

УДК 535.3
ББК 22.343
ГРНТИ 29.19.22
ВАК 01.04.05

Разработка информационной системы поддержки изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике

К. К. Алтунин , Е. А. Шленкина  ¹

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

Поступила в редакцию 7 апреля 2022 года

После переработки 12 апреля 2022 года

Опубликована 7 июня 2022 года

Аннотация. Обсуждаются результаты процесса разработки информационной системы поддержки изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике в рамках очного бакалавриата по педагогическому направлению подготовки с профилем в области физики и математики в педагогическом университете. Описаны результаты разработки элементов информационной системы поддержки курса по нанооптике в системе Intranet Academic. Рассматриваются теоретические материалы и материалы контроля знаний информационной системы поддержки курса по нанооптике в системе Intranet Academic. Обсуждаются особенности преподавания учебной дисциплины по нанооптике в рамках дисциплин по выбору на четвёртом курсе очного бакалавриата по педагогическому направлению подготовки с профилем в области физики и математики в педагогическом университете. В процессе преподавания учебной дисциплины по нанооптике в смешанной форме использовались дистанционные курсы и электронные образовательные ресурсы в виде сайтов с теоретическими материалами и материалами для осуществления планомерного и систематического контроля знаний в виде тестов по отдельным темам и контрольным тестам по курсу нанооптики.

Ключевые слова: нанооптика, оптика метаматериалов, курс, информационная система поддержки изучения курса, бакалавриат, педагогическое направление подготовки, теоретические материалы, контроль знаний

PACS: 42.25.Bs

Введение

В работе описаны результаты разработки элементов информационной системы поддержки курса по нанооптике в системе Intranet Academic. Рассматриваются теоретико-методические особенности создания информационной системы поддержки курса по нанооптике в системе Intranet Academic. Рассматриваются теоретические материалы и материалы контроля знаний информационной системы поддержки курса по нанооптике в системе Intranet Academic.

¹E-mail: zmejka123@mail.ru

Интенсивное развитие нанотехнологий, используемых для создания оптоэлектронных приборов, способствует развитию нанооптики. В связи с этим является актуальной задача создания электронных образовательных ресурсов по нанооптике. Электронные образовательные ресурсы по нанооптике могут быть использованы в качестве компонентов системы информационной поддержки изучения учебной дисциплины по нанооптике в университете.

Целью исследования являются разработка, научное обоснование и совершенствование информационной системы поддержки курса по нанооптике в рамках очного бакалавриата по педагогическому направлению подготовки с профилем в области физики и математики в педагогическом университете. Задача исследования заключается в разработке информационной системы поддержки изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике в системе Intranet Academic.

Объектом исследования является процесс преподавания курса по нанооптике в рамках очного бакалавриата по педагогическому направлению подготовки с профилем в области физики и математики в педагогическом университете. Предметом исследования является процесс создания информационной системы поддержки изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике в системе Intranet Academic.

Гипотеза данной части исследования заключается в том, что если использовать непрерывную информационную поддержку процесса преподавания курса по нанооптике, ориентированного на формирование у студентов практических навыков использования информационных технологий в процессе обучения нанооптике, то процесс обучения нанооптике будет более результативным при организации систематического контроля знаний с применением информационных технологий обучения нанооптике.

В качестве материалов исследования используются теоретические материалы по оптике наноструктур, наносистем и нанокompозитов.

В качестве метода создания информационной системы сопровождения курса по нанооптике используется метод создания сайтов в системе Intranet Academic.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что созданные материалы по теме, связанной с оптикой метаматериалов, которая изучается в курсе нанооптики, могут быть использованы в создании новой методологии обучения оптике наноструктур, пополнении научной базы актуальными материалами по нанооптике.

Практическая значимость исследования заключается в совершенствовании теоретических материалов темы по оптике метаматериалов в курсе нанооптики, которые могут быть использованы в качестве материалов на занятиях по дисциплине по выбору по нанооптике на четвёртом курсе очного бакалавриата по педагогическому направлению подготовки с профилем в области физики и математики в педагогическом университете.

Обзор работ по оптике метаматериалов

Двухфотонные когерентные состояния являются одним из основных столпов нелинейной и квантовой оптики. Они являются основой для генерации квантовых состояний с минимальной неопределенностью и запутанных пар фотонов, приложений, недоступных для стандартных когерентных состояний или однофотонных лазеров. В статье [1] описывается полностью резонансный оптомеханический параметрический усилитель, использующий поляритонный конденсат в ловушечной решётке, квадратично связанный с механическими модами. Квадратичная связь возникает из-за нерезонансных виртуальных переходов в расширенные дискретные возбужденные состояния, индуцированных оптомеханической связью. Нерезонансное возбуждение непрерывного лазера приводит к поразительным экспериментальным последствиям, включая появление оптомеханически индуцированных межузельных параметрических колебаний и межузельное туннелирование поляритонов при дискретных межловушечных расстройках,

соответствующих суммам энергий двух вовлеченных механических колебаний (ограниченные колебания на частотах 20 ГГц и 60 ГГц). В статье [1] показано, что когерентные механические колебания соответствуют параметрическим резонансам с пороговым условием, отличным от порогового условия стандартных линейных оптомеханических автоколебаний в области неустойчивости. Наблюдаемые явления могут найти применение для генерации запутанных фононных пар и сжатых механических состояний, имеющих значение для сенсорных и квантовых вычислений, а также для двунаправленного преобразования частоты сигналов в технологически важном диапазоне.

