

Научная статья
УДК 539.186
ББК 22.343
ГРНТИ 29.19.22
ВАК 01.04.05
PACS 42.25.Bs
OCIS 220.2945
MSC 78-11

Разработка дистанционного курса по нанофотонике в системе управления обучением MOODLE

К. К. Алтунин , Е. Н. Причалова  ¹

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

Поступила в редакцию 16 сентября 2022 года

После переработки 17 сентября 2022 года

Опубликована 12 декабря 2022 года

Аннотация. Рассматривается результат разработки дистанционного курса по нанофотонике, посвящённого изучению физических основ наноразмерных светоизлучающих систем и светочувствительных систем. Дистанционный курс по нанофотонике создан в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале педагогического университета. Описаны результаты разработки модульной структуры курса, теоретических элементов и элементов контроля знаний по нанофотонике.

Ключевые слова: нанофотоника, фотоника, курс, дистанционный курс, элемент курса, наноразмерные светоизлучающие системы, наноразмерные светочувствительные системы, система управления обучением MOODLE, образовательный портал

Введение

Рассматривается технология создания дистанционного курса по нанофотонике в системе управления обучением MOODLE.

Целью исследования является создание дистанционного курса по нанофотонике в системе управления обучением MOODLE.

Задача исследования состоит в разработке элементов дистанционного курса по нанофотонике в системе управления обучением MOODLE на основе теоретических материалов и материалов для контроля знаний по курсу нанофотоники.

Объектом исследования являются курс нанофотоники. Предметом исследования является процесс создания дистанционного курса по нанофотонике.

Дистанционный курс по нанофотонике будет содержать новые сведения из фотоники и квантовой оптики наноструктур, а также описание оригинальных результатов по описанию квантовомеханических и оптических свойств наноструктур, находящихся во внешнем поле оптического излучения.

¹E-mail: prichalova.katya@bk.ru

Гипотеза исследования состоит в том, что если создать и использовать дистанционный курс по нанофотонике, основанный на комбинации теоретических методов и численных методов в процессе изучения квантовой оптики наноструктур и нанокомпозитных материалов, то можно повысить познавательный интерес студентов университетов к курсу по нанофотонике и реализовать систему смешанного обучения нанофотонике.

В качестве методов исследования используется анализ теоретических материалов по нанофотонике, синтез различных концепций описания физических процессов нанофотоники, компьютерное моделирование простых дисперсионных зависимостей оптических характеристик наносистем и наноструктур, проектирование дистанционного курса.

В качестве материалов исследования используются теоретические материалы по нанофотонике.

Базой исследования дистанционного курса по нанофотонике в системе управления обучением MOODLE является образовательный портал ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова».

Обзор работ по современному состоянию нанофотоники

Фотоника является всеобъемлющей оптической наукой и технологией, которая затронула самые разные области, от информационных технологий до здравоохранения. Нанофотоника — это фотонная наука и технология, использующая взаимодействие света и материи на наномасштабе, где исследователи открывают новые явления и разрабатывают технологии, которые выходят далеко за рамки возможностей традиционной фотоники и электроники. Эти новые технологии могут включать эффективное производство солнечной энергии, широкополосную и высокоскоростную связь, хранение данных большой емкости, а также гибкие и высококонтрастные дисплеи. Кроме того, нанофотоника будет продолжать оказывать влияние на биомедицинские технологии, предоставляя новые и мощные методы диагностики, а также световую и активируемую терапию [1].

Нанофотоника рассматривает сложные взаимодействия между светом и веществом в субволновом масштабе. Недавний прогресс в области нанофотоники выявил беспрецедентные оптические явления, которые открыли новые и быстро развивающиеся области метаматериалов, фотонных кристаллов и плазмоники. За последние несколько десятилетий в этой области наблюдался взрывной рост, от фундаментальных исследований до приложений, включая физику конденсированного состояния, квантовую фотонику, оптику ближнего и дальнего поля, биохимическое зондирование, глубокое обучение для нанофотонного проектирования, нанофабрикации и нанопроизводства [2].

Представлен анализ развития нанофотоники — появившегося в начале 2000-х годов ответвления нанотехнологий, способного открыть новые прикладные возможности. С использованием библиометрических индикаторов охарактеризован мировой исследовательский ландшафт, показана роль ведущих глобальных игроков на уровне стран и их групп, дана оценка позиций и вклада России. Охарактеризованы основные отечественные участники исследований и на конкретном примере обсуждены некоторые результаты проводимой научной политики [3]. Развитие нанофотоники обещает широкий спектр технологических выходов, рассмотренных в статье [4, 5]

В работе [6] изложены физические основы работы оптоэлектронных приборов и нанофотоники, систематизирован материал по излучающим, фотоприёмным и индикаторным приборам, а также рассмотрены вопросы электронных устройствах применения оптоэлектронных приборов в аналоговых и цифровых. Рассмотрены полупроводниковые оптоэлектронные приборы, устройства и системы, предназначенные для использования в микроэлектронной и наноэлектронной аппаратуре коммуникационных систем. Содержание пособия ориентировано на студентов технических специальностей

вузов телекоммуникаций и информатики, а также родственных вузов, изучающих курсы «Физика», «Физические основы электроники», «Электроника», «Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства».

В статье [7] экспериментально определяется динамика решётки слоистых кристаллов черного фосфора с помощью комбинации диффузного рентгеновского излучения и неупругого рассеяния рентгеновских лучей, и рационализируются экспериментальные результаты, используя расчёты. Из дисперсии фононов на терагерцовых частотах получен полный тензор упругости монокристалла и связываем его с макроскопическим упругим откликом чёрного фосфора, описываемым модулями упругости. Полученные коэффициенты упругой жесткости обеспечивают важный эталон для моделей чёрного фосфора и родственных материалов, таких как фосфорен и нанотрубки чёрного фосфора, недавно появившихся квантовых материалов, раскрывающих огромный потенциал для нанопотоники, оптоэлектроники и квантового зондирования.

Твердотельные квантовые излучатели являются многообещающими кандидатами для реализации квантовых сетей благодаря их долгоживущей спиновой памяти, высокоточным локальным операциям и оптической связи для запутывания на больших расстояниях. Однако из-за различий в локальной среде твердотельные излучатели обычно имеют диапазон различных частот перехода, что затрудняет создание оптически опосредованной запутанности между произвольными парами излучателей. В статье [8] предлагается и демонстрируется эффективный метод запутывания излучателей с оптическими переходами, разделёнными многими ширинами линий. В статье [8] показано, что электрооптические модуляторы позволяют одному фотону предвещать измерение чётности на паре спиновых кубитов. Экспериментально продемонстрирован протокол с использованием двух центров кремниевых вакансий в алмазном нанопотонном резонаторе с оптическими переходами, разделёнными на 7.4 ГГц. Работа с различными эмиттерами позволяет адресовать и считывать отдельные кубиты, обеспечивая параллельное управление и запутывание как совместно расположенных, так и пространственно разделённых эмиттеров, что является ключевым шагом на пути к масштабированию систем обработки квантовой информации.

