

Секция 1

Науки об образовании

1.1 Теория и методика обучения и воспитания

Научная статья

УДК 378.147

ББК 74.489

ГРНТИ 14.35.09

ВАК 5.8.2.

PACS 01.40.-d

OCIS 000.2060

MSC 00A79

Разработка дистанционного курса по фотонным кристаллам

К. К. Алтунин , Р. Р. Алиева  ¹

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

Поступила в редакцию 23 июня 2024 года

После переработки 27 июля 2024 года

Опубликована 12 сентября 2024 года

Аннотация. Представлены результаты разработки дистанционного курса по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Рассматриваются особенности разработки теоретических элементов и элементов контроля знаний по курсу фотонных кристаллов, созданному в системе управления обучением MOODLE. Приводится краткое описание основных характеристик процесса создания дистанционного курса по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE. Обсуждаются результаты создания теоретических и контрольно-измерительных материалов курса по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE. Обозначаются основные особенности преподавания курса по фотонным кристаллам с применением системы управления обучением MOODLE в университете.

Ключевые слова: фотонный кристалл, нанотехнологии, курс, дистанционный курс, элемент курса, система управления обучением, образовательный портал

¹E-mail: alieva02regina@mail.ru

Введение

Целью исследования является создание модульной структуры и избранных элементов дистанционного курса по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE. Задачи исследования включают в себя создание теоретических и контрольно-измерительных материалов курса по фотонным кристаллам, а также разработку избранных элементов в составе дистанционного курса по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета.

Объектом исследования является курс по фотонным кристаллам. Предметом исследования является процесс создания дистанционного курса по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. В качестве методов исследования используются методы разработки теоретического материала по физическим основам нанотехнологии получения фотонных кристаллов, компьютерные методы создания дистанционного курса в системе управления обучения MOODLE. В качестве материалов исследования используются теоретические материалы междисциплинарной области исследований на стыке физики фотонных кристаллов и нанотехнологии получения фотонных кристаллов.

Гипотеза исследования состоит в том, что если выявить особенности оптических свойств фотонных кристаллов, то можно наполнить теоретическими сведениями курс по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE.

В связи с возрастающей информатизацией образования идёт активное внедрение дистанционных курсов, электронных курсов, онлайн-курсов, систем информационной поддержки изучения курсов в междисциплинарной области исследований на стыке физики и нанотехнологии. Поэтому разработка дистанционного курса по фотонным кристаллам представляет практическую значимость для образовательного процесса по физике с элементами нанотехнологии.

Обзор по фотонным кристаллам

Фотонные кристаллы демонстрируют фотонные запрещенные зоны, которые препятствуют распространению определенных длин волн света, подобно электронным запрещенным зонам в полупроводниках [1]. В работе [1] обсуждаются последние тенденции в области фотонных кристаллов, подчеркивая их потенциал в различных областях. В работе [1] рассмотрены возможности изучения курсов по оптике, фотонике или материаловедению для углубленного изучения фотонных кристаллов. Фотонные кристаллы — это искусственные многомерные периодические структуры, которые демонстрируют захватывающее поведение света. Они имеют высокий потенциал для передовых применений в различных областях. Фотонная запрещенная зона позволяет локализовать свет и создавать сложные схемы. Курс по фотонным кристаллам будет углубляться в теорему Блоха и уравнения Максвелла в периодических средах, необходимые для понимания поведения света в фотонных кристаллах [2]. В статье [2] рассматриваются основы фотонных кристаллов, включая одномерные структуры, теорему Блоха, дефекты, размер запрещенной зоны, зону Бриллюэна и различные типы фотонных кристаллов, подходящие для курса по фотонным кристаллам. В статье [2] представлены основные принципы фотонных кристаллических структур и их возможные применения, включая дефекты, размер запрещенной зоны и связь между зоной Бриллюэна и обратной решёткой. Фотонные кристаллы обладают значительным потенциалом в таких областях, как биофотоника, квантовая инженерия и оптоэлектроника, позволяя внедрять инновации в интегральную оптику и нанофотонику [1, 3]. В работе [3] рассматриваются фотонные кристаллы и метаматериалы, которые могут стать основой для курса по передовым оптическим материалам и устройствам с пространственно-изменяющимися показателями

преломления. Фотонные кристаллы и метаматериалы — это искусственные материалы, разработанные с пространственно-изменяющимся показателем преломления. Фотонные кристаллы могут быть изготовлены с градиентом показателя преломления в одном или нескольких измерениях. В работе [4] описано проектирование двумерных и трёхмерных фотонных кристаллов, включая влияние дефектов и использование численных методов, таких как разложение плоской волны. В работе [4] изучается интеграция фотонных кристаллов в оптические устройства, такие как демультимплексоры для плотного мультимплексирования с разделением по длине волны [4]. В работе [5] представлен вводный обзор фотонных кристаллов, охватывающий теоретические концепции, фотонные зоны, запрещённые зоны, размерности, волноводы, дефекты и микрорезонаторы, подходящие для курса по фотонным кристаллам. В работе [5] были введены несколько основных теоретических концепций, связанных с фотонными кристаллами различной размерности, что привело к концепциям фотонных зон и фотонных запрещённых зон. В работе [6] представлено введение в фотонные кристаллы, охватывающее их основы, зонную структуру и применение в оптической связи и лазерах, что делает её ценным ресурсом для курса по фотонным кристаллам. В работе [6] даётся краткое введение в основы фотонных кристаллов, которые являются особым классом оптических сред с периодической модуляцией диэлектрической проницаемости, а также приводятся некоторые исторические заметки, где представлены первые вычисленные зонные структуры трёхмерного фотонного кристалла с гранецентрированной кубической и алмазной решётками, а также зонная структура инвертированного опала. В статье [7] представлен обзор свойств фотонных кристаллов и описаны возможные области применения (интегральные и электронные устройства (усилители и генераторы) оптического диапазона частот). В статье [8] обсуждаются фотонные кристаллы, их свойства, изготовление и применение, что делает её ценным ресурсом для курса по фотонным кристаллам в интегральных схемах для фотоники. В статье [8] рассматриваются некоторые основы фотонных кристаллических структур и обсуждается современное состояние в производстве, а также приводятся некоторые примеры устройств с уникальными свойствами, обусловленными использованием фотонных кристаллов. В работе [9] обсуждается управление светом с помощью периодических структур в фотонных кристаллах, рассматриваются фундаментальные особенности, изготовление, экспериментальные достижения и потенциальное воздействие, что делает её ценным ресурсом для курса по фотонным кристаллам. В работе [9] представлен краткий обзор концепции фотонных кристаллов и её применения в нелинейных взаимодействиях света и вещества и их применениях в устройствах. В работе [9] также обсуждаются подробные методы численного и экспериментального определения структуры фотонных зон, которые полезны и необходимы для анализа фотонных кристаллов. В статье [10] рассматривается применение кристаллов в фотонике, особое внимание уделяется перестраиваемым лазерам и вынужденному комбинационному рассеянию. В статье [10] обсуждаются перспективы применения кристаллов в фотонике, а основное внимание уделяется созданию источников лазерного излучения с заданными длинами волн. В работе [11] обсуждаются фотонные кристаллы, созданные с помощью методов микроstructuring в оптических волноводах, с упором на поведение фотонной запрещённой зоны и новые концепции устройств, подходящие для курса по фотонным кристаллам. В работе [11] обсуждается физическое понимание того, как поведение фотонной запрещённой зоны может проявляться в фотонных кристаллах, что приводит к различным новым концепциям устройств. В работе [12] обсуждаются конструкции фотонных кристаллов, включая плазмон-поляритоны Тамма и поверхностные плазмон-поляритоны, необходимые для курса по передовым оптоэлектронным приборам и гибридным структурам. В работе [12] обсуждаются различные конструкции фотонных кристаллов, включая распреде-

лённые брэгговские отражатели и органические микрорезонаторы, демонстрирующие высококачественные фотонные моды резонаторов. В работе [13] обсуждаются фотонные кристаллы и кремниевая фотоника, подчеркиваются их миниатюризация и уникальные функциональные возможности. В работе [13] обсуждаются текущее состояние и эффективный выбор фотонных наноструктур в каждом фотонном устройстве, а также осуществимость крупномасштабной фотонной интеграции, если $A^{III}B^V$ устройства разумно сочетаются с кремниевой платформой. В статье [14] обсуждаются теоретические модели фотонных кристаллов, модели бесконечных кристаллов, модели конечных кристаллов, квазикристаллов и архимедовых мозаик. В статье [15] обсуждается эволюция и будущее фотонных кристаллов в оптическом режиме, что делает её потенциальной темой для курса по продвинутой фотонике или оптическим материалам.