Признано, что Гровер пришёл к своему первоначальному алгоритму квантового поиска, вдохновленный его пониманием интерференции классических волн, исходящих от массива антенн. Также известно, что квантовомеханическая характеристика электромагнитного излучения изоморфна рассмотрению ориентации спина для частицы со спином $1/2$. В статье [2], руководствуясь оригинальной интуицией Гровера и исходя из этой математической эквивалентности, представлена количественная связь между геометрией не зависящих от времени гамильтоновых эволюций с оптимальной скоростью на сфере Блоха и геометрией сохраняющей интенсивность распространения света с максимальной степенью когерентности на сфере Пуанкаре. Наконец, определяя интерференцию как фундаментальный физический компонент, лежащий в основе обоих физических явлений, предполагается, что работа может дать в ретроспективе количественную геометрическую основу, лежащую в основе мощной интуиции Гровера.

В статье [3] исследуется усреднение по ансамблю невзаимодействующих частиц в системе нелинейных осцилляторов. В зависимости от начального распределения в фазовом пространстве механизм дефазировки, вызванный нелинейностью, может привести к временному распаду среднего положения частицы, который может сильно отличаться от стандартного экспоненциального распада. На самом деле приближение к равновесию может быть гауссовым или даже немонотонным во времени. В пределе больших времен можно построить единственное дифференциальное уравнение для эволюции среднего положения во времени. В отличие от бесконечного набора связанных нелинейных дифференциальных уравнений, полученных при стандартном подходе, основанном на уравнении Лиувилля, это уравнение может быть даже линейным. В статье [3] также показано, что предсказанные механизмы расфазировки имеют прямой аналог в соответствующей динамике квантовомеханических волновых пакетов.

Топологическая накачка позволяет исследовать топологические явления более высокой размерности в низкоразмерных системах, используя синтетическую размерность с временной модуляцией. Обширные исследования были посвящены одномерной решетке накачки с однократно модулированными параметрами, в которой было показано, что она обладает механически-волновым аналогом квантового эффекта Холла. В статье [4] изучается топологическая накачка в решёточной цепочке с дважды модулированными параметрами и сообщаем о теоретическом обнаружении двух дополнительных топологических фаз с числом Черна с большой целью, которые не были хорошо раскрыты ранее в однократно модулированных механических системах. Краевое состояние, защищенное числом Черна с большой целью, демонстрирует более быструю передачу энергии от края к краю при медленном временном изменении модулирующих параметров. Также анализируется адиабатическое приближение дважды модулированной накачки, которое не будет нарушаться в процессе эволюции краевых состояний с быстрой накачкой. Ожидается, что открытие будет использовано для быстрой и надежной передачи энергии механических волн.

Одним из ключевых направлений лазерной обработки материалов является использование структурированных лазерных лучей. Коллимированные и сфокусированные гауссовы пучки являются наиболее распространенными инструментами; однако более

экзотические лучи также могут быть полезны. Например, всё шире используются пучки Бесселя с удлиненной фокальной площадью и свойствами самовосстановления или вихревые пучки с винтовыми волновыми фронтами и темной областью вдоль оптической оси. В статье [5] предлагается и экспериментально демонстрируется, что динамические лучи «оптической дрели», представляющие нестационарные распределения интенсивности, которые напоминают вращающуюся механическую дрель. Оптические сверла возникают как пространственно-временная интерференция двух бесселевских вихревых пучков с разными топологическими зарядами и разными несущими частотами. При смещении пары бесселевых пучков высокого порядка, синтезированных с помощью жидкокристаллического пространственного модулятора света, экспериментально наблюдаются оптические сверла настроенных спиралей и демонстрируются простейшие случаи обработки вещества (флуоресценции) такими пучками. Ожидается, что оптические сверлильные лучи будут полезны при обработке материалов с помощью света или при манипулировании клетками и частицами в биомедицинских приложениях.

Акустические и упругие метаматериалы со свойствами, зависящими от времени и пространства, в последнее время привлекли большое внимание как средство нарушения взаимности распространения механических волн, обеспечивающее больший контроль направления. Одним из невзаимных устройств, которое было продемонстрировано в области акустики и электромагнетизма, является циркулятор, который обеспечивает однонаправленную передачу через сеть портов. В статье [6] исследуется циркулятор упругих волн, состоящий из тонкого упругого кольца с тремя присоединенными полубесконечными упругими волноводами, образующими трёхпортовую сеть. Невзаимность достигается как для продольных, так и для поперечных волн за счёт модуляции модуля упругости кольца вращательным образом. Выведены и реализованы две численные модели для расчёта упругого волнового поля в циркуляторе. Первая представляет собой приближённую модель, основанную на теории связанных мод, в которой используются известные формы мод немодулированной системы. Вторая модель представляет собой конечно-элементный подход, включающий разложение Фурье по гармоникам частоты модуляции и граничные условия излучения на портах. Модель связанных мод показывает отличное согласие с конечно-элементной моделью, и представлены условия на параметры модуляции, обеспечивающие высокую степень невзаимности. В статье [6] демонстрируется возможность создания циркулятора упругих волн, обеспечивающего невзаимное разделение мод падающей продольной волны на уходящие продольную и поперечную волны.

В статье [7] представлен аналог квантовомеханического обратного фракционного стимулированного комбинационного адиабатического прохождения в акустической системе путём разработки трёхрезонаторных ответвителей с изменяющейся в пространстве силой связи, которые дополнительно структурируются для создания акустических многофункциональных метаматериалов. Согласие между аналитическими и смоделированными результатами подтверждает, что распространение акустической волны имитирует эволюцию обратного частичного вынужденного комбинационного адиабатического прохождения в квантовой оптике. Сконструированные акустические метаматериалы имеют дополнительные функции: фокусировку луча, разделение луча или асимметричную передачу с переключаемыми функциями в зависимости от длины волны падающей акустической волны. В статье [7] описаны результаты, расширяющие область применения вынужденного комбинационного адиабатического прохождения, что может оказать глубокое влияние на изучение квантовых технологий для продвижения передовых акустических устройств.

