

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.01.01 Оптика фотонных кристаллов

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

16.04.01 Техническая физика

Направленность (профиль)

16.04.01.02 Оптическая физика и квантовая электроника

Форма обучения

очная

Год набора

2022

Красноярск 2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

д.ф.-м.н., Профессор, С.Я.Ветров

должность, инициалы, фамилия

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование у будущих магистров знаний о фундаментальных физических явлениях и законах, лежащих в основе функционирования одних из самых интересных объектов изучения в современной физике – фотонных кристаллов, а также формированию научного подхода при исследовании таких объектов и создании на их основе разнообразных оптических устройств.

1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности. Магистрант должен иметь базовые представления о современных проблемах оптики фотонных кристаллов

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-1: Способен критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	
ИД-1: Знает основы оптической физики и квантовой электроники	знает основы оптической физики применять полученные знания для решения задач оптики фотонных кристаллов методами решения задач оптики фотонных кристаллов
ИД-2: Умеет анализировать состояние и перспективы развития оптотехники	умеет оценить состояние и перспективы развития оптики фотонных кристаллов анализировать данные по развитию оптики фотонных кристаллов способностью анализировать состояние и перспективы развития оптики фотонных кристаллов
ИД-3: Владеет навыками работы с научно-технической информацией	способы поиска необходимой информации искать необходимую научно-техническую информацию владеет методами анализа и поиска научно-технической информации по оптике фотонных кристаллов
ПК-2: Способен самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств	

ИД-1: Знает основные типы, характеристики оптических и	знает типы и характеристики фотонных кристаллов умеет использовать оптические и оптико-
оптико-электронных систем, элементную базу оплотехники	электронные системы владеет способностью применять полученные знания для решения задач научных исследований
ИД-2: Умеет применять теоретические, практические и метрологические основы оптических измерений	знает основы оптических измерений умеет использовать теоретические знания основ оптических измерений в оптике фотонных кристаллов владеет методами оптических измерений
ИД-3: Владеет методами обработки экспериментальных данных	знает основы обработки экспериментальных данных умеет применять методы обработки данных в оптике фотонных кристаллов владеет методами обработки экспериментальных данных

1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется с применением ЭО и ДОТ

URL-адрес и название электронного обучающего курса: <https://e.sfu-kras.ru/enrol/index.php?id=21344>.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	е
		1
Контактная работа с преподавателем:	1,33 (48)	
занятия лекционного типа	0,89 (32)	
практические занятия	0,44 (16)	
Самостоятельная работа обучающихся:	1,67 (60)	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
Промежуточная аттестация (Экзамен)	1 (36)	

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
1. Распространение электромагнитных волн в веществе									
	1. Введение в дисциплину «Оптика фотонных кристаллов». Уравнения электромагнитного поля Основы оптоэлектроники. Элементная база. Простейшие превращения в полупроводнике. Оптический компьютер – перспектива или утопия? Фотонные кристаллы. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Различные типы сред. Волновое уравнение и монохроматические плоские волны. Некоторые параметры среды. Распространение лазерных импульсов, групповая скорость.	4							

<p>2. Поляризация световых волн. Электромагнитные волны в анизотропных средах Что такое поляризация? Поляризация монохроматических плоских волн. Линейная и круговая поляризации. Представление комплексного параметра. Вектор Джонса. Общие закономерности распространения электромагнитных волн в анизотропных средах. Распространение плоских волн в кристаллических средах. Оптические свойства кристаллов.</p>	4							
<p>3. Распространение электромагнитных волн в периодических средах. Распространение волн в слоистых средах Периодические среды. Одномерные периодические среды. Слоистые среды. Блоховские волны и зонная структура. Брэгговское отражение.</p>	2							
<p>4. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Различные типы оптических сред.</p>			1					
<p>5. Волновое уравнение и монохроматические плоские волны. Некоторые параметры среды. Распространение лазерных импульсов, групповая скорость.</p>			1					
<p>6. Поляризация монохроматических плоских волн. Линейная и круговая поляризации. Представление комплексного параметра. Вектор Джонса.</p>			1					
<p>7. Общие закономерности распространения электромагнитных волн в анизотропных средах. Распространение плоских волн в кристаллических средах. Оптические свойства кристаллов.</p>			1					