Монослойные диалкогогениды переходных металлов имеют прочно связанные яркие экситоны в вырожденных долинах, где электронно-дырочное кулоновское обменное взаимодействие сильно связывает псевдоспин долины с импульсом экситона. Помещённая на периодически структурированную диэлектрическую подложку, пространственная модуляция кулоновского взаимодействия приводит к формированию экситонных блоховских состояний с псевдоспиновой текстурой долины реального пространства, отображаемой в мезоскопической суперячейке. В статье [9] найдено, что эта пространственная текстура долины в функции Блоха экситона привязана к направлению распространения, что позволяет нанооптическому возбуждению направленного экситонного потока посредством правила выбора долины. Направление инжектируемого экситонного тока влево-вправо контролируется круговой поляризацией возбуждения, а угловая направленность определяется местоположением возбуждения, демонстрируя вихревую картину в суперячейке. Это явление напоминает хиральное взаимодействие света и материи в структурах нанопотоники, где роль управляемой электромагнитной волны теперь заменена экситонной блоховской волной, связанной с долиной-орбитой, в однородном монослое, что указывает на новые экситонные устройства с невзаимными функциями.

Экситонные поляритоны — это повсеместные возбуждения света и материи, которые интенсивно исследуются в качестве испытательных стендов фундаментальной физики и компонентов для полностью оптических вычислений. Благодаря своим уникальным характеристикам и лёгкой экспериментальной настройке экситонные поляритоны потенциально допускают сильную нелинейность, конденсацию и сверхтекучесть при ком-

натной температуре. Однако дифракционный предел света и импульсное содержание зондов быстрых электронов не позволяют характеризовать экситонные поляритоны в наноразмерных структурированных полостях, демонстрирующих дисперсию энергии-импульса. В статье [10] представлены полностью релятивистская аналитическая теория и сопутствующее численное моделирование, показывающее, что эти ограничения могут быть преодолены для измерения экситонных поляритонов в периодических нанополостях в их естественных масштабах энергии, импульса и длины с помощью спектроскопии усиления энергии электронов решётки. Благодаря сочетанию высокоимпульсного разрешения света и наномасштабного пространственного разрешения сфокусированных электронных пучков, спектроскопия усиления энергии электронов решётки может выявлять экситонные поляритонные характеристики глубоко субволновой длины с использованием доступных в настоящее время монохромных сканирующих просвечивающих электронных микроскопов с коррекцией аберраций.

Поперечный эффект Керкера известен как направленное рассеяние электромагнитной плоской волны перпендикулярно направлению распространения с почти подавлением как прямого, так и обратного рассеяния. По сравнению с плоскими волнами локализованные электромагнитные излучатели являются более общими источниками в современной нанофотонике. Как типичный пример, управление направлением излучения квантовой точки имеет жизненно важное значение для исследования квантовой оптики на кристалле и обработки квантовой информации. В статье [11] вводится понятие поперечного эффекта Керкера для дипольных источников, использующих субволновую диэлектрическую антенну, где мощность излучения магнитных, электрических и более общих хиральных дипольных излучателей может быть преимущественно перенаправлена вдоль их дипольных моментов с почти подавлением излучения, перпендикулярного дипольным моментам. Этот тип поперечного эффекта Керкера также связан с усилением Парселла, опосредованным электромагнитными мультиполярными резонансами, индуцированными в диэлектрической антенне. Получены аналитические условия поперечного эффекта Керкера для магнитного, электрического и кирального дипольных излучателей. В статье [11] обеспечивается проверка микроволнового эксперимента для магнитного дипольного излучателя. Результаты предоставляют новые физические механизмы для управления свойствами излучения локализованного источника электромагнитного излучения, которые могут облегчить встроенную квантовую оптику.

Центры окраски в карбиде кремния являются новыми кандидатами для распределенных квантовых приложений на основе спина из-за масштабируемости исходных материалов и демонстрации интеграции в нанополостные резонаторы. Недавно вакансионные центры кремния в карбиде кремния были идентифицированы как многообещающая система с превосходными спиновыми и оптическими свойствами. В статье [12] исследуется спин-оптическая динамика одиночного центра вакансии кремния в узлах гексагональной решётки, а именно V1, в карбиде кремния 4H-политипа. Используя резонансное и сверхрезонансное импульсное возбуждение с субвременем жизни, определяется зависящее от спина время жизни возбужденного состояния и скорость межсистемного пересечения. Подход к выводу скорости межсистемного пересечения основан на полностью оптической импульсной схеме инициализации и считывания и применим к спин-активным центрам окраски с аналогичными моделями динамики. Кроме того, сила диполя оптического перехода и квантовая эффективность дефекта V1 оцениваются на основе когерентного оптического измерения Раби и калибровки локального поля с использованием моделирования электрического поля. Измеренные скорости хорошо объясняют результаты динамики поляризации спинового состояния, и далее обсуждается измененная динамика фотоэмиссии в структурах резонансного усиления, таких

как радиационное сокращение времени жизни и усиление Парселла. Предоставляя подробное описание спин-оптической динамики центра V1, работа обеспечивает глубокое понимание системы, которая направляет реализацию масштабируемых квантовых приложений на основе кремниевых центров вакансий в карбиде кремния.

В статье [13] исследуется взаимодействие между нелинейностями второго и третьего порядков в волноводах на основе ниобата лития с сильной волноводной дисперсией с использованием однородных и линейно-чирпированных диаграмм поллинга при входных мощностях в диапазоне пикоджоулей. Реализована точная модель однонаправленного распространения импульса, чтобы учесть все возможные нелинейные взаимодействия внутри этих структур. В частности, период поляризации предназначен для квазифазового согласования одиночных и множественных процессов генерации суммарных и разностных частот. Показано, как можно использовать период опроса в качестве дополнительной степени свободы для беспрецедентного преобразования выходных спектров нелинейных волноводов на основе чипов.

Ожидается, что в усовершенствованных микрофотонных и нанофотонных структурах скорость взаимодействия фотон-фотон в вакууме приблизится к скорости собственных потерь и приведёт к нетрадиционным квантовым эффектам. В статье [14] исследуется переход таких фотонных нелинейных систем от классической к квантовой, используя метод квантового кластерного расширения, который решает вычислительную задачу отслеживания состояний большого числа фотонов фундаментальных и гармонических оптических полей, участвующих в процессе генерации второй гармоники. По сравнению с приближением среднего поля, используемым в пределе слабой связи, метод квантового кластерного расширения эффективно решает многомодовую динамику и выявляет квантовое поведение оптических параметрических колебаний вблизи порога. В статье [14] представлен универсальный инструмент для изучения квантовой динамики многомодовых систем и исследования нелинейных фотонных устройств для обработки квантовой информации с непрерывными переменными.

