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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.
_____
"___"_____20___ г.

Программа дисциплины

Фотонные кристаллы М2.ДВ.6

Направление подготовки: 011200.68 - Физика
Профиль подготовки: Физика сложных систем
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Автор(ы):
Сарандаев Е.В. , Хамадеев М.А.
Рецензент(ы):
Гайнутдинов Р.Х.

СОГЛАСОВАНО:
Заведующий(ая) кафедрой: Салахов М. Х.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 201__г
Учебно-методическая комиссия Института физики:
Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__г

Регистрационный No

Казань
2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

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

1. Цели освоения дисциплины

знакомство с новым типом оптических наноматериалов, называемом фотонным кристаллами, получение знаний о последних достижениях в этом направлении, связанными с исследованием их оптических свойств и методов синтеза.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.6 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.68 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Дисциплина М2.ДВ6 "Фотонные кристаллы" является базовой частью программы для магистратуры "Физика атомов и молекул" по направлению 011200.68 - "Физика" (блок М2).

Изучение данной дисциплины базируется на подготовке по физике и математике в рамках Государственного стандарта общего образования, дисциплин подготовки бакалавров по направлению 011200.62 - "Физика":, Б3.Б.2 "Молекулярная физика", Б3.Б.3 "Электричество и магнетизм", Б3.Б.9 "Электродинамика", Б3.Б.4 "Оптика".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук
ОК-5 (общекультурные компетенции)	способностью порождать новые идеи (креативность)
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способностью адаптироваться к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, к изменению социокультурных и социальных условий деятельности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой)
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно- инновационных задач (в соответствии с профилем подготовки)

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. 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;

2. должен уметь:

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

3. 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.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

решать прикладные и фундаментальные задачи, связанные с фотонными кристаллами

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в фотонные кристаллы	3	1	2	0	0	устный опрос
2.	Тема 2. Дисперсионные соотношения	3	2	2	0	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Методы расчета оптических свойств периодических наноструктур	3	3	2	0	0	устный опрос
4.	Тема 4. Метод плоских волн для 2-х и 3-хмерных фотонных кристаллов	3	4	2	0	0	устный опрос
5.	Тема 5. Метод матриц переноса	3	5	2	0	0	устный опрос
6.	Тема 6. Одномерный фотонный кристалл	3	6	2	0	0	устный опрос
7.	Тема 7. Метод конечных разностей во временной области (FDTD)	3	7	2	0	0	устный опрос
8.	Тема 8. Метод связанных мод в пространстве Фурье (RCWA)	3	8	2	0	0	устный опрос
9.	Тема 9. Плотность фотонных состояний	3	9	2	0	0	устный опрос
10.	Тема 10. Синтез фотонных кристаллов	3	10	2	0	0	устный опрос
11.	Тема 11. Создание фотонных кристаллов методом коллоидной сборки.	3	11	2	0	0	устный опрос
12.	Тема 12. Методы формирования упорядоченных структур искусственных опалов.	3	12	2	0	0	устный опрос
13.	Тема 13. Методы исследования фотонных кристаллов.	3	13-14	4	0	0	устный опрос
14.	Тема 14. Новые физические явления на основе фотонных кристаллов	3	15-18	8	0	0	устный опрос
.	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	зачет
	Итого			36	0	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в фотонные кристаллы

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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)

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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)

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

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

лекционное занятие (8 часа(ов)):

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.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение в фотонные кристаллы	3	1	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
2.	Тема 2. Дисперсионные соотношения	3	2	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Методы расчета оптических свойств периодических наноструктур	3	3	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
4.	Тема 4. Метод плоских волн для 2-х и 3-хмерных фотонных кристаллов	3	4	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Метод матриц переноса	3	5	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
6.	Тема 6. Одномерный фотонный кристалл	3	6	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
7.	Тема 7. Метод конечных разностей во временной области (FDTD)	3	7	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
8.	Тема 8. Метод связанных мод в пространстве Фурье (RCWA)	3	8	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
9.	Тема 9. Плотность фотонных состояний	3	9	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
10.	Тема 10. Синтез фотонных кристаллов	3	10	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
11.	Тема 11. Создание фотонных кристаллов методом коллоидной сборки.	3	11	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
12.	Тема 12. Методы формирования упорядоченных структур искусственных опалов.	3	12	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
13.	Тема 13. Методы исследования фотонных кристаллов.	3	13-14	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
14.	Тема 14. Новые физические явления на основе фотонных кристаллов	3	15-18	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
	Итого				36	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекции с возможностью обсуждения предмета занятия

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Введение в фотонные кристаллы

устный опрос , примерные вопросы:

1. Назовите как можно больше приложений фотонных кристаллов. 2. В каком году был создан Яблоновит?

Тема 2. Дисперсионные соотношения

устный опрос , примерные вопросы:

1. Перечислите все варианты зонных схем. 2. Докажите, что в запрещенной зоне у волнового вектора появляется мнимая компонента

Тема 3. Методы расчета оптических свойств периодических наноструктур

устный опрос , примерные вопросы:

1. Найдите элементарную ячейку у одномерного фотонного кристалла. 2. Найдите ячейку Вигнера-Зейца у одномерного фотонного кристалла.