Анализ научной литературы по фотонным кристаллам показывает актуальность темы исследования.

Результаты разработки курса по фотонным кристаллам

Дистанционный курс по фотонным кристаллам будет содержать новые сведения из оптики фотонных кристаллов, а также описание оригинальных результатов по описанию оптических свойств фотонных кристаллов, находящихся во внешнем поле оптического излучения.

Курс по фотонным кристаллам посвящён изучению текущего состояния и перспектив развития физики фотонных кристаллов. В настоящее время стало возможным применение технологий смешанного обучения, дистанционного обучения и мобильного обучения в университете.

Общая трудоёмкость курса по фотонным кристаллам составляет 5 зачётных единиц. Курс по фотонным кристаллам состоит из 14 тематических модулей. Первым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по введению в фотонные кристаллы. Вторым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по дисперсионным соотношениям. Третьим тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по методам расчёта оптических свойств периодических наноструктур. Четвёртым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по методу плоских волн для двумерных и трёхмерных фотонных кристаллов. Пятым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по методу матриц переноса. Шестым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по одномерному фотонному кристаллу. Седьмым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по методу конечных разностей во временной области. Восьмым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по методу связанных мод в пространстве Фурье. Девятым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по плотности фотонных состояний. Десятым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по синтезу фотонных кристаллов. Одиннадцатым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по созданию фотонных кристаллов методом коллоидной сборки. Двенадцатым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по методам формирования упорядоченных структур искусственных опалов. Тринадцатым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по методам исследования фотонных кристаллов. Четырнадцатым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль по новым физическим явлениям на основе фотонных кристаллов.

Описание модульной структуры и элементов первой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам

Рассмотрим основные результаты разработки модульной структуры и элементов первой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Раздел первой зачётной единицы курса по фотонным кристаллам включает в себя первую тему по введению в фотонные кристаллы, вторую тему по дисперсионным соотношениям, третью тему по методу расчёта оптических свойств периодических наноструктур.

Фотонные кристаллы являются современными материалами, характеризующимися периодическими структурами, которые управляют светом уникальными способами, что делает их необходимыми для различных приложений в оптике и фотонике. Курс по фотонным кристаллам охватывает фундаментальные физические принципы из оптики фотонных кристаллов, методологии проектирования оптоэлектронных систем на основе фотонных кристаллов. Курс по фотонным кристаллам будет охватывать их свойства, области применения в интегральных и электронных устройствах, а также нетрадиционные квазиоптические особенности, включая структуры, допускающие обратные волны в оптике.

Первым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению введения в фотонные кристаллы. Вторым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению дисперсионных соотношений. Третьим тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению методов расчёта оптических свойств периодических наноструктур.

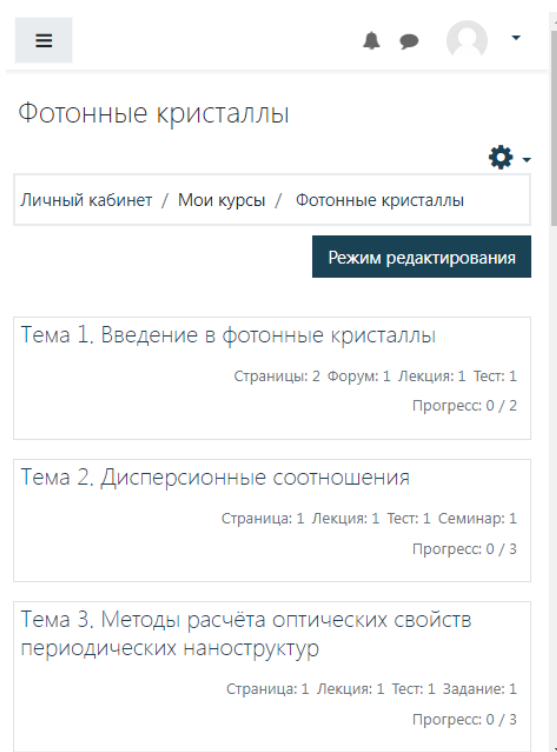


Рис. 1. Страница тематических модулей первой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 1 приведено изображение страницы тематических модулей первой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образователь-

ном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

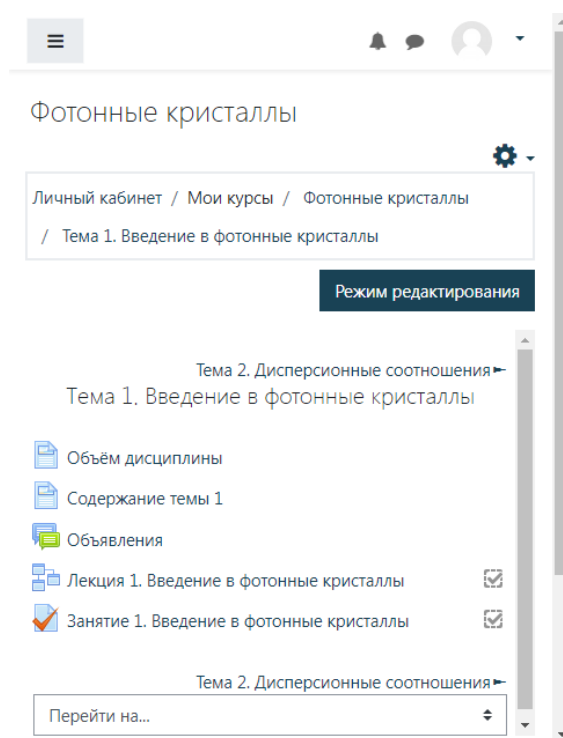


Рис. 2. Страница элементов первого тематического модуля в составе материалов первой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 2 приведено изображение страницы элементов первого тематического модуля в составе материалов первой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 3 приведено изображение страницы элементов второго тематического модуля в составе материалов первой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного в системе MOODLE.

На рис. 4 приведено изображение страницы элементов третьего тематического модуля в составе материалов первой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE. В составе элементов первой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам есть лекция, посвящённая методам расчёта оптических свойств периодических структур, тест к занятию по методам расчёта оптических свойств периодических структур, задание методам расчёта оптических свойств периодических структур.

Описание модульной структуры и элементов второй зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам

Рассмотрим основные результаты разработки модульной структуры и элементов второй зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Раздел второй зачётной единицы курса по фотонным кристаллам включает в себя четвёртую тему по методу плоских волн для двумерных и трёхмерных фотонных кристаллов, пятую тему по методу матриц переноса, шестую тему по одномерному фотонному кристаллу.

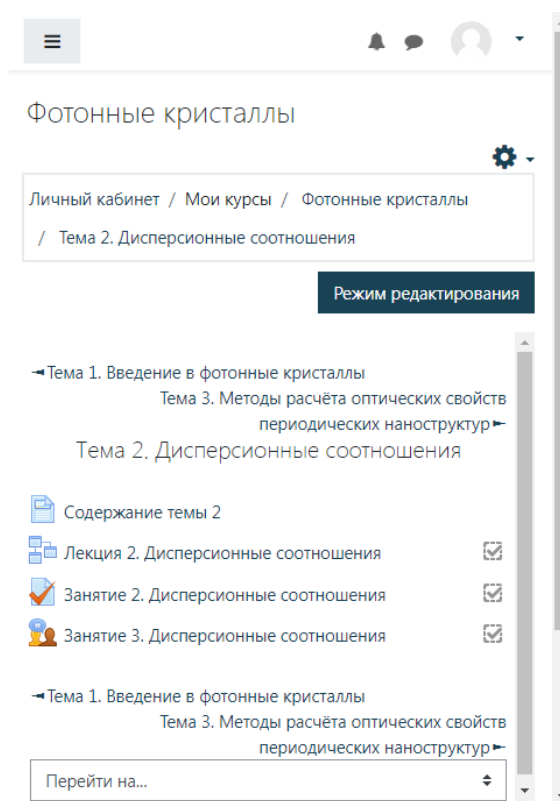


Рис. 3. Страница элементов второго тематического модуля в составе материалов первой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

Четвёртым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению метода плоских волн для двумерных и трёхмерных фотонных кристаллов. Пятым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению метода матриц переноса. Шестым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению одномерного фотонного кристалла.

