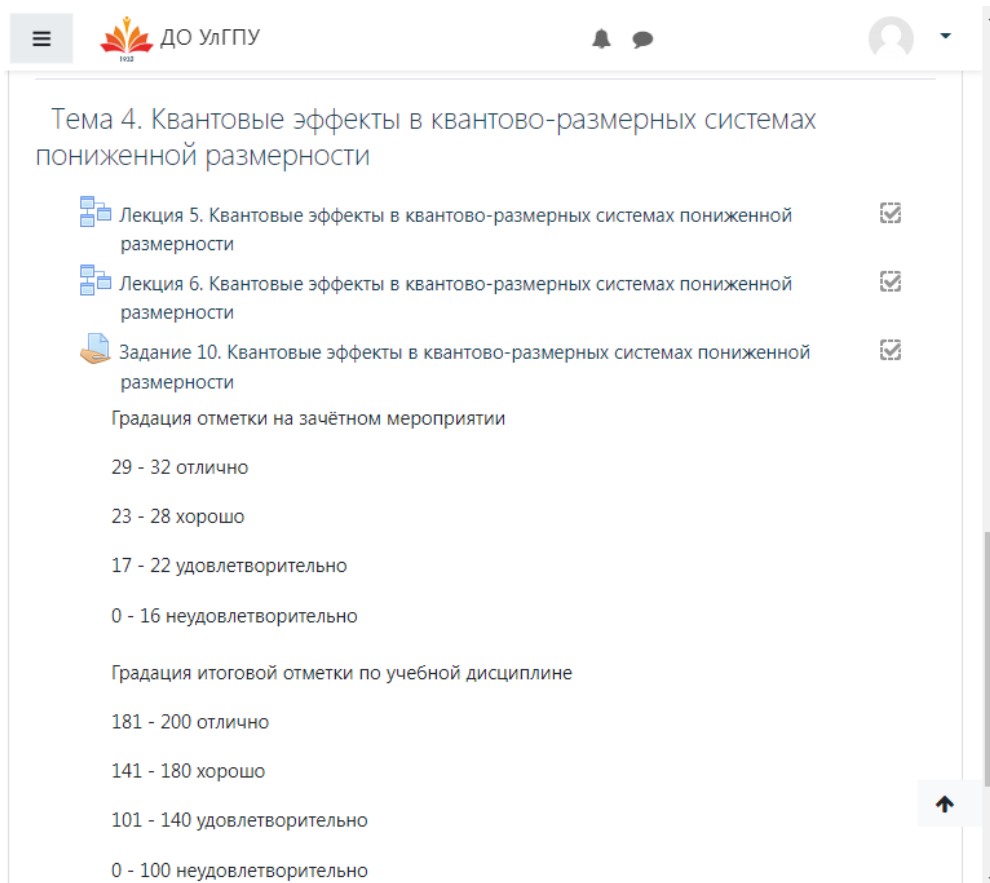


Рис. 4. Страница заключительной темы курса по нанофизике на платформе MOODLE.

вывать и проводить обучение в рамках курса по нанофизике в университете.

Заключение

В работе рассматривались основы разработки дистанционных курсов на примере дистанционного курса по нанофизике. Рассмотрены аспекты создания и применения