Смещенный двухслойный графен представляет собой полупроводник с сильно зависящей от поля шириной запрещённой зоны до 300 мэВ, что делает его особенно интересным для наноэлектронных и нанофотонных устройств на основе графена. В оптических свойствах смещенного двухслойного графена преобладают сильно связанные экситоны. В статье [15] исследована теория функционала плотности и проведено моделирование уравнения Бете-Солпитера экситонов в смещенном двухслойном графене и расчёт экситонных зонных структур и оптических матричных элементов для напряжённостей поля в диапазоне от 30 до 300 мВ/Ангстрем. Свойства экситонов оказываются сильно зависящими от поля, причём как энергетическое упорядочение, так и ориентация диполей значительно различаются между режимами слабого и сильного поля. А именно, в слабых полях найден в основном тёмный экситон в основном состоянии, в отличие от сильных полей, где низший экситон светлый. Кроме того, экситоны предпочтительно ориентируются с дипольным моментом, противоположным полю, из-за индуцированного полем переноса заряда в основном состоянии смещенного двухслойного графена. Однако в более сильных полях такое выравнивание становится энергетически менее выгодным. Кроме того, яркие экситоны демонстрируют полосы, подобные частицам и свету, подобные монослойным диальхогенидам переходных металлов. Наконец, моделируется радиационное время жизни и эмиссионные свойства смещенного двухслойного графена, которые оказываются сильно зависящими от температуры в дополнение к напряженности поля.

Теоретически исследованы квантовые особенности оптических параметрических генераторов ультракоротких импульсов в нелинейном режиме вблизи и выше порога. Рассматривая импульсный оптический параметрический генератор как многомодовую от-

крытую квантовую систему, в статье [16] строго выводится общая модель ввода-вывода, которая характеризуется нелинейной связью между многими сигнальными модами резонатора (то есть системы) и широкополосным однопроходным (то есть резервуарным) полем накачки. При соответствующих предположениях модель даёт основное уравнение Линдблада с многомодовыми нелинейными операторами Линдблада, описывающими двухфотонную диссипацию, и многомодовым четырёхволновым смешивающим гамильтонианом, описывающим широкополосный дисперсионный оптический каскад, который, как показано, необходим для сохранения причинно-следственной связи. Чтобы упростить многомодовую сложность модели, используется разложение на супермоды для выполнения численного моделирования в режиме, в котором импульсные супермоды испытывают сильную однофотонную нелинейность. В статье [16] обнаружено, что квантовая нелинейная динамика вызывает истощение накачки, а также поправки к спектру сжатия ниже порога, предсказанному линейаризованными моделями. В статье [16] также наблюдается образование негауссовских состояний с отрицательностью функции Вигнера и показываем, что многомодовые взаимодействия с накачкой, как диссипативные, так и дисперсионные, могут действовать как эффективные каналы декогеренции. Наконец, кратко обсуждаются некоторые экспериментальные соображения для потенциального наблюдения таких квантовых нелинейных явлений с помощью оптических параметрических генераторов сверхкоротких импульсов на нелинейных нанопотонных платформах.

Включение оптических поверхностных волн в нелинейные процессы открывает уникальные и чувствительные нелинейные взаимодействия, в которых можно получить доступ и исследовать сильно ограниченные поверхностные состояния. В статье [17] раскрывается богатая физика пар модально-немодальных состояний короткодействующих поверхностных плазмонов в тонких металлических пленках, используя «тёмную нелинейность» — неизлучающий нелинейный источник. В статье [17] контролируется и наблюдается нелинейный вынужденный отклик этих модально-немодальных пар и представляем нелинейно опосредованный прямой доступ к немодальным плазмонам в режиме без потерь. Исследование может быть распространено на другие формы поверхностных волн или оптических нелинейностей, на встроенные нелинейно управляемые нанопотонные устройства.

Результаты разработки структуры и элементов дистанционного курса по нанопотонике в системе управления обучением MOODLE

Опишем результаты процесса разработки модульной структуры и элементов дистанционного курса по нанопотонике в системе управления обучением MOODLE.

В курсе по нанопотонике в лекции по ближнепольной оптике рассматривается оптическая микроскопия в ближнем и дальнем поле, объясняющая принципы построения изображения с пространственным разрешением 10 нм и лучше. Система управления обучением MOODLE позволяет открывать лекцию в определённое время, что позволяет дисциплинировать студентов.

Изображение входной страницы дистанционного курса по нанопотонике в системе дистанционного обучения в системе управления обучением MOODLE приведено на рис. 1.

На рис. 2 приведено изображение страницы с первой частью модульной структуры дистанционного курса по нанопотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 3 приведено изображение страницы с второй частью модульной структуры