Результаты разработки сайта по метаоптике

В курсе нанооптики изучаются оптические свойства наносистем, наноструктур, нанокомпозитов, построенных на основе различных наноматериалов и метаматериалов. Курс нанооптики, читаемый для студентов педагогического направления по профилю подготовки в области физики и математики имеет общую трудоёмкость три зачётные единицы или 108 часов, в которую входят лекции в объёме 18 часов, лабораторные занятия в объёме 30 часов, самостоятельная работа студентов, выполнение контрольных работ, сдача зачёта по учебной дисциплине по нанооптике в объёме 60 часов. Итоговой формой отчётности по учебной дисциплине по нанооптике является устный зачёт по вопросам.

Рассмотрим результаты процесса разработки информационной системы поддержки изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике.

Содержимое сайта · Новый сайт SharePoint

Название и описание

Название:

Описание:

Адрес веб-сайта

URL-имя:

Выбор шаблона

Выберите язык:

Выберите шаблон:

Место для совместной работы с группой пользователей.

Рис. 1. Страница настройки в процессе создания электронного образовательного ресурса в виде сайта по метаоптике в системе Intranet Academic.

На рис. 1 изображена страница настройки в процессе создания электронного образовательного ресурса в виде сайта по метаоптике в системе Intranet Academic на образовательном портале университета. Страница настройки в процессе создания сайта по метаоптике позволяет задать название сайта, описание сайта, адрес веб-сайта, а также выбрать шаблон сайта в виде одного из видов сайтов для совместной работы или корпоративный сайт.

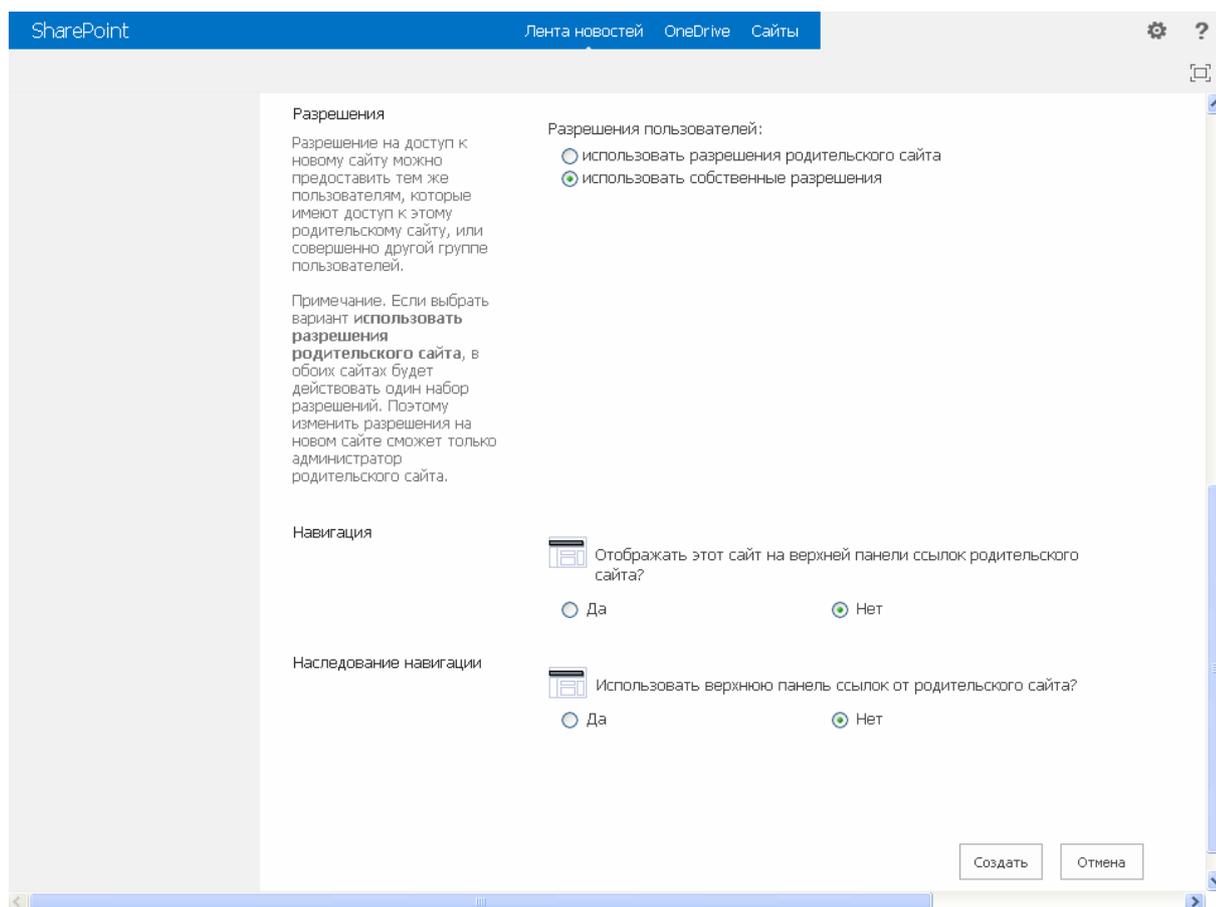


Рис. 2. Вторая часть страницы настройки в процессе создания сайта по метаоптике в системе Intranet Academic.