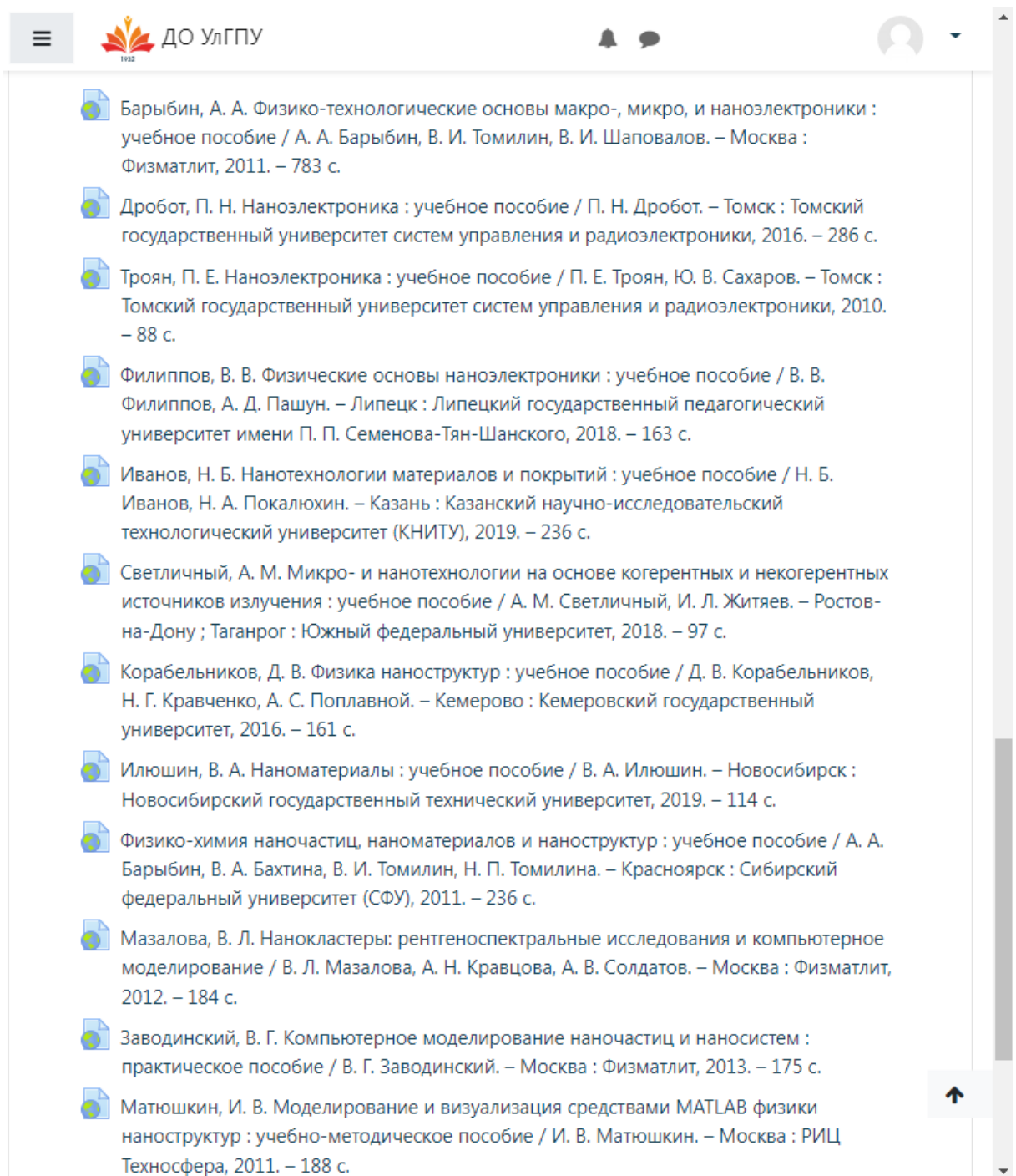


Рис. 5. Страница с гиперссылками на электронные источники по нанофизике и наноэлектронике в составе дистанционного курса по нанофизике на платформе MOODLE.

дистанционного курса по нанофизике.

Разработаны материалы и элементы темы по оптике нанокластеров дистанционного курса по нанофизике, который готов к началу использования в учебном процессе и позволяет автоматизировать труд преподавателя по контролю изучения курса по нанофизике.

Процесс создания дистанционного курса по нанофизике, включающий в себя подбор, переработку, адаптацию, разработку теоретических материалов, размещение в системе управления обучением MOODLE, организацию работы с обучающимися в рамках дистанционного курса требует соответствующей подготовки преподавателя. В качестве подтверждения гипотезы исследования продемонстрировано, что использование

дистанционного курса по нанофизике позволяет уменьшить объём работы преподавателя в процессе организации продвижения при изучении курса по нанофизике.

Использование дистанционного курса по нанофизике позволяет хранить материалы курса в систематизированном виде, а также организовать проверку заданий по курсу нанофизики.