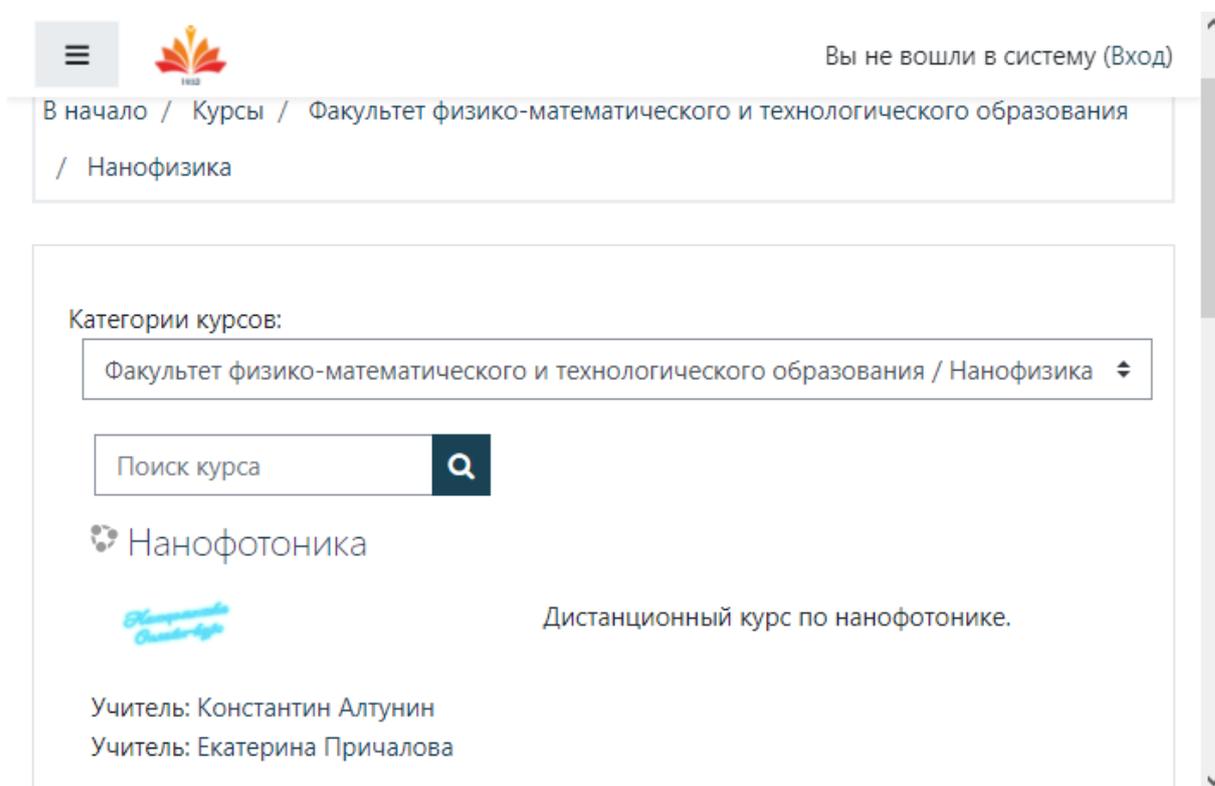


Рис. 1. Входная страница дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

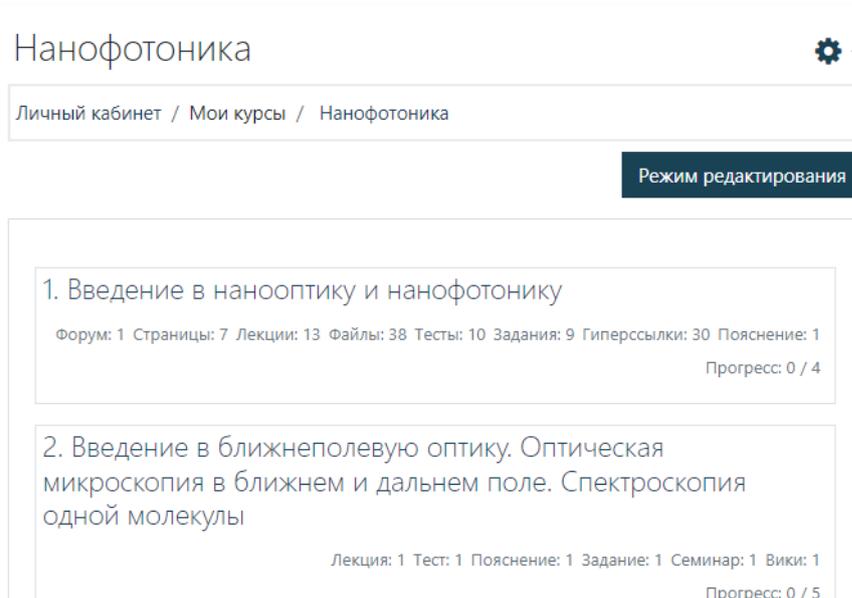


Рис. 2. Страница с первой частью модульной структуры дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 4 приведено изображение страницы с третьей частью модульной структуры дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 5 приведено изображение страницы с четвёртой частью модульной структуры дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на



Рис. 3. Страница с второй частью модульной структуры дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.



Рис. 4. Страница с третьей частью модульной структуры дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

платформе MOODLE.

На рис. 6 приведено изображение страницы со списком некоторых элементов второй темы по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 7 приведено изображение страницы лекции 2 по введению в ближнеполевую оптику в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного

- 14. Ближнеполюсная Раман спектроскопия. Углеродные нанотрубки. Фуллерены. Тонкие композитные плёнки

- 15. Ближнеполевые нелинейные оптические процессы (КАРС, генерация второй гармоники и др.)

- 16. Спектроскопия гэп-мод. Субзондовое разрешение

- 17. Лазерные ловушки металлических наночастиц. Силы, вызываемые действием света. Оптический пинцет

- 18. Ближнеполевая оптическая нанолитография

- 19. Флуктуации на наномасштабе. Флуктуационно-диссипативная теорема

Рис. 5. Страница с четвёртой частью модульной структуры дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

2. Введение в ближнеполевую оптику. Оптическая микроскопия в ближнем и дальнем поле. Спектроскопия одной молекулы

-  Лекция 2. Введение в ближнеполевую оптику. Оптическая микроскопия в ближнем и дальнем поле
-  Тест 1
- Тест 1 проходим в конце лекции.
- Семинар 1 выполняем на 4 паре 16.03.
- Вики элемент заполняем на второй половине пары 23.03
- Задание с задачей решаем на 4 паре 23.03.
-  Задача 1 о электростатических характеристиках зонда с атомом золота на конце
-  Семинар 1 по ближнеполюсной оптике
-  Ближнеполюсная оптика

Рис. 6. Страница со списком некоторых элементов второй темы по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

обучения на платформе MOODLE.

На рис. 8 приведено изображение страницы лекции 2 с вопросом для перехода на следующую страницу в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Лекция по ближнеполюсной оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе управления обучением MOODLE разделена на разделы. В лекции по ближнеполюсной оптике переход с одного раздела на другой осуществляется с помощью вопро-

Лекция 2. Введение в ближнеполевую оптику. Оптическая микроскопия в ближнем и дальнем поле ?

| | | | |
|----------|---------------|--------|--------------|
| Просмотр | Редактировать | Отчеты | Оценить эссе |
|----------|---------------|--------|--------------|

Таймер отображается только для студентов. Чтобы протестировать таймер, зайдите как студент. ×

Традиционные методы получения оптических изображений объектов имеют существенные ограничения, связанные с дифракцией света. Одним из основополагающих законов оптики является существование так называемого дифракционного предела, который устанавливает минимальный размер R объекта, изображение которого может быть построено оптической системой при использовании света с длиной волны λ :

$$R \approx \frac{\lambda}{2n} \quad (1)$$

где n – показатель преломления среды. Для оптического диапазона длин волн предельный размер составляет величину порядка 200–300 нм.

Рис. 7. Лекция 2 по введению в ближнеполевую оптику в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.



(б) $|E|^2 = \text{const}$

Рис. 16. Линии постоянной интенсивности оптического излучения в области субволнового отверстия.

Ознакомились с информацией?