На рис. 2 изображена вторая часть страницы настройки в процессе создания сайта по метаоптике в системе Intranet Academic. Страница настройки в процессе создания сайта по метаоптике позволяет выбрать разрешения пользователей для сайта, способы навигации и наследование навигации для сайта по метаоптике в системе Intranet Academic.

На рис. 3 изображена главная гипертекстовая страница сайта по метаоптике в системе Intranet Academic. Главная страница сайта по метаоптике в системе Intranet Academic содержит название сайта, логотип сайта, меню, канал новостей и ссылки на документы сайта по метаоптике.

На рис. 4 изображена гипертекстовая страница со списками библиотек и приложений сайта по метаоптике в системе Intranet Academic. Страница со списками библиотек и приложений сайта по метаоптике в системе Intranet Academic содержит настройки, позволяющие устанавливать дополнительные библиотеки и приложения, а также управлять всеми библиотеками и приложениями сайта по метаоптике в системе Intranet Academic. Календарь заданий и проектов сайта по метаоптике можно вывести на одну из страниц сайта.

На рис. 5 изображена первая часть перечня тем по оптике метаматериалов в виде ссылки на страницу сайта по метаоптике в системе Intranet Academic. Первая часть тем по метаоптике посвящена рассмотрению видов и характеристик метаматериалов, системы уравнений Максвелла в приложении к метаматериалам, полевые уравнения для метаматериалов, метод интегральных уравнений для метаматериалов, приближение эффективной среды для метаматериалов.

На рис. 6 изображена часть перечня тем по оптике метаматериалов в виде ссылки

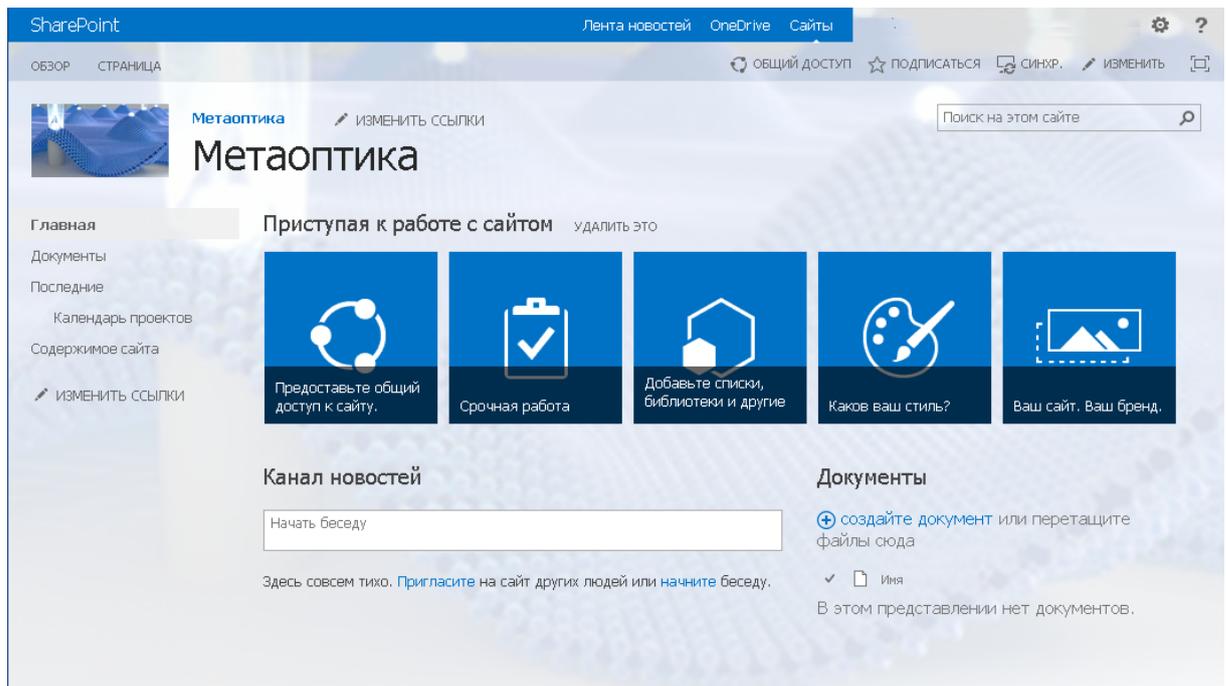


Рис. 3. Главная страница сайта по метаоптике в системе Intranet Academic.

