МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Проф. Д.А. Таюрский
_____ «___»_____20__г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Фотонные кристаллы

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Физика атомов и молекул
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

4.2. Содержание дисциплины (модуля)

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

13. Приложение №1. Фонд оценочных средств

14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Программу дисциплины разработал(а)(и) Сарандаев Е.В. ; доцент, к.н. Хамадеев М.А. (Кафедра оптики и нанофотоники, Отделение физики), Marat.Khamadeev@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОПК-4	способностью адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности
ОПК-5	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки
ОПК-6	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе
ПК-2	способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности
ПК-3	способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

классификацию фотонных кристаллов; физические принципы возникновения запрещенных зон; оптические свойства фотонных кристаллов и применение их в инновационных технологиях; основные методы синтеза фотонных кристаллов;

Должен уметь:

применять современные методы теоретического исследования фотонных кристаллов для определения свойств электромагнитных полей внутри них; ориентироваться в сложной системе современного наноматериаловедения

Должен владеть:

навыками системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности; навыками работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой; проведения физического эксперимента.

Должен демонстрировать способность и готовность:

решать прикладные и фундаментальные задачи, связанные с фотонными кристаллами

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.7 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика атомов и молекул)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 26 часа(ов), в том числе лекции - 14 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 82 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в фотонные кристаллы	3	1	0	0	5
2.	Тема 2. Дисперсионные соотношения	3	1	0	0	5
3.	Тема 3. Методы расчета оптических свойств периодических наноструктур	3	1	0	0	5
4.	Тема 4. Метод плоских волн для 2-х и 3-хмерных фотонных кристаллов	3	1	0	0	5
5.	Тема 5. Метод матриц переноса	3	1	0	0	5
6.	Тема 6. Одномерный фотонный кристалл	3	1	0	0	5
7.	Тема 7. Метод конечных разностей во временной области (FDTD)	3	1	0	0	5
8.	Тема 8. Метод связанных мод в пространстве Фурье (RCWA)	3	1	0	0	5
9.	Тема 9. Плотность фотонных состояний	3	1	0	0	5
10.	Тема 10. Синтез фотонных кристаллов	3	0	3	0	5
11.	Тема 11. Создание фотонных кристаллов методом коллоидной сборки.	3	0	3	0	5
12.	Тема 12. Методы формирования упорядоченных структур искусственных опалов.	3	0	2	0	5
13.	Тема 13. Методы исследования фотонных кристаллов.	3	0	4	0	9
14.	Тема 14. Новые физические явления на основе фотонных кристаллов	3	5	0	0	13
	Итого		14	12	0	82

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение в фотонные кристаллы

Определение фотонных кристаллов. Понятие запрещенной зоны. Классификация фотонных кристаллов по размерности периодичности и в зависимости от ширины запрещённых и разрешённых зон. Резонансные и нерезонансные фотонные кристаллы. Дефектные и бездефектные фотонные кристаллы. Историческая справка. Фотонные кристаллы в природе. Применение фотонных кристаллов.

Тема 2. Дисперсионные соотношения

Связь частоты с волновым вектором. Соотношения Крамерса и Кронига. связь дисперсионных соотношений с показателем преломления. Уравнения Максвелла для фотонных кристаллов. Одномерный случай. Запрещенная зона. Основные особенности дисперсионных соотношений. Мнимая компонента волнового вектора. Решение в двух- и четрехкомпонентном приближениях. Варианты зонных схем.

Тема 3. Методы расчета оптических свойств периодических наноструктур

Элементарная ячейка. Решетка фотонного кристалла. Ячека Вигнера?Зейтца. Обратная решетка. Теория представлений. Вектора обратной решетки. Зоны Бриллюэна. Неприводимая зона Бриллюэна. Теорема Блоха для электромагнитного поля в фотонных кристаллах. Оператор трансляции.

Тема 4. Метод плоских волн для 2-х и 3-хмерных фотонных кристаллов

Метод плоских волн ? общий случай. Уравнение Гельмгольца. Операторы LE и LH. Условие поперечности. Учет поляризации. Соотношение ортогональности и условия нормировки решения для магнитного поля. Условие поперечности для электрической компоненты. Время расчёта зонной структуры для электрического и магнитного полей. Сходимости при больших N.

Тема 5. Метод матриц переноса

Распространение света в фотонных кристаллах. Понятие мультислоя. Многолучевая интерференция в каждом из слоёв. Суперпозиция волн, распространяющихся в прямом и обратном направлениях. Нормальное падение. Представление поля в виде столбца. Представление взаимодействия поля со средой в виде матрицы переноса. Матрица переноса на границе двух слоёв. Матрица переноса в слое. Спектры отражения и пропускания.

Тема 6. Одномерный фотонный кристалл

Двумерная формулировка трехмерной задачи. Наклонное падение. TE и TM решения. 4-хмерные столбцы и матрицы. Случай конечного диэлектрического зеркала. Случай простого интерфейса ?диэлектрик-диэлектрик?. Случай волновода. Случай полубесконечного диэлектрического зеркала. Случай бесконечного периодического мультислоя. Дисперсионные соотношения и зонная диаграмма бесконечного периодического мультислоя.

Тема 7. Метод конечных разностей во временной области (FDTD)

Моделирование устройств на основе фотонных кристаллов с помощью метода FDTD. Постановка задачи для вычисления распределения поля. Разностный вид уравнений Максвелла. Определение диалектической функции. Определение начальных и граничных условий. Устойчивость метода FDTD. Приложение метода FDTD для экспериментально полученного фотонного кристалла с гексагональной структурой решетки.