Да Нет

Отправить

Рис. 8. Страница лекции 2 с вопросом для перехода на следующую страницу в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

са. Для закрепления материала после лекции предлагается пройти тестирование. Один правильный ответ оценивается в 1 балл. Также система предоставляет возможность ограничения времени на прохождение теста. Существует три попытки сдачи теста, по итогам которых выставляется наивысший балл. В данном тесте вопросы с одним вариантом решения, так же возможна разработка вопросов с множественным вариантом ответа.

Результаты разработки элементов контроля в составе дистанционного курса по нанопотонике в системе управления обучением MOODLE

Рассмотрим результаты разработки элементов контроля в составе дистанционного курса по нанопотонике в системе управления обучением MOODLE.

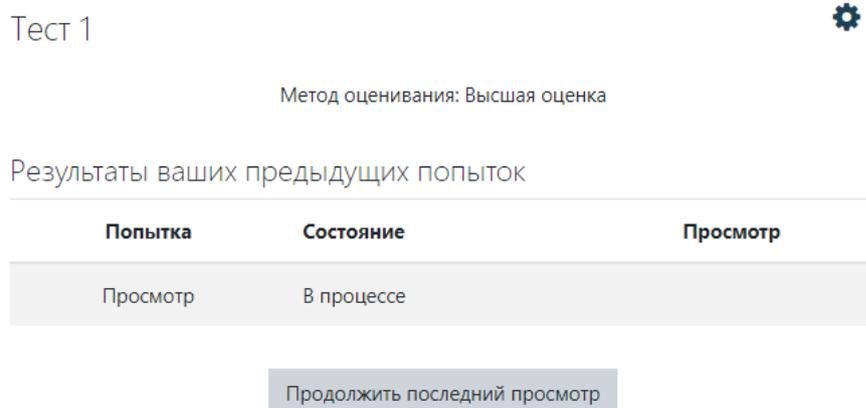


Рис. 9. Страница просмотра состояния и попыток теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанопотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 9 приведено изображение страницы просмотра состояния и попыток теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанопотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

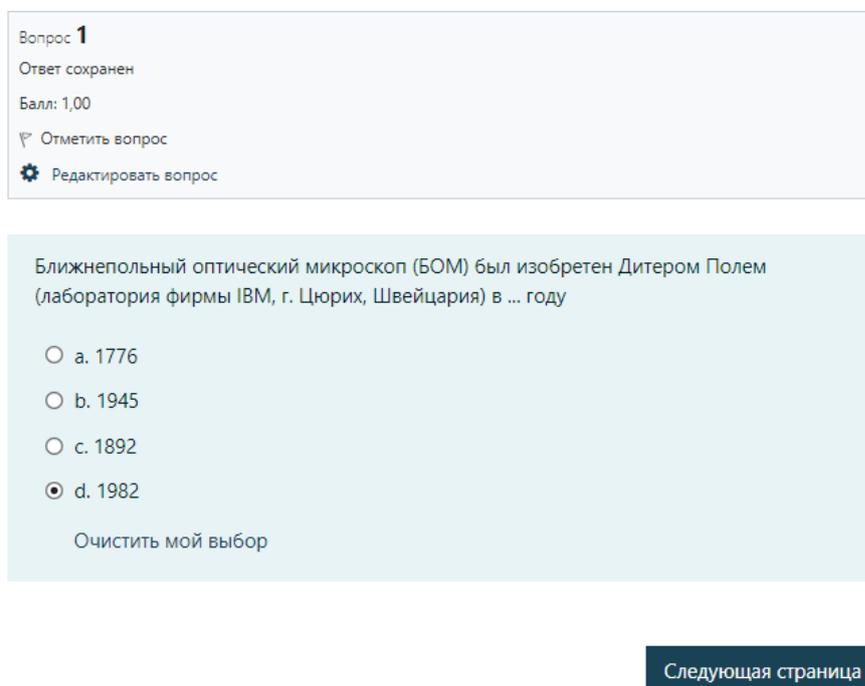


Рис. 10. Вопрос 1 из теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанопотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 10 приведено изображение страницы с вопросом 1 из теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанопотонике в системе

дистанционного обучения на платформе MOODLE.

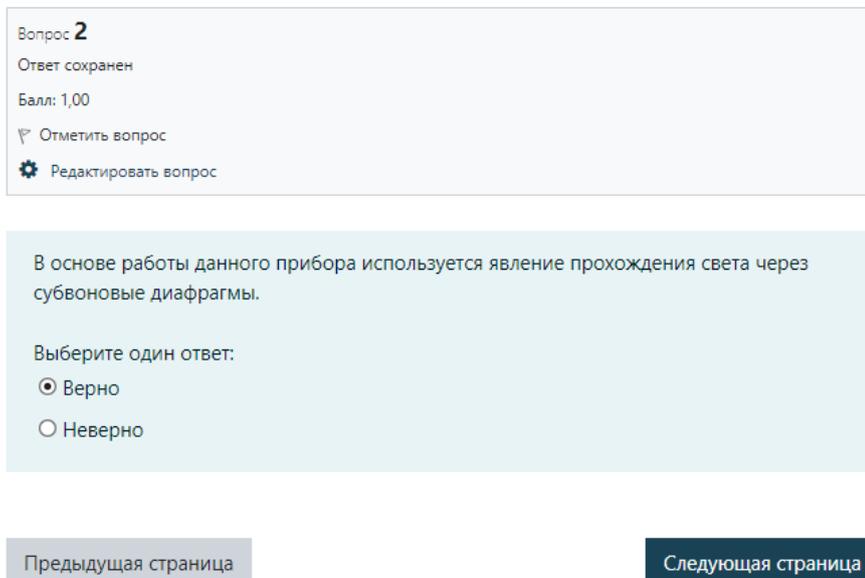


Рис. 11. Вопрос 2 из теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 11 приведено изображение страницы с вопросом 2 из теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.