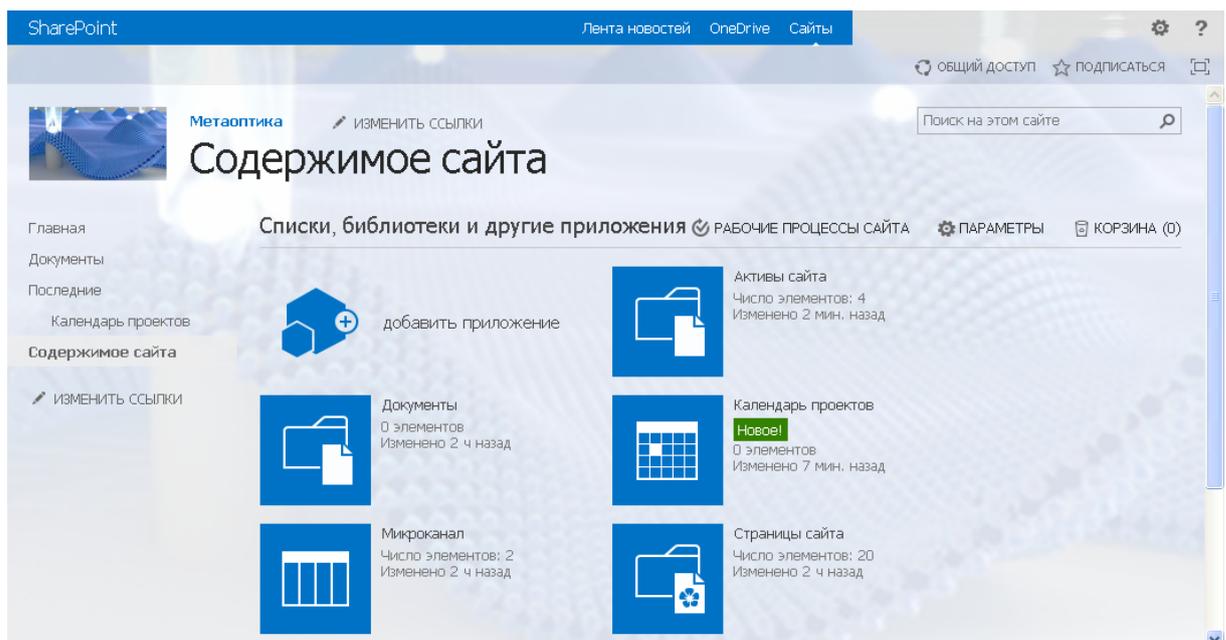


Рис. 4. Страница со списками библиотек и приложений сайта по метаоптике в системе Intranet Academic.

на страницу сайта по метаоптике в системе Intranet Academic. Вторая часть перечня тем по метаоптике посвящена рассмотрению метода решёточных сумм для метаматериалов, оптического отражения и пропускания микротрубчатых метаматериалов, мультипольное разложение для системы зарядов в метаматериалах, оптического отражения и пропускания тороидальных метаматериалов, оптического отражения и пропускания градиентных метаматериалов, оптического отражения и пропускания микропористых метаматериалов. Третья часть перечня тем по метаоптике посвящена рассмотрению оптического отражения и пропускания активных ворсистых метаматериалов, суперлинз из метаматериалов, максировки тел метаматериалами, эффекта волнового огиба-

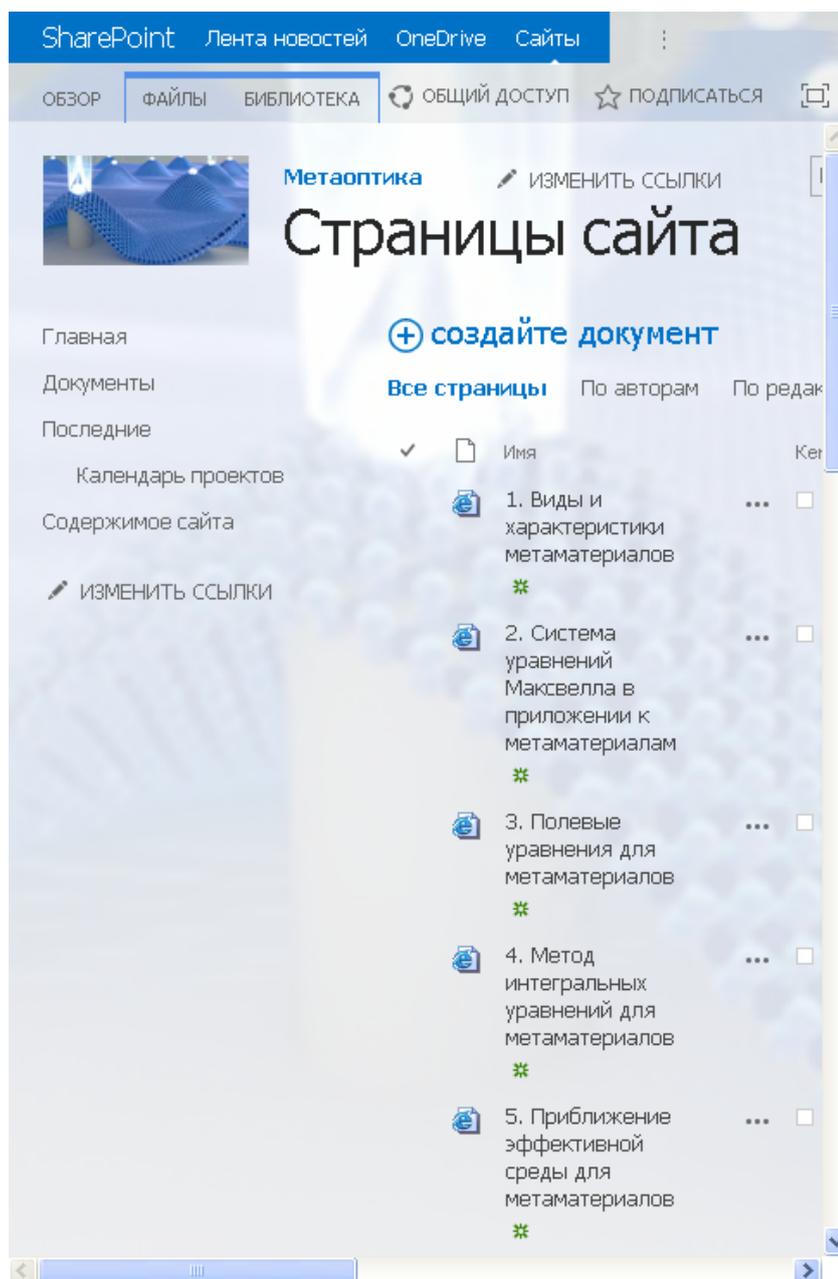


Рис. 5. Первая часть перечня тем по оптике метаматериалов в виде ссылки на страницу сайта по метаоптике в системе Intranet Academic.