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

устный опрос , примерные вопросы:

1. Получите алгебраическое уравнение для электрического поля 2. Взяв векторные произведения в разных базисах, получите матрицу M(G, G')

Тема 5. Метод матриц переноса

устный опрос , примерные вопросы:

1. Выведите соотношение ортогональности для электрического поля через аналогичное соотношение для магнитного 2. Докажите эрмитовость оператора LH

Тема 6. Одномерный фотонный кристалл

устный опрос , примерные вопросы:

1. Докажите неэрмитовость оператора LE 2. Докажите эрмитовость оператора LQ

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

устный опрос , примерные вопросы:

1. Выведите общий вид матрицы переноса в слое для нормального падения 2. Выведите общий вид матрицы переноса на границе двух слоёв для нормального падения

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

устный опрос , примерные вопросы:

1. Как будет выглядеть теорема Блоха в терминах матриц переноса? 2. Постройте зонную диаграмму одномерного фотонного кристалла для нормального падения.

Тема 9. Плотность фотонных состояний

устный опрос , примерные вопросы:

1. Докажите, что плотность состояний одномерного фотонного кристалла будет вести себя сингулярно на границе запрещенной зоны. 2. Выведите характер сингулярностей плотности состояний в точках Ван-Хова

Тема 10. Синтез фотонных кристаллов

устный опрос , примерные вопросы:

1. Приведите примеры методов синтеза ?снизу-вверх?. 2. Приведите примеры методов синтеза ?сверху-вниз?.

Тема 11. Создание фотонных кристаллов методом коллоидной сборки.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Приведите определение эффективного показателя преломления 2. Чему равна объёмная доля заполнения частиц для случая ГЦК и ГПУ упаковок

Тема 12. Методы формирования упорядоченных структур искусственных опалов.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Сколько по времени длится реакция синтеза частиц диоксида кремния? 2. Сколько по времени длится вертикальное осаждение?

Тема 13. Методы исследования фотонных кристаллов.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Приведите способ вычисления эффективного показателя преломления по спектрам отражения 2. Приведите способ определения толщин плёнок фотонных кристаллов по спектрам пропускания.

Тема 14. Новые физические явления на основе фотонных кристаллов

устный опрос , примерные вопросы:

1. Объясните, чем явление отрицательной рефракции на фотонных кристаллах отличается от аналогичного в метаматериалах. 2. Укажите направление групповой и фазовой скоростей при отрицательном преломлении.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

1. Место фотонных кристаллов в нанонауке и нанотехнологиях. Классификация фотонных кристаллов.

2 История открытия. Фотонные кристаллы в природе. Физические особенности периодических электромагнитных структур.

3 Зонная структура фотонных кристаллов. Дисперсионные соотношения: связь частоты с волновым вектором.

4 Аналогия с физикой твердого тела. Одномерный, двумерный и трехмерный случаи. Зонные диаграммы.

5 Запрещенные зоны. Плотность состояний электромагнитного поля в фотонных кристаллах. Понятие полной запрещенной зоны и псевдозоны. Физический смысл

6 Топология фотонных кристаллов с полной запрещенной зоной: теория и практика.

7 Локализация света. Спонтанное излучение в фотонных кристаллах. Идея локализации света.

8 Фотон-атомное связанное состояние. Дефектные моды. Фотонные кристаллы как база для устройств оптической информатики. Оптические эффекты на границе зоны.

9 Методы синтеза фотонных кристаллов. Разнообразие структур фотонных кристаллов.

10 Классификация методов синтеза. Методы синтеза ?снизу вверх?. Методы синтеза ?сверху вниз?. Литография. Искусственные опалы. Голография

11 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

12 Методы формирования упорядоченных структур искусственных опалов. Кристаллизация. Естественная седиментация.

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

14 Оптическая характеризация искусственных опалов. Запрещенная зона искусственных опалов. Закон Брега. Понятие эффективного показателя преломления. Характеризация коллоидных кристаллов.

15 Оптические свойства тонких пленок на основе опалов. Способы диагностики и исследования синтезированных фотонных кристаллов.

16 Приложения фотонных кристаллов. Эффект отрицательной рефракции в фотонных кристаллах. Отличие от метаматериалов.

17 "Медленный" свет. Супер-призмы. Создание источников света с высоким КПД.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

18 Микрополости на основе фотонных кристаллов. Новый класс оптических волноводов. Использование фотонных кристаллов в технике.

7.1. 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 .

Т. 1 .? 2012 .? 759 с., [4] л. ил. : ил., портр.

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 .

Т. 2 .? 2012 .? 780 с. : ил.

Новотный, Л. Основы нанооптики: перевод с английского / Л. Новотный, Б. Хехт ; Пер. с англ. А. А. Коновко, О. А. Шутовой; Под ред. В. В. Самарцева.? М.: Физматлит, 2009 .? 484 с.: ил.

7.2. Дополнительная литература:

Климов, Василий Васильевич. Наноплазмоника / В. В. Климов .? Издание 2-е, исправленное .? Москва : Физматлит, 2010 .? 480 с. : ил., цв. ил.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2204

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

7.3. Интернет-ресурсы:

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/

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Фотонные кристаллы" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB,audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудованием имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.68 "Физика" и магистерской программе Физика сложных систем .

Автор(ы):
Сарандаев Е.В. _____
Хамадеев М.А. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Гайнутдинов Р.Х. _____
"__" _____ 201 __ г.