На рис. 5 приведено изображение страницы тематических модулей второй зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 6 приведено изображение страницы элементов четвёртого тематического модуля в составе материалов второй зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 7 приведено изображение страницы элементов пятого тематического модуля в составе материалов второй зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 8 приведено изображение страницы элементов шестого тематического модуля в составе материалов второй зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

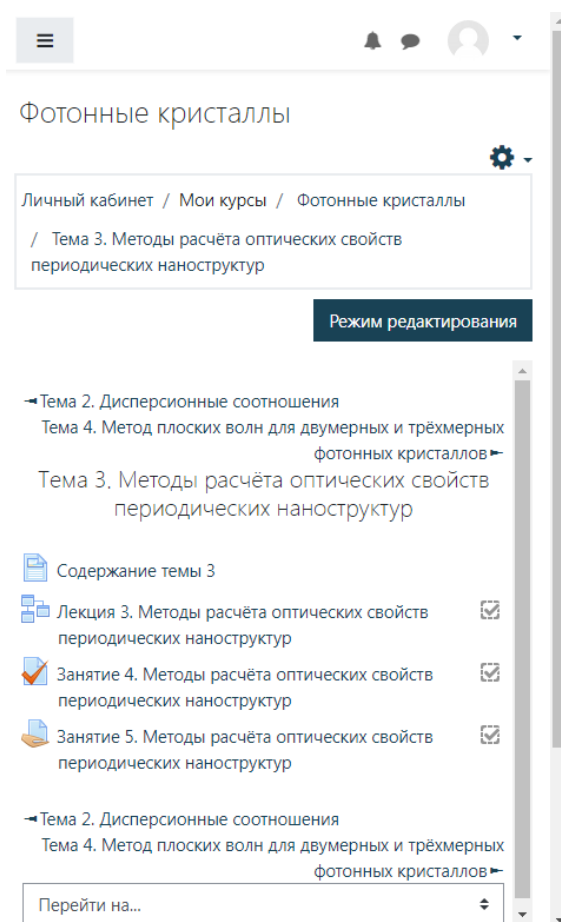


Рис. 4. Страница элементов третьего тематического модуля в составе материалов первой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

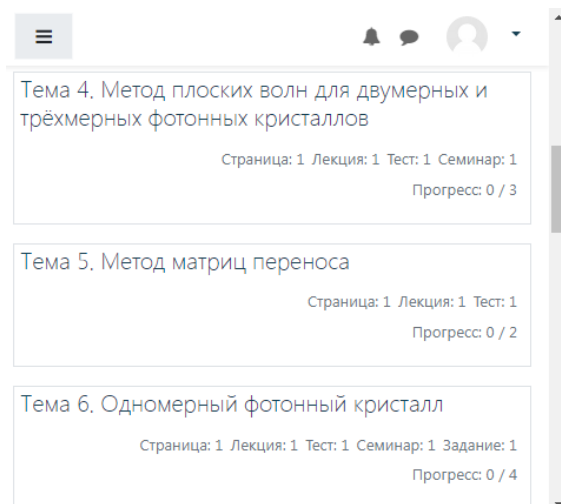


Рис. 5. Страница тематических модулей второй зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

Описание модульной структуры и элементов третьей зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам

Рассмотрим основные результаты разработки модульной структуры и элементов третьей зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам в систе-

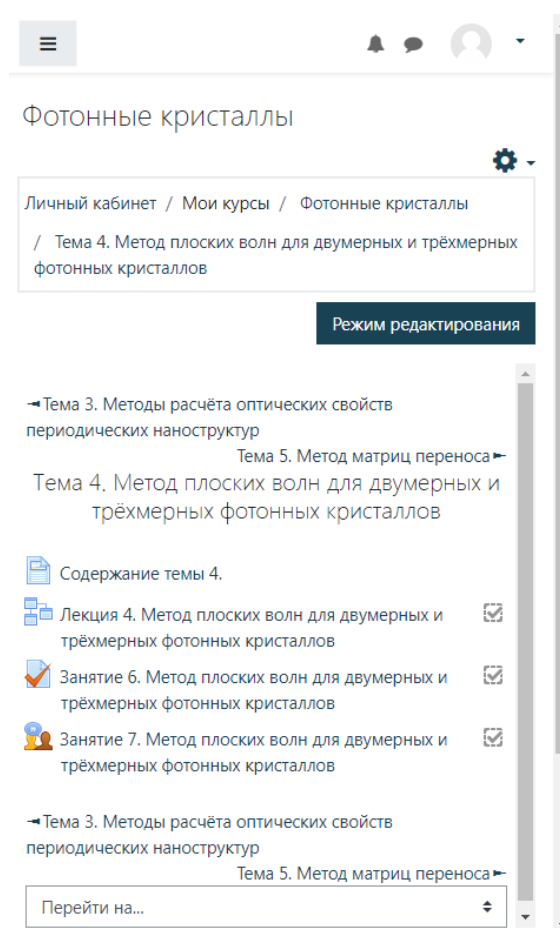


Рис. 6. Страница избранных элементов четвертого тематического модуля в составе материалов второй зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

ме управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Раздел третьей зачётной единицы курса по фотонным кристаллам включает в себя седьмую тему по методу конечных разностей во временной области, восьмую тему по методу связанных мод в пространстве Фурье, девятую тему по плотности фотонных состояний.

Седьмым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению метода конечных разностей во временной области. Восьмым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению метода связанных мод в пространстве Фурье. Девятым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению плотности фотонных состояний.

На рис. 9 приведено изображение страницы тематических модулей третьей зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 10 приведено изображение страницы элементов седьмого тематического модуля в составе материалов третьей зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 11 приведено изображение страницы элементов восьмого тематического модуля в составе материалов третьей зачётной единицы дистанционного курса по фо-

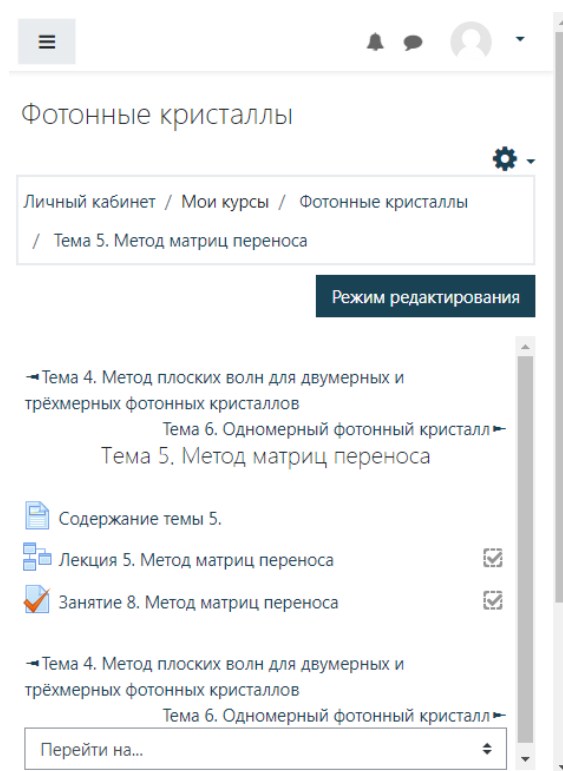


Рис. 7. Страница элементов пятого тематического модуля в составе материалов второй зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

тонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 12 приведено изображение страницы элементов девятого тематического модуля в составе материалов третьей зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

Описание модульной структуры и элементов четвёртой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам

Рассмотрим основные результаты разработки модульной структуры и элементов четвёртой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Раздел четвёртой зачётной единицы курса по фотонным кристаллам включает в себя десятую тему по синтезу фотонных кристаллов, одиннадцатую тему по созданию фотонных кристаллов методом коллоидной сборки, двенадцатую тему по методу формирования упорядоченных структур искусственных опалов.