ния в метаматериалах, описание оптических свойств метаматериалов с помощью тензоров диэлектрической проницаемости и магнитной проницаемости, описание оптических свойств метаматериалов с помощью тензоров показателя преломления и поверхностного импеданса.

В качестве материалов для контроля знаний по курсу нанооптики в составе сайта по оптике метаматериалов можно созданы опросы, которые содержат различные типы ответов. Типы ответов на вопросы опроса для контроля знаний по курсу нанооптики могут быть в виде однострочного текста, многострочного текста, меню с выбором вариантов ответа, шкалы оценок в виде матрицы вариантов или шкалы Ликерта, числа, даты и времени, подстановки данных, флажка с положительным или отрицательным ответом. Для управления опросом существуют поля пользователей или групп, разделители страниц с возможностью вставки разрыва страниц в опрос, поля внешних данных, поля с управляемыми метаданными.

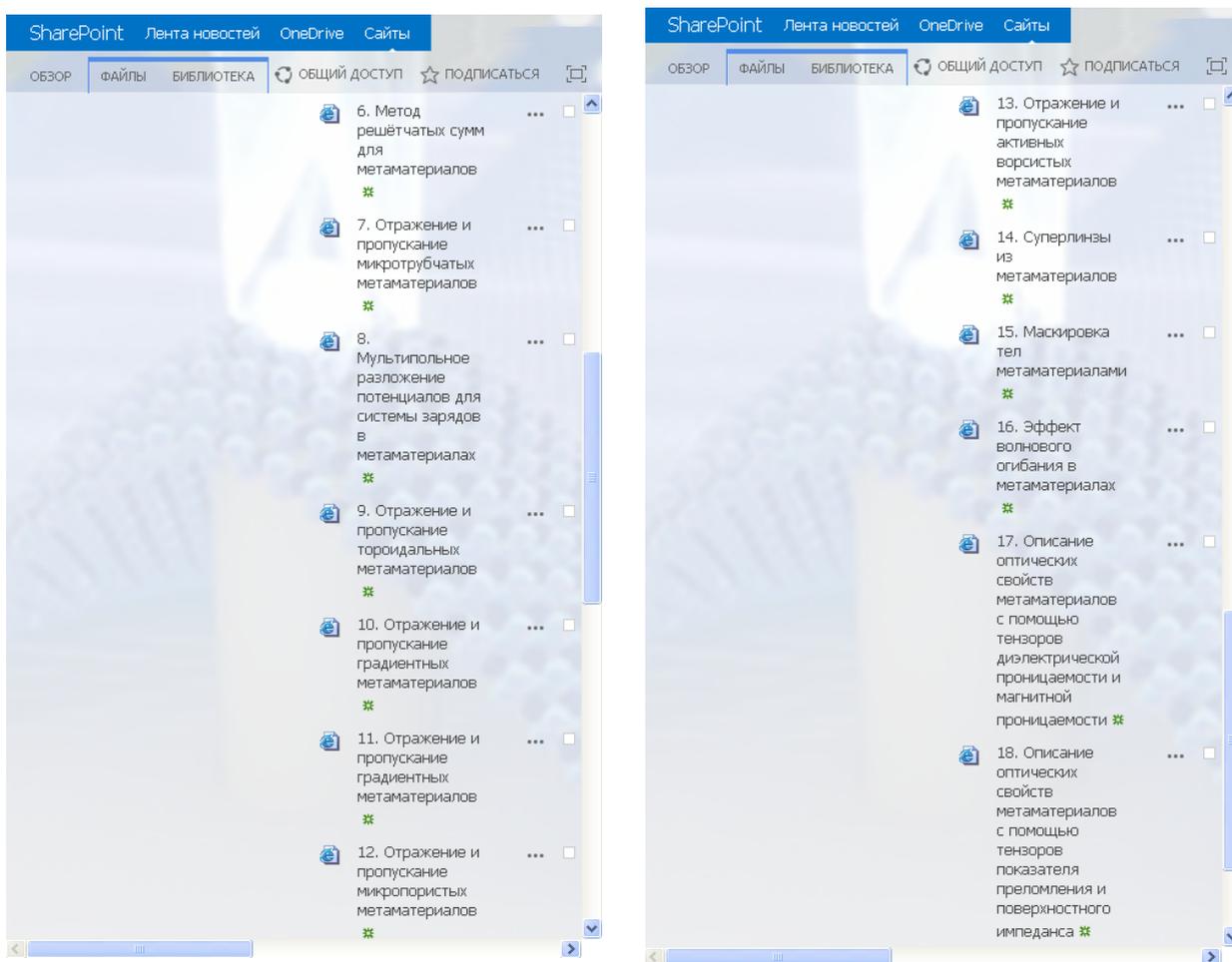


Рис. 6. Вторая и третья части перечня тем по оптике метаматериалов в системе Intranet Academic.