Рис. 12. Вопрос 3 из теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 12 приведено изображение страницы с вопросом 3 из теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

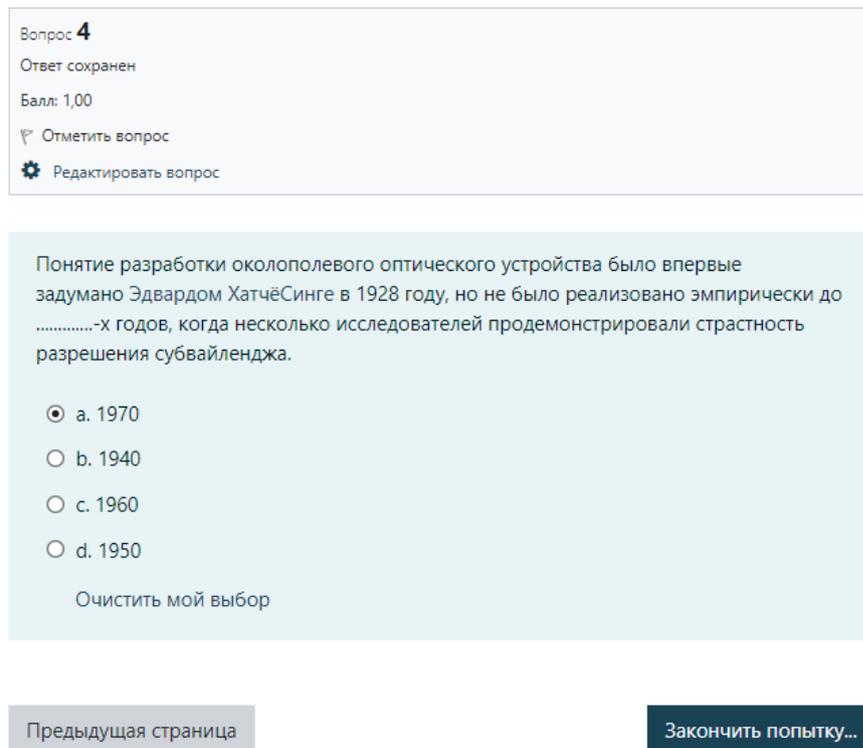


Рис. 13. Вопрос 4 из теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 13 приведено изображение страницы с вопросом 4 из теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

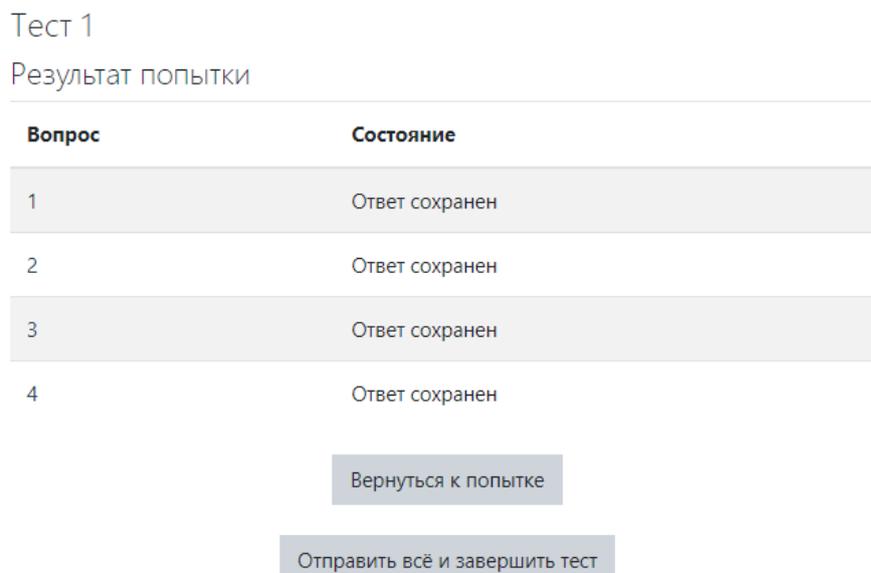


Рис. 14. Страница результатов попытки прохождения теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 14 приведено изображение страницы результатов попытки прохождения теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по

нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

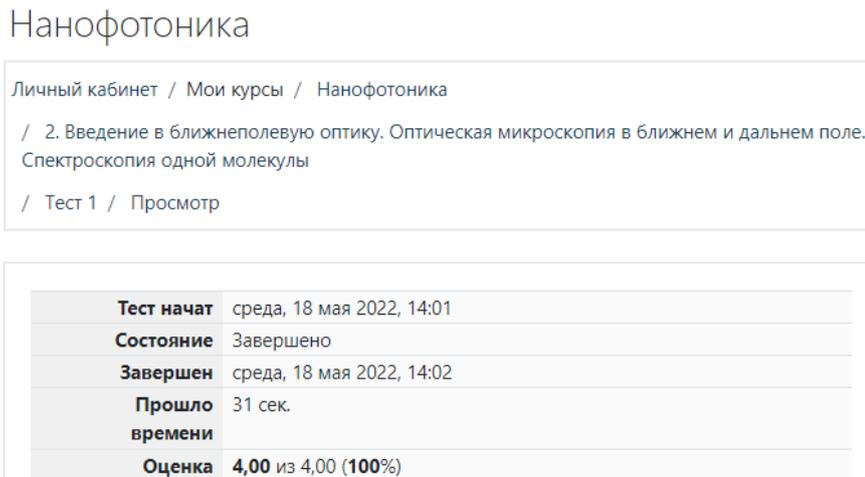


Рис. 15. Страница с результатами оценивания попытки прохождения теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 15 приведено изображение страницы с результатами оценивания попытки прохождения теста 1 во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 16 приведено изображение страницы с заданием в виде задачи 1 о нахождении электрических характеристик зонда с атомом золота на конце иглы ближнепольного микроскопа во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 17 приведено изображение страницы настройки семинара 1 по ближнепольной оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 18 приведено изображение страница настроек wiki-элемента в составе второй темы по ближнеполевой оптике в дистанционном курсе по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

В составе курса по нанофотонике имеются задания в виде задач.

Задача 1.

Относительная полоса пропускания антенны $\Delta\nu_{pr}/\nu_0 = 120$. Определить коэффициент перекрытия диапазона, если несущая частота излучаемой радиоволны $\nu_0 = 10^{10}$ Гц.

Решение.

По условию задачи абсолютная полоса пропускания $\Delta\nu_{pr} = 1.2\nu_0$. Вместе с тем граничные частоты спектра частот, пропускаемого антенной: $\nu_{max} = \nu_0 + \Delta\nu_{pr}/2$ и $\nu_{min} = \nu_0 - \Delta\nu_{pr}/2$. Этого достаточно, чтобы определить коэффициент перекрытия диапазона.

На рис. 19 показан амплитудно-частотный симметричный спектр, пропускаемый антенной с допустимыми искажениями.

1. Абсолютная полоса пропускания антенны

$$\Delta\nu_{pr} = 1.2\nu_0 = 1.2 \cdot 10^{10} \text{ Гц.}$$

2. Максимальная частота спектра радиосигнала, пропускаемого антенной:

$$\nu_{max} = \nu_0 + \Delta\nu_{pr}/2 = 10^{10} + 0.6 \cdot 10^{10} = 1.6 \cdot 10^{10} \text{ Гц.}$$

3. Минимальная частота спектра радиосигнала, пропускаемого антенной:

$$\nu_{min} = \nu_0 - \Delta\nu_{pr}/2 = 10^{10} - 0.6 \cdot 10^{10} = 0.4 \cdot 10^{10} \text{ Гц.}$$

4. Коэффициент перекрытия диапазона частот

$$\kappa_d = \nu_{max}/\nu_{min} = 1.6 \cdot 10^{10}/0.4 \cdot 10^{10} = 4.$$

Задача 1 о электростатических характеристиках зонда с атомом золота на конце



Рассчитайте потенциал и напряженность электрического поля, создаваемого одним атомом золота, находящегося на конце иглы в виде шара, радиусом 50 нм, вблизи от поверхности композита с матрицей и стекла и включением из металлических наночастиц.