Десятым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению синтеза фотонных кристаллов. Одиннадцатым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению создания фотонных кристаллов методом коллоидной сборки. Двенадцатым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению методов формирования упорядоченных структур искусственных опалов.

На рис. 13 приведено изображение гипертекстовой страницы тематических модулей четвёртой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением

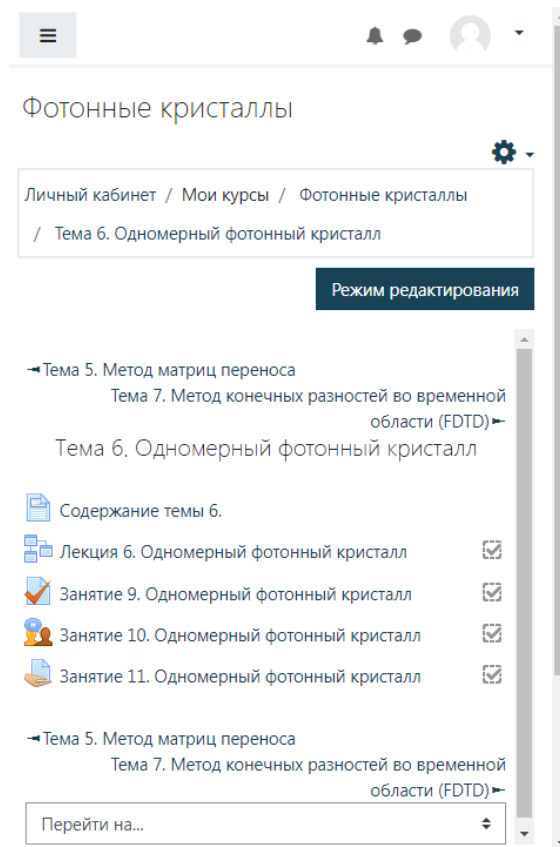


Рис. 8. Страница элементов шестого тематического модуля в составе материалов второй зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

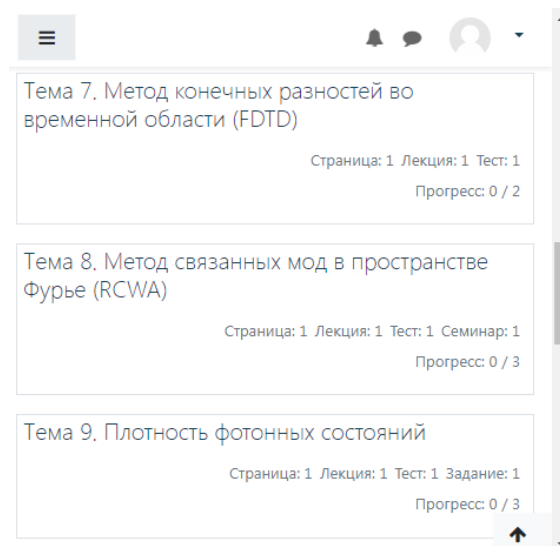


Рис. 9. Страница тематических модулей третьей зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

MOODLE.

На рис. 14 приведено изображение страницы элементов десятого тематического модуля в составе материалов четвёртой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе

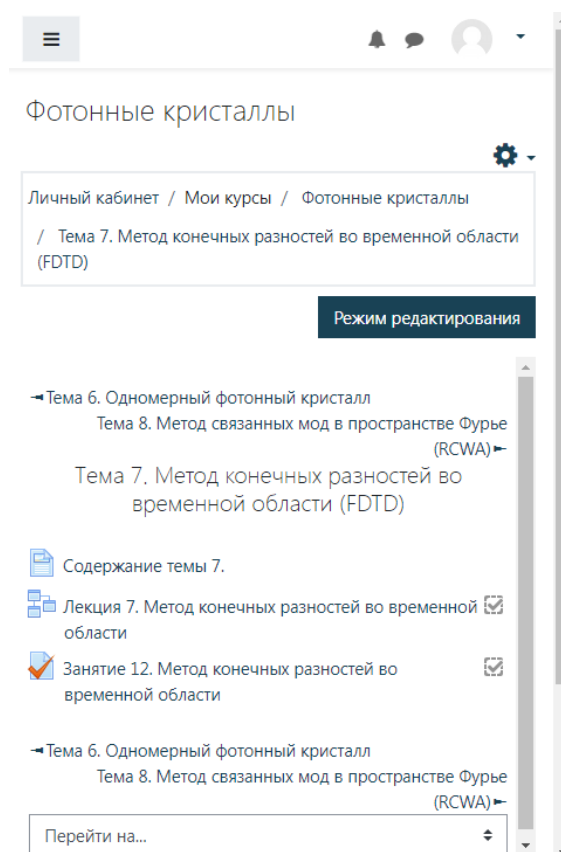


Рис. 10. Страница элементов седьмого тематического модуля в составе материалов третьей зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

управления обучением MOODLE.

На рис. 15 приведено изображение страницы элементов одиннадцатого тематического модуля в составе материалов четвертой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 16 приведено изображение страницы элементов двенадцатого тематического модуля в составе материалов четвертой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

Описание модульной структуры и элементов пятой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам

Рассмотрим основные результаты разработки модульной структуры и элементов пятой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Раздел пятой зачётной единицы курса по фотонным кристаллам включает в себя тринадцатую тему по методам исследования фотонных кристаллов, четырнадцатую тему по новым физическим явлениям на основе фотонных кристаллов.

Тринадцатым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению методов исследования фотонных кристаллов. Четырнадцатым тематическим модулем курса по фотонным кристаллам является модуль, посвящённый изучению новых физических явлений на основе фотонных кристаллов.

На рис. 17 приведено изображение страницы тематических модулей пятой зачётной

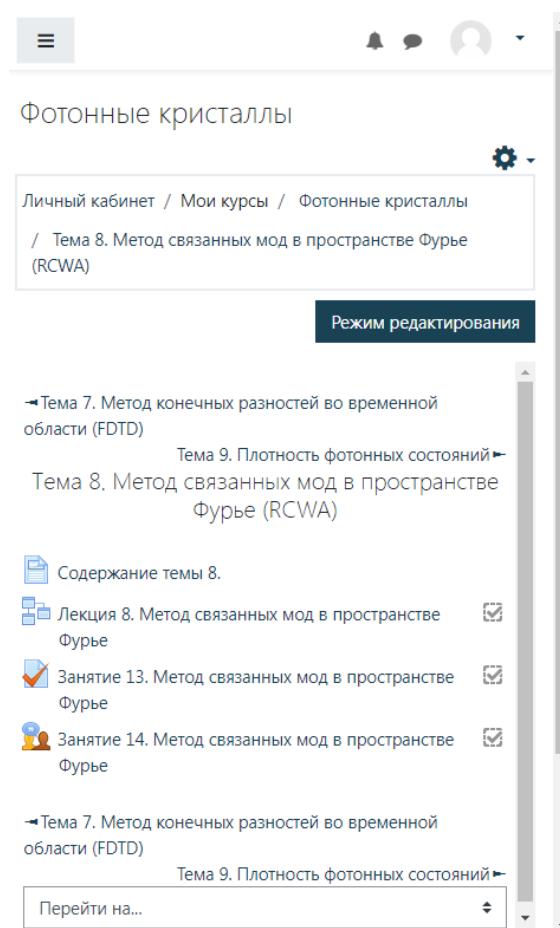


Рис. 11. Страница элементов восьмого тематического модуля в составе материалов третьей зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 18 приведено изображение страницы элементов тринадцатого тематического модуля в составе материалов пятой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 19 приведено изображение страницы элементов четырнадцатого тематического модуля в составе материалов пятой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

Результаты разработки теоретических материалов на основе моделей для описания физических свойств фотонных кристаллов в составе дистанционного курса по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE были опубликованы в [16, 17].

В статье [18] рассматриваются результаты разработки электронного образовательного ресурса в виде сайта по оптике сред с отрицательным эффективным показателем преломления, созданного на платформе Microsoft SharePoint в системе Intranet Academic.