Курс по нанооптике читается в восьмом семестре для студентов четвёртого курса педагогического университета, обучающихся по профилю подготовки в области физики и математики. В период с марта по май 2021 года осуществлялось наблюдение за результатами преподавания учебной дисциплины по нанооптике на четвёртом курсе в подгруппе ФМ-17-01. Преподавание учебной дисциплины по нанооптике осуществлялось в рамках дисциплин по выбору в подгруппе ФМ-17-01. Трудоемкость учебной дисциплины по нанооптике составляла три зачётные единицы или 108 часов общей нагрузки. Подгруппа ФМ-17-01 состояла из шести человек. Аудиторные занятия по учебной дисциплине по нанооптике состоят из девяти лекций и пятнадцати лабораторных занятий. В результате изучения учебной дисциплины по нанооптике по учебной успеваемости были получены следующие результаты: четыре студента получили отметку «отлично», два студента получили отметку «удовлетворительно». Средний балл по учебной дисциплине по нанооптике составил 252 балла из 300 максимально возможных баллов. Степень обученности студентов по нанооптике составила 78.7%, что соответствует оптимальному уровню обученности студентов. На занятиях по учебной дисциплине по нанооптике в смешанной форме использовались дистанционные курсы и электронные образовательные ресурсы в виде сайтов с теоретическими материалами и материалами для осуществления планомерного и систематического контроля знаний в виде тестов по отдельным темам и контрольным тестам по курсу нанооптики. Преподавание дисциплины по выбору по нанооптике осуществлялось с использованием дистанционного курса

и электронных образовательных ресурсов, в том числе электронного образовательного ресурса в виде сайта по метаоптике.

В составе курса по нанооптике решаются задачи по оптике метаматериалов в рамках изучения темы курса, связанной с изучением оптических свойств метаматериалов.

Приведём задачу по оптике метаматериалов о сенсационном открытии в оптике.

В шестидесятых годах прошлого века группа советских физиков во главе с доктором физико-математических наук Виктором Георгиевичем Веселаго занималась поиском веществ, обладающих отрицательным показателем преломления. Поведение таких веществ было рассмотрено теоретически в статье, опубликованной в 1967 году в журнале «Успехи физических наук» (том 92). В частности, в статье было показано, что остаётся справедливым закон преломления Снелла ($n_1 \sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2$, где φ_1 – угол падения, а φ_2 – угол преломления, а n_1 и n_2 – соответствующие показатели преломления). При этом плоскопараллельная пластинка может при некоторых условиях быть идеальной «линзой». К сожалению, тогда найти вещества с такими свойствами не удалось. Однако в 2000 году группой физиков из университета Сан-Диего были созданы композитные материалы, обладающие отрицательным показателем преломления.

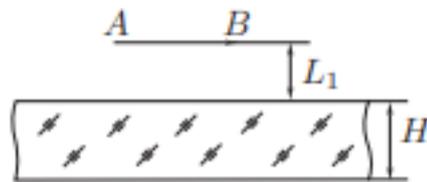


Рис. 7. Светящаяся стрелка AB над прозрачной плоскопараллельной пластинкой, обладающей отрицательным показателем преломления $n = -1$.

Над прозрачной плоскопараллельной пластинкой, обладающей отрицательным показателем преломления $n = -1$, находится светящаяся стрелка AB (рис. 7). Расстояние от неё до пластинки $L_1 = 6$ см, толщина пластинки $H = 10$ см. Под пластинкой возникает изображение $A''B''$ стрелки AB . Покажите построением, как получается это изображение. На каком расстоянии L_2 от нижней стороны плоскопараллельной пластинки будет находиться изображение $A''B''$? Действительным или мнимым будет это изображение? Найдите увеличение k , даваемое такой пластинкой в рассматриваемом случае. Будет ли это изображение единственным во всём пространстве? отражения от границ раздела пластинки с воздухом не учитывать.

Решение.

Выясним, каков должен быть ход луча при прохождении сквозь пластинку с отрицательным показателем преломления. В формуле Снелла при $n_1 > 0$ и $n_2 > 0$ острые углы φ_1 и φ_2 положительны, если они отсчитываются от нормали к поверхности против часовой стрелки (рис. 8). Тогда при $n_1 < 0$ и $n_2 < 0$ синус одного из углов, φ_1 или φ_2 , а тем самым и угол, должен быть отрицательным. Ход луча для случая $n_1 = 1$, $n_2 = -1$ изображён на рис. 9, при этом $|\varphi_1| = |\varphi_2|$.

Теперь построение изображения предмета AB становится чисто технической задачей. Из точки A пускаем к границе раздела два произвольных луча; с учётом уточнённого нами смысла закона Снелла строим преломлённые лучи. Точка A' является первичным изображением точки A . Она расположена симметрично точке A относительно верхней границы раздела сред. Но лучи, вышедшие из точки A' вновь пересекутся в точке A'' , которая расположена симметрично точке A' относительно нижней границы раздела сред. Аналогичные рассуждения можно провести и для точки B . Следовательно, $L_2 = H - L_1 = 4$ см. Это изображение действительное. Увеличение k , даваемое

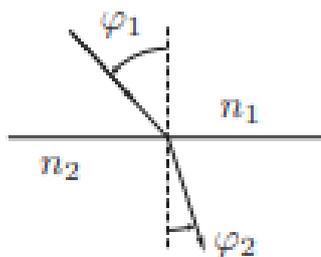


Рис. 8. Ход луча при прохождении границы раздела с положительным показателем преломления.

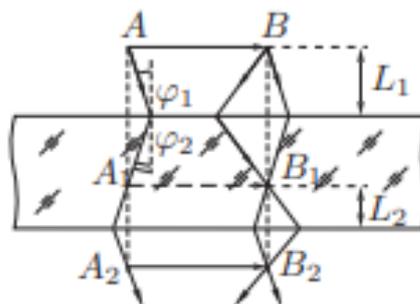


Рис. 9. Ход луча при прохождении сквозь пластинку с отрицательным показателем преломления.

пластинкой, равно 1. Ещё одно изображение $A'B'$ будет внутри пластинки (оно также действительное с увеличением $k = 1$).

Заключение

Электронный образовательный ресурс по курсу нанооптики, созданный в системе Intranet Academic, имеет формат сайта по метаоптике, что даёт возможность обеспечить непрерывную информационную поддержку обучения нанооптике в рамках бакалавриата университета. Электронный образовательный ресурс по оптике метаматериалов в системе Intranet Academic позволяет обеспечить возможность хранения текущих и промежуточных образовательных результатов, включая результаты тестирования.