Список использованных источников

1. Saffarzadeh A., Demir F., Kirzenow G. Mechanism of the enhanced conductance of a molecular junction under tensile stress // *Physical Review B*. — 2014. — jan. — Vol. 89, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.89.045431>.
2. Youssef M., Mahler G., Obada A.-S. F. Quantum optical thermodynamic machines: Lasing as relaxation // *Physical Review E*. — 2009. — dec. — Vol. 80, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.80.061129>.
3. Gaikovich K. P. Subsurface near-field scanning tomography // *Physical Review Letters*. — 2007. — may. — Vol. 98, no. 18. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.183902>.
4. Ford G. W., O'Connell R. F. Quantum thermodynamic functions for an oscillator coupled to a heat bath // *Physical Review B*. — 2007. — apr. — Vol. 75, no. 13. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.75.134301>.
5. Piazza F., Rios P. De Los, Sanjougand Y.-H. Slow energy relaxation of macromolecules and nanoclusters in solution // *Physical Review Letters*. — 2005. — apr. — Vol. 94, no. 14. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.94.145502>.
6. Gimzewski J. Molecules, nanophysics and nanoelectronics // *Physics World*. — 1998. — jun. — Vol. 11, no. 6. — P. 29–34. — URL: <https://doi.org/10.1088/2058-7058/11/6/25>.
7. Cartlidge E. Nanophysics: Electric potential for DNA // *Physics World*. — 2001. — feb. — Vol. 14, no. 2. — P. 7–7. — URL: <https://doi.org/10.1088/2058-7058/14/2/8>.
8. CdSe quantum dot formation: alternative paths to relaxation of a strained CdSe layer and influence of the capping conditions / I. C. Robin [et al.] // *Nanotechnology*. — 2007. — jun. — Vol. 18, no. 26. — P. 265701. — URL: <https://doi.org/10.1088/0957-4484/18/26/265701>.
9. Identification of III–N nanowire growth kinetics via a marker technique / R. Songmuang [et al.] // *Nanotechnology*. — 2010. — jul. — Vol. 21, no. 29. — P. 295605. — URL: <https://doi.org/10.1088/0957-4484/21/29/295605>.
10. Baghgar M., Abdi Y., Arzi E. Fabrication of low-pressure field ionization gas sensor using bent carbon nanotubes // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2009. — jun. — Vol. 42, no. 13. — P. 135502. — URL: <https://doi.org/10.1088/0022-3727/42/13/135502>.
11. Effect of excess vacancy concentration on As and Sb doping in Si / M. Dalponte [et al.] // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2009. — jul. — Vol. 42, no. 16. — P. 165106. — URL: <https://doi.org/10.1088/0022-3727/42/16/165106>.

12. An investigation of the magneto-optical properties of thin-film magnetic structures / N. I. Tsidaeva [et al.] // *Physica Scripta*. — 2013. — nov. — Vol. T157. — P. 014036. — URL: <https://doi.org/10.1088/0031-8949/2013/T157/014036>.
13. Combination of atomic force microscopy and principal component analysis as a general method for direct recognition of functional and structural domains in nanocomposite materials / B. Torre [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — Vol. 73, no. 10. — P. 973–981. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20837>.
14. Calibration issues for nanoindentation experiments: direct atomic force microscopy measurements and indirect methods / A. C. Barone [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — Vol. 73, no. 10. — P. 996–1004. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20850>.
15. Force spectroscopy as a tool to investigate the properties of supported lipid membranes / C. Canale [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — mar. — Vol. 73, no. 10. — P. 965–972. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20834>.
16. Formation and microscopic investigation of iron oxide aligned nanowires into polymeric nanocomposite films / D. Fragouli [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — Vol. 73, no. 10. — P. 952–958. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20848>.

Сведения об авторах:

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

E-mail: kostya_altunin@mail.ru


ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

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

E-mail: alexjek73@gmail.com

ORCID iD  0000-0002-0432-6409

Web of Science ResearcherID  AFN-9300-2022

Development of a distance course on nanophysics in the learning management system MOODLE

K. K. Altunin , A. A. Lebedev 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted May 5, 2022

Resubmitted May 12, 2022

Published June 7, 2022

Abstract. The result of the development of a modular structure, theoretical materials, control elements of a distance course in nanophysics is described using the topic on nanocluster optics as an example. The nanophysics course is designed for two credits or 72 hours of total labor intensity and is intended for undergraduate students of pedagogical areas of training with a physical and mathematical profile. Materials on the topic related to the optics of nanoclusters supplement the academic discipline in nanophysics with new scientific information. The use of a distance course in nanophysics allows you to store the course materials in a systematic way, as well as organize the verification of tasks in the course of nanophysics. The course on nanophysics provides for intermediate control in the form of passing lectures and classes in subgroups, writing essays, as well as final control in the form of a test. An innovative component of the distance course in nanophysics, created on the MOODLE platform, is the expansion of the area of additional subject training for students in nanophysics, which includes elements of nanocluster optics.