В статье [19] рассматриваются результаты разработки элементов на основе оригинальных материалов по физической теории систем нанoeлектроники в составе дистанционного курса по физической нанoeлектронике при помощи инструментария системы управления обучением MOODLE.

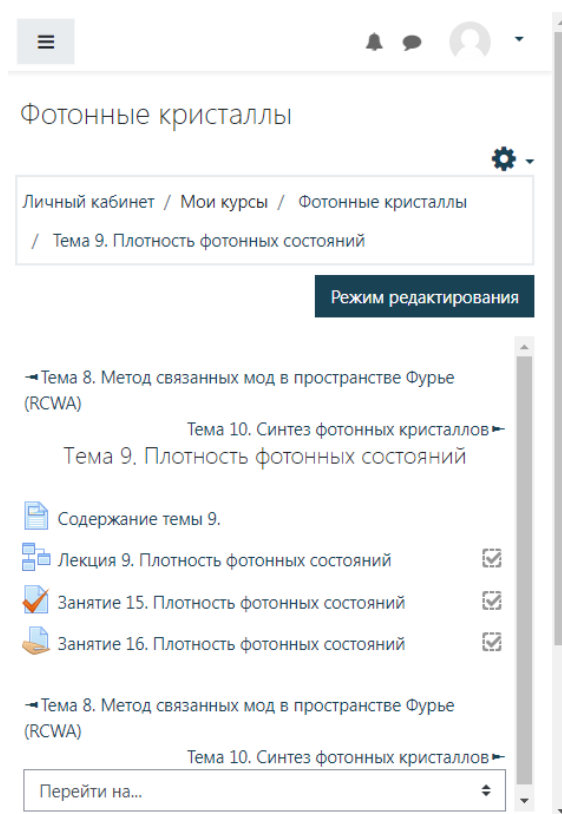


Рис. 12. Страница элементов девятого тематического модуля в составе материалов третьей зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

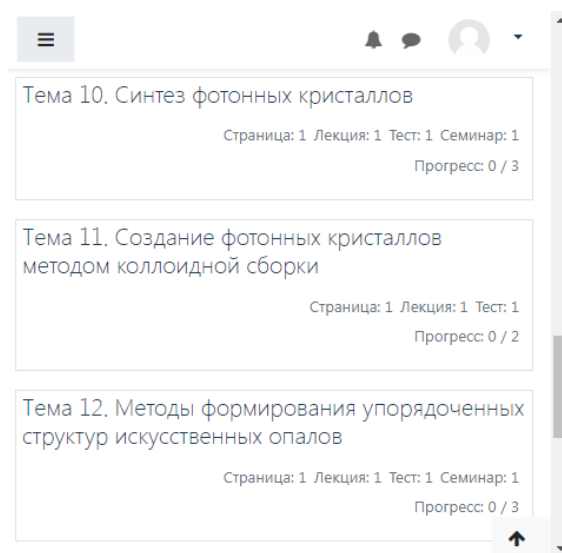


Рис. 13. Страница тематических модулей четвёртой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

Итак, разработан дистанционный курс по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE с элементами для контроля знаний по квантовой оптике фотонных кристаллов. В работе описан результат разработки дистанционного курса по фотонным кристаллам, который готов к началу использования в учебном процессе в педагогическом университете, позволяет автоматизировать проверку знаний по кван-

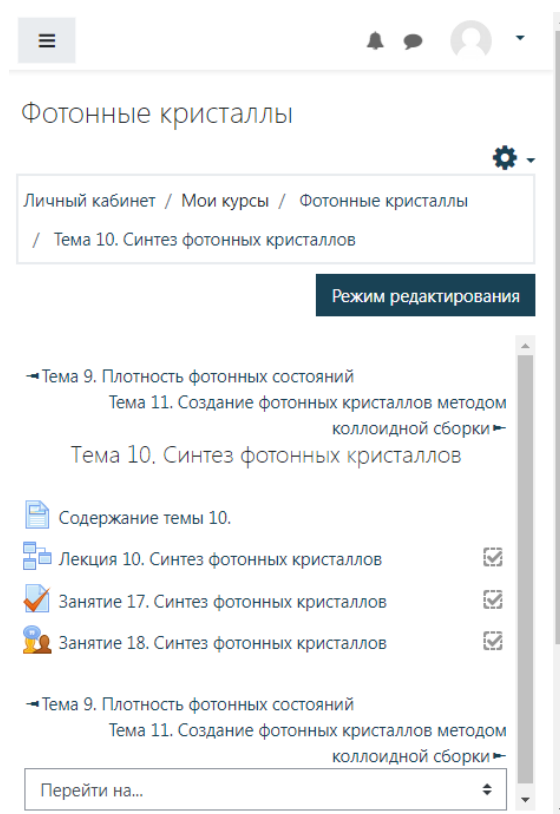


Рис. 14. Страница элементов десятого тематического модуля в составе материалов четвертой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

товой оптике фотонных кристаллов. Дистанционный курс по фотонным кристаллам, созданный в системе управления обучением MOODLE, способствует систематизации хранения учебного материала по квантовой теории фотонных кристаллов. При изучении курса по фотонным кристаллам система MOODLE вносит то, что кроме основного курса по фотонным кристаллам, используется материал для подготовки в домашних условиях, который позволяет расширить учебное содержание, а также провести дифференциацию учебного материала в соответствии с индивидуальными потребностями и запросами студентов, изучающих курс по фотонным кристаллам. Система управления обучением MOODLE позволяет открывать и закрывать тематические модели в соответствии со временем изучения, что позволяет поддерживать необходимый темп продвижения на курсе по фотонным кристаллам. Дистанционный курс по фотонным кристаллам, созданный в системе MOODLE, способен стать эффективным помощником, автоматизирующим наиболее трудоёмкие элементы труда преподавателя в процессе преподавания квантовой оптики фотонных кристаллов.

Созданный дистанционный курс по фотонным кристаллам позволит планировать, организовывать и проводить изучение материала курса по фотонным кристаллам в дистанционной или смешанной форме обучения. Использование дистанционного курса по фотонным кристаллам способствует интенсификации учебного процесса и более осмысленному изучению теоретического материала по фотонным кристаллам, приобретению систематических знаний и превращению систематических знаний в системные, помогает развитию познавательной деятельности студентов и интереса к квантовой оптике фотонных кристаллов. Созданный дистанционный курс по фотонным кристаллам позволяет эффективно планировать, организовывать и проводить обучение по оптике фотонных кристаллов. Проведённое исследование процесса создания элементов и

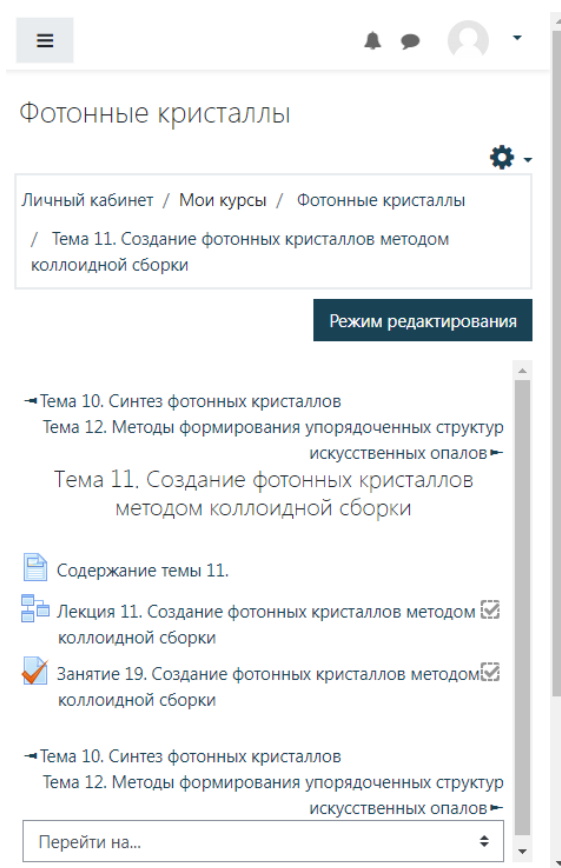


Рис. 15. Страница элементов одиннадцатого тематического модуля в составе материалов четвёртой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

материалов дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного при помощи инструментария системы MOODLE, показало работоспособность и функциональную пригодность элементов курса по фотонным кристаллам.