Гипотеза данной части исследования, заключающаяся в том, что если использовать непрерывную информационную поддержку процесса преподавания курса по нанооптике, ориентированного на формирование у студентов практических навыков использования информационных технологии в процессе обучения нанооптике, то процесс обучения нанооптике будет более результативным при организации систематического контроля знаний с применением информационных технологий обучения нанооптике, подтверждена полностью.

Электронный образовательный ресурс в виде сайта по оптике метаматериалов может быть использован при проведении дисциплины по выбору по нанооптике в педагогических университетах. Систематизация теоретических материалов по оптике метаматериалов позволила создать структуру тематических модулей электронного образовательного ресурса по метаоптике и наполнить теоретическими материалами страницы электронного образовательного ресурса в виде сайта по метаоптике. Разработанная информационная система сопровождения изучения темы по оптике метаматериалов в составе курса по нанооптике позволяет обеспечить непрерывное информационное сопровождение процесса преподавания курса по нанооптике в университете.

Список использованных источников

1. Optomechanical parametric oscillation of a quantum light-fluid lattice / A. A. Reynoso [et al.] // Physical Review B. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 19. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.195310>.
2. Cafaro Carlo, Ray Shannon, Alsing Paul M. Optimal-speed unitary quantum time evolutions and propagation of light with maximal degree of coherence // Physical Review A. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.052425>.
3. Decay mechanisms of ensemble averages of nonlinear oscillators / C. Gong [et al.] // Physical Review A. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.052209>.
4. Liao Yunhong, Zhou Xiaoming. Topological Pumping in Doubly Modulated Mechanical Systems // Physical Review Applied. — 2022. — mar. — Vol. 17, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.034076>.
5. Optical Drills by Dynamic High-Order Bessel Beam Mixing / Gabrielius Kontenis [et al.] // Physical Review Applied. — 2022. — mar. — Vol. 17, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.034059>.
6. Goldsberry Benjamin M., Wallen Samuel P., Haberman Michael R. Nonreciprocity and Mode Conversion in a Spatiotemporally Modulated Elastic Wave Circulator // Physical Review Applied. — 2022. — mar. — Vol. 17, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.034050>.
7. Acoustic wavelength-selected metamaterials designed by reversed fractional stimulated Raman adiabatic passage / Shuai Tang [et al.] // Physical Review B. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.104107>.

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

Елена Алексеевна Шленкина — магистрант факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: zmejka123@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-7402-4916

Web of Science ResearcherID  АВН-1508-2020

Development of an information support system for studying a topic on the optics of metamaterials as part of a course on nanooptics

K. K. Altunin , E. A. Shlenkina 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted April 7, 2022

Resubmitted April 12, 2022

Published June 7, 2022

Abstract. The results of the process of developing an information system to support the study of a topic on the optics of metamaterials as part of a course on nanooptics as part of a full-time bachelor's degree in a pedagogical field of study with a profile in the field of physics and mathematics at the Pedagogical University are discussed. The results of the development of elements of the information system for supporting the course on nanooptics in the Intranet Academic system are described. Theoretical materials and knowledge control materials of the information support system for the course on nanooptics in the Intranet Academic system are considered. The features of teaching the academic discipline in nanooptics within the framework of elective disciplines in the fourth year of full-time bachelor's degree in the pedagogical direction of training with a profile in the field of physics and mathematics at the Pedagogical University are discussed. In the process of teaching the academic discipline in nanooptics in a mixed form, distance courses and electronic educational resources were used in the form of sites with theoretical materials and materials for the systematic and systematic control of knowledge in the form of tests on individual topics and control tests for the course of nanooptics.

Keywords: nanooptics, optics of metamaterials, course, information system to support the study of the course, bachelor's degree, pedagogical area of training, theoretical materials, knowledge control

PACS: 42.25.Bs

References

1. Optomechanical parametric oscillation of a quantum light-fluid lattice / A. A. Reynoso [et al.] // *Physical Review B*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 19. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.195310>.
2. Cafaro Carlo, Ray Shannon, Alsing Paul M. Optimal-speed unitary quantum time evolutions and propagation of light with maximal degree of coherence // *Physical Review A*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.052425>.
3. Decay mechanisms of ensemble averages of nonlinear oscillators / C. Gong [et al.] // *Physical Review A*. — 2022. — may. — Vol. 105, no. 5. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.052209>.
4. Liao Yunhong, Zhou Xiaoming. Topological Pumping in Doubly Modulated Mechanical Systems // *Physical Review Applied*. — 2022. — mar. — Vol. 17, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.034076>.

5. Optical Drills by Dynamic High-Order Bessel Beam Mixing / Gabrielius Kontenis [et al.] // Physical Review Applied. — 2022. — mar. — Vol. 17, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.034059>.
6. Goldsberry Benjamin M., Wallen Samuel P., Haberman Michael R. Nonreciprocity and Mode Conversion in a Spatiotemporally Modulated Elastic Wave Circulator // Physical Review Applied. — 2022. — mar. — Vol. 17, no. 3. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.034050>.
7. Acoustic wavelength-selected metamaterials designed by reversed fractional stimulated Raman adiabatic passage / Shuai Tang [et al.] // Physical Review B. — 2022. — mar. — Vol. 105, no. 10. — URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.104107>.

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

Elena Alekseevna Shlenkina — Master’s 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: zmejka123@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-7402-4916

Web of Science ResearcherID  ABH-1508-2020