Изолированные группы

Резюме оценивания

| | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Скрыто от студентов | Нет |
| Участники | 0 |
| Ответы | 0 |
| Требуют оценки | 0 |
| Последний срок сдачи | среда, 23 марта 2022, 15:50 |
| Оставшееся время | Задание сдано |

Рис. 16. Задача 1 о нахождении электрических характеристик зонда с атомом золота на конце иглы ближнеполюсного микроскопа во второй теме по ближнеполевой оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

По итогам разработки дистанционного курса по нанофотонике в системе управления обучением MOODLE можно сделать вывод о наличии элементов для эффективного контроля знаний по нанофотонике в составе дистанционного курса в системе управления обучением MOODLE.

Заключение

В связи с возрастающей информатизацией образования идёт внедрение электронных курсов, онлайн-курсов, дистанционных курсов во всех предметных областях. Поэтому разработка курса по нанофотонике представляет практическую значимость для образовательного процесса в педагогическом университете.

Курс по нанофотонике может быть использован при проведении очных занятий, занятий смешанной формы, дистанционных занятий. Систематизация теории по физическим основам нанофотоники позволила наполнить теоретическими материалами курс по нанофотонике. Разработаны элементы такие как лекция, тест, задание, семинар, вики для курса по нанофотонике, позволяющие контролировать усвоение знаний по физике от репродуктивного до творческого уровня. В составе курса по нанофотонике представлены элементы для проверки теоретических знаний по физическим ос-



Семинар 1 по ближнепольной оптике ?

Фаза настройки

| Фаза настройки Текущая фаза ● | Фаза представления работ Переключиться в фазу представления работ ○ | Фаза оценивания Переключиться в фазу оценивания работ ○ | Фаза оценивания оценок Переключиться в фазу оценивания оценок ○ | Закрывать Семинар окончен ○ |
|--|--|---|---|--------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Задать введение для семинара ✓ Предоставить инструкции для работы ✗ Редактировать форму оценки ✗ Переключиться в следующую фазу | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Предоставить инструкции по оцениванию ✗ Распределить работы ожидалось: 0 представлено: 0 не размещено: 0 ⓘ Начало представления работ: среда, 16 марта 2022, 14:20 (Прошло дней - 63) ⓘ Конец представления работ: среда, 16 марта 2022, 15:05 (Прошло дней - 63) ⓘ Ограничение времени к Вам не относится | <ul style="list-style-type: none"> ⓘ Открыто для оценивания с: среда, 16 марта 2022, 15:06 (Прошло дней - 63) ⓘ Срок оценивания: среда, 16 марта 2022, 15:50 (Прошло дней - 63) ⓘ Ограничение времени к Вам не относится | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Вычислить оценки за работы ожидалось: 0 вычислено: 0 ✓ Вычислить баллы за оценивание ожидалось: 0 вычислено: 0 ✗ Написать заключение для семинара | |

Рис. 17. Страница настройки семинара 1 по ближнепольной оптике в составе дистанционного курса по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

новам нанофотоники, позволяющие организовать автоматизированную проверку знаний по физическим основам курса. Наполнен содержанием избранный модуль курса по нанофотонике, позволяющий контролировать усвоение знаний по по нанофотонике от репродуктивного до творческого уровня.

Выводы по работе можно сформулировать следующим образом:

1. созданные теоретические материалы курса по нанофотонике в системе управления обучения MOODLE позволяют проводить обучение по по нанофотонике в дистанционной и смешанной формах обучения,
2. разработанная модульная структура дистанционного курса по нанофотонике в системе управления обучением MOODLE позволяет управлять продвижением студентов по курсу по нанофотонике,
3. разработанный оригинальный дистанционный курс по нанофотонике, который готов к началу использования в учебном процессе бакалавриата педагогического университета с профилем подготовки по физике и математике.

Созданный в работе дистанционный курс позволяет эффективно планировать, организовывать и проводить обучение по нанофотонике. Использование курса по нанофотонике способствует повышению эффективности самостоятельной работы, обеспечению визуализации процесса обучения, повышению эффективности управления обучением с использованием возможностей системы управления обучением MOODLE.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если создать и использовать дистанционный курс по нанофотонике, основанный на комбинации теоретических методов и чис-

Ближнеполюсная оптика

Обсуждение использования оптических ближнеполюсных микроскопов.

▼ Новая страница

Заголовок новой
страницы



Обсуждение использоваи

Формат



Формат HTML

Формат Creole

Формат NWiki

Группа

Все участники

Создать страницу

Обязательные для заполнения поля в этой форме помечены .

Рис. 18. Wiki-элемент в составе второй темы по ближнеполюсовой оптике в дистанционном курсе по нанофотонике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

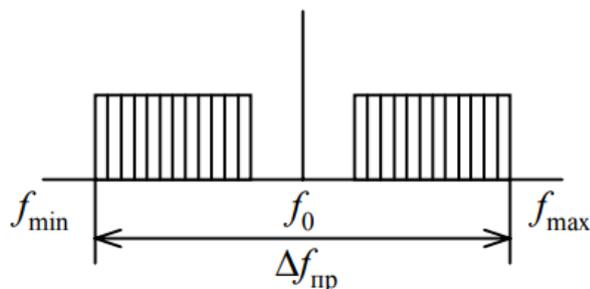


Рис. 19. Зависимость сигнала от шума для данных.

ленных методов в процессе изучения квантовой оптики наноструктур и нанокomпозитных материалов, то можно повысить познавательный интерес студентов университетов к курсу по нанофотонике и реализовать систему смешанного обучения нанофотонике, подтверждена полностью.

Поставленные в работе задачи полностью решены.

Список использованных источников

1. Prasad P. N. Nanophotonics. — John Wiley & Sons, Inc., 2004. — mar. — URL: <https://doi.org/10.1002/0471670251>.
2. New trends in nanophotonics / Sunae So [et al.] // Nanophotonics. — 2020. — mar. — Vol. 9, no. 5. — P. 983–985. — URL: <https://doi.org/10.1515/nanoph-2020-0170>.