Результаты экспертной оценки дистанционного курса по фотонным кристаллам

Экспертная оценка дистанционного курса по фотонным кристаллам проводилась десятью экспертами по восьми критериям: структура, интерактивность, навигация, дизайн, интерфейс, диагностика, организация самостоятельной работы, соблюдение авторских прав. По каждому из восьми критериев выставлялась отметка по десятибалльной шкале.

Эксперт 1 за структуру дистанционного курса по фотонным кристаллам выставил 9 баллов, за интерактивность курса выставил 7 баллов, за навигацию курса выставил 7 баллов, за дизайн курса выставил 7 баллов, за интерфейс курса выставил 8 баллов, за диагностику курса выставил 8 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 7 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 2 за структуру дистанционного курса по фотонным кристаллам выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 10 баллов, за навигацию курса выставил 10 баллов, за дизайн курса выставил 10 баллов, за интерфейс курса выставил 10 баллов, за диагностику курса выставил 10 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 8 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

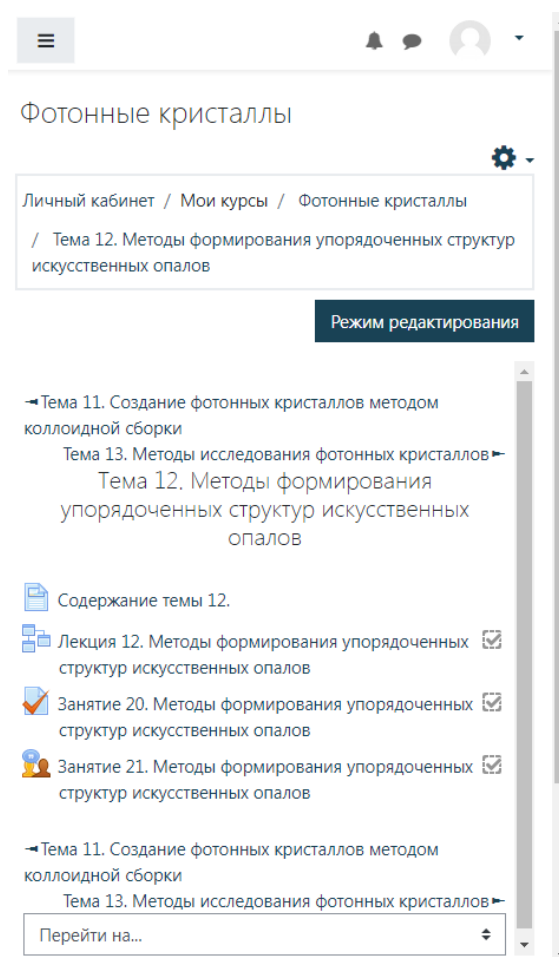


Рис. 16. Страница элементов двенадцатого тематического модуля в составе материалов четвёртой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

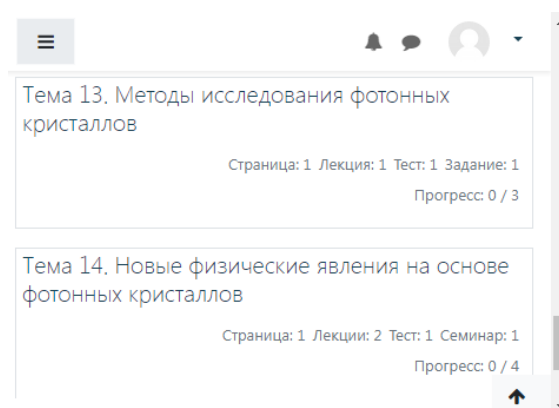


Рис. 17. Страница тематических модулей пятой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

Эксперт 3 за структуру дистанционного курса по фотонным кристаллам выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 10 баллов, за навигацию курса выставил 10 баллов, за дизайн курса выставил 9 баллов, за интерфейс курса выставил 10 баллов, за диагностику курса выставил 10 баллов, за организацию самостоятельной работы

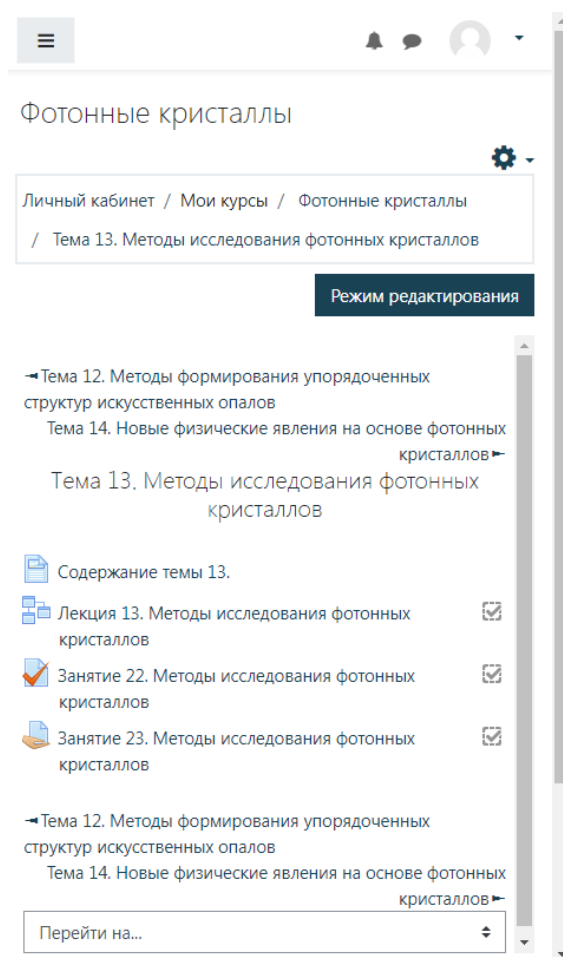


Рис. 18. Страница элементов тринадцатого тематического модуля в составе материалов пятой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

курса выставил 9 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 4 за структуру дистанционного курса по фотонным кристаллам выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 10 баллов, за навигацию курса выставил 10 баллов, за дизайн курса выставил 10 баллов, за интерфейс курса выставил 10 баллов, за диагностику курса выставил 6 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 9 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 5 за структуру дистанционного курса по фотонным кристаллам выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 10 баллов, за навигацию курса выставил 10 баллов, за дизайн курса выставил 10 баллов, за интерфейс курса выставил 9 баллов, за диагностику курса выставил 8 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 8 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 6 за структуру дистанционного курса по фотонным кристаллам выставил 9 баллов, за интерактивность курса выставил 10 баллов, за навигацию курса выставил 9 баллов, за дизайн курса выставил 8 баллов, за интерфейс курса выставил 9 баллов, за диагностику курса выставил 7 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 8 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 9 баллов.

Эксперт 7 за структуру дистанционного курса по фотонным кристаллам выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 9 баллов, за навигацию курса выставил 7 баллов, за дизайн курса выставил 8 баллов, за интерфейс курса выставил 8 баллов, за диагностику курса выставил 8 баллов, за организацию самостоятельной работы курса

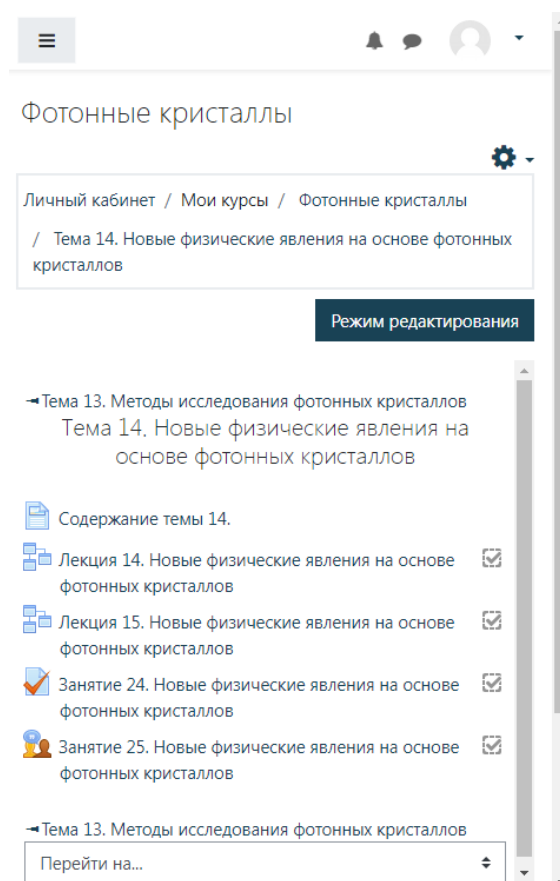


Рис. 19. Страница элементов четырнадцатого тематического модуля в составе материалов пятой зачётной единицы дистанционного курса по фотонным кристаллам, созданного на образовательном портале университета в системе управления обучением MOODLE.

выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 8 за структуру дистанционного курса по фотонным кристаллам выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 10 баллов, за навигацию курса выставил 10 баллов, за дизайн курса выставил 10 баллов, за интерфейс курса выставил 9 баллов, за диагностику курса выставил 6 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 10 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Эксперт 9 за структуру дистанционного курса по фотонным кристаллам выставил 9 баллов, за интерактивность курса выставил 9 баллов, за навигацию курса выставил 8 баллов, за дизайн курса выставил 7 баллов, за интерфейс курса выставил 8 баллов, за диагностику курса выставил 7 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 6 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 9 баллов.

Эксперт 10 за структуру дистанционного курса по фотонным кристаллам выставил 10 баллов, за интерактивность курса выставил 10 баллов, за навигацию курса выставил 10 баллов, за дизайн курса выставил 10 баллов, за интерфейс курса выставил 9 баллов, за диагностику курса выставил 7 баллов, за организацию самостоятельной работы курса выставил 10 баллов, за соблюдение авторских прав в курсе выставил 10 баллов.

Используя экспертные отметки по каждому критерию оценивания дистанционного курса по фотонным кристаллам вычислим средние значения по каждому критерию оценивания. Среднее значение отметок экспертов за структуру дистанционного курса по фотонным кристаллам составило 9.7. Среднее значение отметок экспертов за интерактивность дистанционного курса по фотонным кристаллам составило 9.5. Среднее

значение отметок экспертов за навигацию дистанционного курса по фотонным кристаллам составило 9.1. Среднее значение отметок экспертов за дизайн дистанционного курса по фотонным кристаллам составило 8.9. Среднее значение отметок экспертов за интерфейс дистанционного курса по фотонным кристаллам составило 9.0. Среднее значение отметок экспертов за диагностику дистанционного курса по фотонным кристаллам составило 7.7. Среднее значение отметок экспертов за организацию самостоятельной работы дистанционного курса по фотонным кристаллам составило 8.1. Среднее значение отметок экспертов за соблюдение авторских прав в дистанционном курсе по фотонным кристаллам составило 9.8. Сумма средних значений по восьми критериям составила 71.8. Если перевести рейтинговую отметку по курсу в проценты, то получим значение, равное 89.75 %, что соответствует оптимальному уровню дистанционного курса по фотонным кристаллам.

Заключение

Разработанный дистанционный курс по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE может быть использован в процессе преподавания модульной дисциплины по квантовой оптике наноструктур в университете. Дистанционный курс по фотонным кристаллам позволяет организованно хранить теоретические материалы и практические задания в области междисциплинарных исследований по физике фотонных кристаллов и нанотехнологии получения фотонных кристаллов, организовать систематическое изучение теоретических материалов и практических заданий курса по фотонным кристаллам. Разработаны элементы модулей дистанционного курса по фотонным кристаллам, позволяющие контролировать усвоение знаний по физике фотонных кристаллов от репродуктивного до творческого уровня.

Результаты разработки дистанционного курса по фотонным кристаллам позволят улучшить методы и технологии преподавания модульной дисциплины по квантовой оптике наноструктур, основанные на использовании оригинальных материалов для описания оптических процессов в наноструктурных материалах с фотонными кристаллами в нанооптике и нанофотонике. Применение формата системы управления обучением MOODLE для курса по фотонным кристаллам на проблемно-ориентированной основе обеспечивает прозрачность результатов обучения, включая тестирование в формате активного, операционального, рефлексивного обучения. Созданный дистанционный курс по фотонным кристаллам может обеспечить информационную поддержку процесса построения индивидуальных образовательных траекторий для студентов университета.

Задачи работы решены полностью.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если выявить особенности оптических свойств фотонных кристаллов, то можно наполнить теоретическими сведениями курс по фотонным кристаллам в системе управления обучением MOODLE, подтверждена полностью.

Исследование оптических свойств наноструктур с фотонными кристаллами в контексте квантовой оптики наноструктур имеет важное теоретическое значение для расширения понимания оптических явлений и физических процессов в фотонных кристаллах, поскольку оно помогает лучше понимать основные физические принципы функционирования наноструктур на основе фотонных кристаллов и взаимодействие наноструктур на основе фотонных кристаллов с оптическим излучением. Исследование оптических свойств наноструктур с фотонными кристаллами в контексте учебной дисциплины по квантовой оптике наноструктур имеет важное практическое значение, поскольку оно может помочь в изучении новых методов и технологий, основанных на оптических свойствах наноструктур с фотонными кристаллами, а также в создании новых оптоэлектронных приборов и устройств с улучшенными физическими характеристиками.

Список использованных источников

1. Suriyan Kannadhasan, Nagarajan R. Recent trends in photonic crystals // Next generation materials for sustainable engineering. — IGI Global, 2024. — mar. — P. 350–356. — ISBN: 9798369313077. — URL: <http://dx.doi.org/10.4018/979-8-3693-1306-0.ch017>.
2. Elkaramany Essam M. A., Hameed Mohamed Farhat O., Obayya S. S. A. Fundamentals of photonic crystals // Computational photonic sensors. — Springer International Publishing, 2018. — jun. — P. 29–52. — ISBN: 9783319765563. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-76556-3_2.
3. Agrawal Govind P. Photonic crystals and metamaterials // Physics and engineering of graded-index media. — Cambridge University Press, 2023. — jul. — P. 292–314. — ISBN: 9781009282079. — URL: <http://dx.doi.org/10.1017/9781009282086.011>.
4. Robinson S., Balaji V. R. Photonic crystal-based optical devices for photonic intergraded circuits // Micro- and nanotechnology enabled applications for portable miniaturized analytical systems. — Elsevier, 2022. — P. 217–258. — ISBN: 9780128237274. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-823727-4.00012-2>.
5. Liscidini Marco, Andreani Lucio Claudio. Photonic crystals: an introductory survey // Organic and hybrid photonic crystals. — Springer International Publishing, 2015. — P. 3–29. — ISBN: 9783319165806. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16580-6_1.
6. Sukhoivanov Igor A., Guryev Igor V. Introduction to photonic crystals // Photonic Crystals. — Springer Berlin Heidelberg, 2009. — P. 1–12. — ISBN: 9783642026461. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-02646-1_1.
7. Silin R. A. Photonic crystals // Journal of communications technology and electronics. — 2008. — feb. — Vol. 53, no. 2. — P. 121–130. — URL: <http://dx.doi.org/10.1134/S1064226908020010>.
8. Thylen Lars, Qiu Min, Anand Srinivasan. Photonic crystals - a step towards integrated circuits for photonics // ChemPhysChem. — 2004. — sep. — Vol. 5, no. 9. — P. 1268–1283. — URL: <http://dx.doi.org/10.1002/CPHC.200301075>.
9. Inoue Shin-ichiro. Photonic crystals: manipulating light with periodic structures // Optical properties of advanced materials. — Springer Berlin Heidelberg, 2013. — P. 39–65. — ISBN: 9783642335273. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-33527-3_2.
10. Basiev T. T., Zharikov E. V., Osiko V. V. Crystals for photonics // Crystallography reports. — 2002. — jan. — Vol. 47, no. S1. — P. S15–S26. — URL: <http://dx.doi.org/10.1134/1.1529955>.
11. De La Rue R. M. Photonic crystals and photonic microstructures: technologies and device potential // Proceedings of LFNМ'2001. 3rd International Workshop on Laser and Fiber-Optical Networks Modeling (Cat. No.01EX463). — LFNМ-01. — IEEE, 2001. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/LFNМ.2001.930189>.
12. Brückner Robert, Lyssenko Vadim G., Leo Karl. Plasmonic and photonic crystals // Organic and hybrid photonic crystals. — Springer International Publishing,