Keywords: nanophysics, nanocluster, course, distance course, modular structure, theoretical materials, knowledge control elements, the learning management system MOODLE

PACS: 42.25.Bs

References

1. Saffarzadeh A., Demir F., Kirzenow G. Mechanism of the enhanced conductance of a molecular junction under tensile stress // *Physical Review B*. — 2014. — jan. — Vol. 89, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.89.045431>.
2. Youssef M., Mahler G., Obada A.-S. F. Quantum optical thermodynamic machines: Lasing as relaxation // *Physical Review E*. — 2009. — dec. — Vol. 80, no. 6. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.80.061129>.
3. Gaikovich K. P. Subsurface near-field scanning tomography // *Physical Review Letters*. — 2007. — may. — Vol. 98, no. 18. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.183902>.
4. Ford G. W., O'Connell R. F. Quantum thermodynamic functions for an oscillator coupled to a heat bath // *Physical Review B*. — 2007. — apr. — Vol. 75, no. 13. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.75.134301>.
5. Piazza F., Rios P. De Los, Sanejouand Y.-H. Slow energy relaxation of macromolecules and nanoclusters in solution // *Physical Review Letters*. — 2005. — apr. — Vol. 94, no. 14. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.94.145502>.

6. Gimzewski J. Molecules, nanophysics and nanoelectronics // *Physics World*. — 1998. — jun. — Vol. 11, no. 6. — P. 29–34. — URL: <https://doi.org/10.1088/2058-7058/11/6/25>.
7. Cartlidge E. Nanophysics: Electric potential for DNA // *Physics World*. — 2001. — feb. — Vol. 14, no. 2. — P. 7–7. — URL: <https://doi.org/10.1088/2058-7058/14/2/8>.
8. CdSe quantum dot formation: alternative paths to relaxation of a strained CdSe layer and influence of the capping conditions / I. C. Robin [et al.] // *Nanotechnology*. — 2007. — jun. — Vol. 18, no. 26. — P. 265701. — URL: <https://doi.org/10.1088/0957-4484/18/26/265701>.
9. Identification of III–N nanowire growth kinetics via a marker technique / R. Songmuang [et al.] // *Nanotechnology*. — 2010. — jul. — Vol. 21, no. 29. — P. 295605. — URL: <https://doi.org/10.1088/0957-4484/21/29/295605>.
10. Baghgar M., Abdi Y., Arzi E. Fabrication of low-pressure field ionization gas sensor using bent carbon nanotubes // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2009. — jun. — Vol. 42, no. 13. — P. 135502. — URL: <https://doi.org/10.1088/0022-3727/42/13/135502>.
11. Effect of excess vacancy concentration on As and Sb doping in Si / M. Dalponte [et al.] // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2009. — jul. — Vol. 42, no. 16. — P. 165106. — URL: <https://doi.org/10.1088/0022-3727/42/16/165106>.
12. An investigation of the magneto-optical properties of thin-film magnetic structures / N. I. Tsidaeva [et al.] // *Physica Scripta*. — 2013. — nov. — Vol. T157. — P. 014036. — URL: <https://doi.org/10.1088/0031-8949/2013/T157/014036>.
13. Combination of atomic force microscopy and principal component analysis as a general method for direct recognition of functional and structural domains in nanocomposite materials / B. Torre [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — Vol. 73, no. 10. — P. 973–981. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20837>.
14. Calibration issues for nanoindentation experiments: direct atomic force microscopy measurements and indirect methods / A. C. Barone [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — Vol. 73, no. 10. — P. 996–1004. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20850>.
15. Force spectroscopy as a tool to investigate the properties of supported lipid membranes / C. Canale [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — mar. — Vol. 73, no. 10. — P. 965–972. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20834>.
16. Formation and microscopic investigation of iron oxide aligned nanowires into polymeric nanocomposite films / D. Fragouli [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. — 2010. — Vol. 73, no. 10. — P. 952–958. — URL: <https://doi.org/10.1002/jemt.20848>.

Information about authors:

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

E-mail: kostya.altunin@mail.ru


ORCID iD  0000-0002-0725-9416


Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

Alexey Alexandrovich Lebedev — 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: alexjek73@gmail.com

ORCID iD  0000-0002-0432-6409

Web of Science ResearcherID  AFN-9300-2022