3. Терехов А. И. Российские исследования по нанофотонике в глобальном контексте // *Мировая экономика и международные отношения*. — 2019. — Т. 1, № 10. — С. 29–39.
4. Терехов А. И. Появляющиеся ответвления нанотехнологий: нанофотоника // *Экономика науки*. — 2018. — Т. 4, № 4. — С. 297–308.
5. Левин Г. Г. Материалы нанофотоники и методы измерения их параметров // *Мир измерений*. — 2008. — № 1. — С. 16–20.
6. Игнатов А. Н. *Оптоэлектроника и нанофотоника: учебное пособие*. — Издательство «Лань», 2011. — 544 с.
7. Lattice dynamics and elastic properties of black phosphorus / Eva A. A. Pogna [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 18. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.184306>.
8. Optical entanglement of distinguishable quantum emitters / D. S. Levonian [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2022. — may. — Vol. 128, no. 21. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.213602>.
9. Yang Xu-Chen, Yu Hongyi, Yao Wang. Chiral excitonics in monolayer semiconductors on patterned dielectrics // *Physical Review Letters*. — 2022. — may. — Vol. 128, no. 21. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.217402>.
10. Nanometer-scale spatial and spectral mapping of exciton polaritons in structured plasmonic cavities / Marc R. Bourgeois [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2022. — may. — Vol. 128, no. 19. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.197401>.
11. Transverse Kerker effect for dipole sources / Feifei Qin [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2022. — may. — Vol. 128, no. 19. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.193901>.
12. Spin-optical dynamics and quantum efficiency of a single V1 center in silicon carbide / Naoya Morioka [et al.] // *Physical Review Applied*. — 2022. — may. — Vol. 17, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.054005>.
13. Lauria Simone, Saleh Mohammed F. Mixing second- and third-order nonlinear interactions in nanophotonic lithium-niobate waveguides // *Physical Review A*. — 2022. — apr. — Vol. 105, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.105.043511>.
14. Classical-to-quantum transition in multimode nonlinear systems with strong photon-photon coupling / Yue-Xun Huang [et al.] // *Physical Review A*. — 2022. — apr. — Vol. 105, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.105.043707>.
15. Sauer Mikkel Ohm, Pedersen Thomas Garm. Exciton absorption, band structure, and optical emission in biased bilayer graphene // *Physical Review B*. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 11. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.115416>.
16. Nonlinear quantum behavior of ultrashort-pulse optical parametric oscillators / Tatsuhiro Onodera [et al.] // *Physical Review A*. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.105.033508>.
17. Nonlinear forced response of plasmonic nanostructures / Kobi Frischwasser [et al.] // *Physical Review Letters*. — 2022. — mar. — Vol. 128, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.103901>.

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

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

E-mail: prichalova.katya@bk.ru

ORCID iD  0000-0003-4632-6420

Web of Science ResearcherID  ABB-9731-2021

Original article
PACS 42.25.Bs
OCIS 220.2945
MSC 78-11

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

K. K. Altunin , E. N. Prichalova 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted September 16, 2022

Resubmitted September 17, 2022

Published December 12, 2022

Abstract. The result of the development of a distance course on nanophotonics, dedicated to the study of the physical foundations of nanoscale light-emitting systems and photosensitive systems, is considered. The distance course on nanophotonics was created in the learning management system MOODLE on the educational portal of the Pedagogical University. The results of the development of the modular structure of the course, theoretical elements and elements of knowledge control in nanophotonics are described.

Keywords: nanophotonics, photonics, course, distance course, course element, nanoscale light-emitting systems, nanoscale light-sensitive systems, the learning management system MOODLE, educational portal

References

1. Prasad P. N. Nanophotonics. — John Wiley & Sons, Inc., 2004. — mar. — URL: <https://doi.org/10.1002/0471670251>.
2. New trends in nanophotonics / Sunae So [et al.] // Nanophotonics. — 2020. — mar. — Vol. 9, no. 5. — P. 983–985. — URL: <https://doi.org/10.1515/nanoph-2020-0170>.
3. Terekhov A. I. Russian research on nanophotonics in a global context // World economy and international relations. — 2019. — Vol. 1, no. 10. — P. 29–39.
4. Terekhov A. I. Emerging Offshoots of Nanotechnology: Nanophotonics // Economics of science. — 2018. — Vol. 4, no. 4. — P. 297–308.
5. Levin G. G. Nanophotonics materials and methods for measuring their parameters // World of measurements. — 2008. — no. 1. — P. 16–20.
6. Ignatov A. N. Optoelectronics and nanophotonics: tutorial. — Publisher «Doe», 2011. — 544 p.
7. Lattice dynamics and elastic properties of black phosphorus / Eva A. A. Pogna [et al.] // Physical Review B. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 18. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.184306>.

8. Optical entanglement of distinguishable quantum emitters / D. S. Levonian [et al.] // Physical Review Letters. — 2022. — may. — Vol. 128, no. 21. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.213602>.
9. Yang Xu-Chen, Yu Hongyi, Yao Wang. Chiral excitonics in monolayer semiconductors on patterned dielectrics // Physical Review Letters. — 2022. — may. — Vol. 128, no. 21. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.217402>.
10. Nanometer-scale spatial and spectral mapping of exciton polaritons in structured plasmonic cavities / Marc R. Bourgeois [et al.] // Physical Review Letters. — 2022. — may. — Vol. 128, no. 19. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.197401>.
11. Transverse Kerker effect for dipole sources / Feifei Qin [et al.] // Physical Review Letters. — 2022. — may. — Vol. 128, no. 19. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.193901>.
12. Spin-optical dynamics and quantum efficiency of a single V1 center in silicon carbide / Naoya Morioka [et al.] // Physical Review Applied. — 2022. — may. — Vol. 17, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.17.054005>.
13. Lauria Simone, Saleh Mohammed F. Mixing second- and third-order nonlinear interactions in nanophotonic lithium-niobate waveguides // Physical Review A. — 2022. — apr. — Vol. 105, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.105.043511>.
14. Classical-to-quantum transition in multimode nonlinear systems with strong photon-photon coupling / Yue-Xun Huang [et al.] // Physical Review A. — 2022. — apr. — Vol. 105, no. 4. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.105.043707>.
15. Sauer Mikkel Ohm, Pedersen Thomas Garm. Exciton absorption, band structure, and optical emission in biased bilayer graphene // Physical Review B. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 11. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevb.105.115416>.
16. Nonlinear quantum behavior of ultrashort-pulse optical parametric oscillators / Tatsuhiko Onodera [et al.] // Physical Review A. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/physreva.105.033508>.
17. Nonlinear forced response of plasmonic nanostructures / Kobi Frischwasser [et al.] // Physical Review Letters. — 2022. — mar. — Vol. 128, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.103901>.

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

Ekaterina Nikolaevna Prichalova — 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: prichalova.katya@bk.ru

ORCID iD  0000-0003-4632-6420

Web of Science ResearcherID  ABB-9731-2021