2015. — P. 275–301. — ISBN: 9783319165806. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16580-6_12.
13. Baba Toshihiko. Photonic crystals and silicon photonics // 2008 International nanophotonics workshop. — IEEE, 2008. — aug. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/INOW.2008.4634438>.
 14. Yablonovitch Eli. Photonic crystals: towards nanoscale photonic devices // Physics Today. — 2006. — aug. — Vol. 59, no. 8. — P. 54–55. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2349736>.
 15. Krauss T. Photonic crystals in the optical regime — past, present and future // Progress in quantum electronics. — 1999. — mar. — Vol. 23, no. 2. — P. 51–96. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6727\(99\)00004-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6727(99)00004-X).
 16. Алтунин К. К., Алиева Р. Р. Исследование оптических свойств наноструктур с одномерными фотонными кристаллами типа АВ // Наука online. — 2024. — № 2 (27). — С. 1–20. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2024/06/02272024-001.pdf>.
 17. Алтунин К. К., Алиева Р. Р. Исследование оптических свойств наноструктур с одномерными фотонными кристаллами типа АВС // Наука online. — 2024. — № 2 (27). — С. 21–40. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2024/06/02272024-002.pdf>.
 18. Алтунин К. К., Шарнина И. А. Разработка электронного образовательного ресурса по оптике «левых» сред в системе Intranet Academic // Наука online. — 2019. — № 4 (9). — С. 18–41. — URL: <https://www.elibrary.ru/ajvghv>.
 19. Разработка элементов дистанционного курса по физической наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE // Наука online. — 2022. — № 1 (18). — С. 88–112. — URL: <https://www.elibrary.ru/dutumg>.

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

IstinaResearcherID  66185348

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

E-mail: alieva02regina@mail.ru

ORCID iD  0000-0003-2871-3486

Web of Science ResearcherID  AAX-8215-2021

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

Development of a distance learning course on photonic crystals

K. K. Altunin , R. R. Alieva 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted June 23, 2024
Resubmitted July 27, 2024
Published September 12, 2024

Abstract. The results of development of the distance course on photonic crystals in the learning management system MOODLE on the university educational portal are presented. The features of the development of theoretical elements and knowledge control elements for the photonic crystals course created in the learning management system MOODLE are considered. A brief description of the main characteristics of the process of creating a distance learning course on photonic crystals in the learning management system MOODLE is provided. The results of creating theoretical and control and measuring materials for the photonic crystals course in the learning management system MOODLE are discussed. The main features of teaching the photonic crystals course using the learning management system MOODLE at the university are outlined.

Keywords: photonic crystal, nanotechnology, course, distance learning course, course element, learning management system, educational portal

References

1. Suriyan Kannadhasan, Nagarajan R. Recent trends in photonic crystals // Next generation materials for sustainable engineering. — IGI Global, 2024. — mar. — P. 350–356. — ISBN: 9798369313077. — URL: <http://dx.doi.org/10.4018/979-8-3693-1306-0.ch017>.
2. Elkaramany Essam M. A., Hameed Mohamed Farhat O., Obayya S. S. A. Fundamentals of photonic crystals // Computational photonic sensors. — Springer International Publishing, 2018. — jun. — P. 29–52. — ISBN: 9783319765563. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-76556-3_2.
3. Agrawal Govind P. Photonic crystals and metamaterials // Physics and engineering of graded-index media. — Cambridge University Press, 2023. — jul. — P. 292–314. — ISBN: 9781009282079. — URL: <http://dx.doi.org/10.1017/9781009282086.011>.
4. Robinson S., Balaji V. R. Photonic crystal-based optical devices for photonic intergraded circuits // Micro- and nanotechnology enabled applications for portable miniaturized analytical systems. — Elsevier, 2022. — P. 217–258. — ISBN: 9780128237274. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-823727-4.00012-2>.


5. Liscidini Marco, Andreani Lucio Claudio. Photonic crystals: an introductory survey // Organic and hybrid photonic crystals.— Springer International Publishing, 2015.— P. 3–29.— ISBN: 9783319165806.— URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16580-6_1.
6. Sukhoivanov Igor A., Guryev Igor V. Introduction to photonic crystals // Photonic crystals.— Springer Berlin Heidelberg, 2009.— P. 1–12.— ISBN: 9783642026461.— URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-02646-1_1.
7. Silin R. A. Photonic crystals // Journal of communications technology and electronics.— 2008.— feb.— Vol. 53, no. 2.— P. 121–130.— URL: <http://dx.doi.org/10.1134/S1064226908020010>.
8. Thylen Lars, Qiu Min, Anand Srinivasan. Photonic crystals - a step towards integrated circuits for photonics // ChemPhysChem.— 2004.— sep.— Vol. 5, no. 9.— P. 1268–1283.— URL: <http://dx.doi.org/10.1002/CPHC.200301075>.
9. Inoue Shin-ichiro. Photonic crystals: manipulating light with periodic structures // Optical properties of advanced materials.— Springer Berlin Heidelberg, 2013.— P. 39–65.— ISBN: 9783642335273.— URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-33527-3_2.
10. Basiev T. T., Zharikov E. V., Osiko V. V. Crystals for photonics // Crystallography reports.— 2002.— jan.— Vol. 47, no. S1.— P. S15–S26.— URL: <http://dx.doi.org/10.1134/1.1529955>.
11. De La Rue R. M. Photonic crystals and photonic microstructures: technologies and device potential // Proceedings of LFNМ'2001. 3rd International Workshop on Laser and Fiber-Optical Networks Modeling (Cat. No.01EX463).— LFNМ-01.— IEEE, 2001.— URL: <http://dx.doi.org/10.1109/LFNМ.2001.930189>.
12. Brückner Robert, Lyssenko Vadim G., Leo Karl. Plasmonic and photonic crystals // Organic and hybrid photonic crystals.— Springer International Publishing, 2015.— P. 275–301.— ISBN: 9783319165806.— URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16580-6_12.
13. Baba T. Photonic crystals and related photonic nanodevices // 16th IPRM. 2004 International conference on Indium Phosphide and related materials.— IEEE, 2004.— URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ICIPRM.2004.1442618>.
14. Baba Toshihiko. Photonic crystals and silicon photonics // 2008 International nanophotonics workshop.— IEEE, 2008.— aug.— URL: <http://dx.doi.org/10.1109/INOW.2008.4634438>.
15. Yablonovitch Eli. Photonic crystals: towards nanoscale photonic devices // Physics Today.— 2006.— aug.— Vol. 59, no. 8.— P. 54–55.— URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2349736>.
16. Krauss T. Photonic crystals in the optical regime — past, present and future // Progress in quantum electronics.— 1999.— mar.— Vol. 23, no. 2.— P. 51–96.— URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6727\(99\)00004-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6727(99)00004-X).
17. Altunin K. K., Sharnina I. A. Development of an electronic educational resource on optics of “left” media in the Intranet Academic system // Science online.— 2019.— no. 4 (9).— P. 18–41.— URL: <https://www.elibrary.ru/ajvghv>.


18. Development of elements of a distance course on physical nanoelectronics in the learning management system MOODLE // Science online. — 2022. — no. 1 (18). — P. 88–112. — URL: <https://www.elibrary.ru/dutumg>.
19. Altunin K. K., Alieva R. R. Study of optical properties of nanostructures with one-dimensional photonic crystals of the AB type // Science online. — 2024. — no. 2 (27). — P. 1–20. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2024/06/02272024-001.pdf>.
20. Altunin K. K., Alieva R. R. Study of optical properties of nanostructures with one-dimensional photonic crystals of the ABC type // Science online. — 2024. — no. 2 (27). — P. 21–40. — URL: <http://nauka-online.ru/wp-content/uploads/2024/06/02272024-002.pdf>.

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

IstinaResearcherID  66185348

Regina Ramilevna Alieva — 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: alieva02regina@mail.ru

ORCID iD  0000-0003-2871-3486

Web of Science ResearcherID  AAX-8215-2021