Тема 8. Метод связанных мод в пространстве Фурье (RCWA)

Оптические и магнитооптические характеристики наноструктурированных многослойных металло-диэлектрических сред. Интенсивность, состояние поляризации прошедшей, отраженной и рассеянных волн. Поглощение среды. Усеченное пространство Фурье. Суперпозиция блоховских волн. Нахождение собственных волн каждого слоя внутри среды. Сшивка решений на границах слоев. Сложность обобщения метода RCWA на двумерно периодические структуры

Тема 9. Плотность фотонных состояний

Оптические моды пустого куба объёма V. Представление в виде точек в фазовом пространстве. Объем шара в фазовом пространстве. Число мод поля с частотами, меньшими w. Понятие плотности состояний. Связь плотности состояний с дисперсионными соотношениями в фотонных кристаллов. Точки Ван-Хова. Полная и неполная запрещенные зоны. Примеры плотностей состояний для различных фотонных кристаллов.

Тема 10. Синтез фотонных кристаллов

Изготовление фотонных кристаллов. Классификация методов синтеза. Методы синтеза "снизу-вверх". Методы синтеза "сверху-вниз". Коллоидные фотонные наноструктуры. Создание фотонных кристаллов методом коллоидной сборки. Методы травления. Маски из фоторезиста. Ограничение метода. Голографические методы. Другие методы.

Тема 11. Создание фотонных кристаллов методом коллоидной сборки.

Синтез микросфер из диоксида кремния. Метод Виньялла. Метод Штобера. Показатель преломления силиконовых микросфер. Пористость фотонных кристаллов на основе опалов. Влияние температуры кальцинирования на диаметр микросфер Оптические свойства тонких пленок на основе опалов.

Тема 12. Методы формирования упорядоченных структур искусственных опалов.

Кристаллизация. Естественная седиментация. Коллоидные кристаллы в водной суспензии. Осаждение методом электрофореза. Метод вертикального осаждения для тонких пленок. Метод центрифугирования. Метод осаждения на мембранах.

Тема 13. Методы исследования фотонных кристаллов.

Общие принципы оптической спектроскопии. Запрещенная зона в спектрах пропускания и отражения. Закон Брегга-Вульфа. Способ вычисления эффективного показателя преломления. Кристаллографические плоскости в спектрах фотонных кристаллов. Влияние толщины образца на спектры поглощения. Метод определения толщин плёнок фотонных кристаллов. Методы, основанные на недеструктивной лазерной дифракции. Методы, основанные на рассеянии света. Методы исследования наноструктурированных материалов, основанные на сканирующей зондовой микроскопии

Тема 14. Новые физические явления на основе фотонных кристаллов

Локализация света. Спонтанное излучение в фотонных кристаллах. Идея локализации света. Фотон-атомное связанное состояние. Дефектные моды. Фотонные кристаллы как база для устройств оптической информатики. Оптические эффекты на границе зоны. Эффект отрицательной рефракции в фотонных кристаллах. Отличие от метаматериалов. "Медленный" свет. Супер-призмы. Создание источников света с высоким КПД. Микрополости на основе фотонных кристаллов. Новый класс оптических волноводов. Эффект изменения массы электрона в среде фотонных кристаллов.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Вспомогательный материал - http://www.elettra.trieste.it/experiments/beamlines/lilit/htdocs/people/luca/tesihtml/node14.html

Пакет для расчетов - http://ab-initio.mit.edu/wiki/index.php/MIT_Photonic_Bands

Пакет программ для расчёта зонных диаграмм фотонных кристаллов RSOFT BandSolve - http://www.rsoftdesign.com/products/component_design/BandSOLVE/

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Вспомогательный материал - http://ab-initio.mit.edu/photons/tutorial/

Вспомогательный материал - http://www.elettra.trieste.it/experiments/beamlines/lilit/htdocs/people/luca/tesihtml/node14.html

Пакет для расчетов - http://ab-initio.mit.edu/wiki/index.php/MIT_Photonic_Bands

Пакет программ для расчёта зонных диаграмм фотонных кристаллов RSOFT BandSolve - http://www.rsoftdesign.com/products/component_design/BandSOLVE/

Программа и База данных "Спектра" - http://spectra.at.tut.by/

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к тестированию изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Студентам рекомендуется получить в Библиотечно-информационном центре института учебную литературу по дисциплине, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины. Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;

- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика атомов и молекул".

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.7 Фотонные кристаллы

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Физика атомов и молекул
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Основная литература:

Салех, Бахаа Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения : [учебное пособие : в 2 томах] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова .? Долгопрудный : Интеллект, 2012 .? ; 25.

Т. 1 .? 2012 .? 759 с., [4] л. ил. : ил., портр. ? Библиогр. в конце разд. ? ISBN 978-5-91559-038-9 ((в пер.))

Салех, Бахаа Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения : [учебное пособие : в 2 томах] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова .? Долгопрудный : Интеллект, 2012 .? ; 25.

Т. 2 .? 2012 .? 780 с. : ил. ? Библиогр. в конце разд. ? ISBN 978-5-91559-135-5 ((в пер.))

Кульчин, Ю.Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем / Ю.Н. Кульчин. - М.: Физматлит, 2015. - 488 с.

https://e.lanbook.com/book/72018#book_name

Дополнительная литература:

Пархоменко Ю.Н. и др. Физика и технология приборов фотоники. Солнечная энергетика и нанотехнологии / Пархоменко Ю.Н., Полисан А.А.. Москва : МИСИС, 2013.? 142 с. : https://e.lanbook.com/book/47466#book_name

Гаврилов А.В. и др. Дифракционная нанофотоника / [Гаврилов А. В., Головашкин Д. Л., Досколович Л. Л. и др.] ; под ред. В. А. Сойфер .? Моска : ФИЗМАТЛИТ, 2011 .? 679 с. : ил. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5296

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.7 Фотонные кристаллы

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Физика атомов и молекул
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.