8. Распространение оптических волн в периодических средах. Одномерные периодические среды.			1					
9. Периодические слоистые среды. Блоховские волны и зонная структура. Брэгговское отражение.			1					
10. Самостоятельная работа							25	
2. Фотонные кристаллы и их получение								
1. Электрооптика. Управление спектром объемных и поверхностных электромагнитных волн в фотонных кристаллах. Электрооптический эффект. Линейный электрооптический эффект. Пример: электрооптический эффект в KN_2PO_4 . Электрооптическая модуляция. Фазовая модуляция света. Электрооптические эффекты в жидких кристаллах. Эффект ориентации. Объемные электромагнитные волны в фотонном кристалле. Поверхностные электромагнитные волны в фотонном кристалле.			4					
2. Теория связанных мод в среде с периодическим изменением диэлектрического тензора. Теория связанных мод для брэгговских отражателей Метод вариации постоянных. Уравнение связанных мод. Связь между модами, распространяющимися в одном направлении. Связь между противоположно направленными модами. Постоянные связи. Коэффициент отражения.			4					

<p>3. Волноводное распространение электромагнитного излучения. Технология получения фотонных кристаллов Общие свойства диэлектрических волноводов. ТЕ- и ТМ-моды в асимметричном волноводе. ТЕ- и ТМ-моды в планарном волноводе. Фотонно-кристаллические волокна. Волноводы в виде цепочки дефектов в фотонном кристалле. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Двумерные ФЗЗ-материалы. Синтез материалов с трехмерной ФЗЗ. Экспериментальные методы исследования ФК.</p>	2							
<p>4. Электрооптический эффект. Линейный электрооптический эффект. Пример: электрооптический эффект в KN2PO4. Электрооптическая модуляция. Фазовая модуляция света. Электрооптические эффекты в жидких кристаллах. Эффект ориентации.</p>			1					
<p>5. Объемные электромагнитные волны в фотонном кристалле. Поверхностные электромагнитные волны в фотонном кристалле. Управление спектром объемных и поверхностных электромагнитных волн в фотонных кристаллах.</p>			1					
<p>6. Теория связанных мод в среде с периодическим изменением диэлектрического тензора. Метод вариации постоянных. Уравнение связанных мод. Связь между модами, распространяющимися в одном направлении.</p>			1					
<p>7. Связь между противоположно направленными модами. Теория связанных мод для брэгговских отражателей. Постоянные связи. Коэффициент отражения.</p>			1					

8. Волноводное распространение электромагнитного излучения. Общие свойства диэлектрических волноводов. ТЕ- и ТМ-моды в асимметричном волноводе. ТЕ- и ТМ-моды в планарном волноводе.			1					
9. Фотонно-кристаллические волокна. Волноводы в виде цепочки дефектов в фотонном кристалле.			1					
10. Самостоятельная работа							25	
3. Исследование оптических свойств фотонных кристаллов								
1. Локализованные электромагнитные моды и спектр пропускания одномерного фотонного кристалла с дефектами решетки. Локализованные электромагнитные моды и спектр пропускания одномерного фотонного кристалла с дефектами решетки Спектр собственных возбуждений одномерного ФК с дефектом решетки. Метод трансфер-матрицы. Частоты и коэффициенты затухания дефектных мод. Локализация поля вблизи дефектного слоя. Пик пропускания дефектной моды. Экспериментальное наблюдение расщепления дефектных мод в фотонном кристалле.	4							

<p>2. Экспериментальные угловые и температурные зависимости спектров пропускания одномерного фотонного кристалла с жидкокристаллическим дефектом. Спонтанное излучение и плотность электромагнитных мод в оптике фотонных кристаллов Образец ФК и методика эксперимента. Угловые зависимости спектра пропускания ФК. Термооптическое переключение в одномерном ФК. Обсуждение экспериментальных результатов. Плотность фотонных состояний и зонная структура спектра для волн в двумерном фотонном кристалле. Метод получения точного выражения для плотности фотонных состояний плоскостной среды. Спонтанная эмиссия в сверхрешетках с фотонной запрещенной зоной.</p>	4							
<p>3. Нелинейные эффекты в фотонно-кристаллических средах. Самособирающиеся фотонные кристаллы с дефектами решетки Фотонные запрещенные зоны. Оптическое переключение. Оптический диод. Фотонные дефектные моды в холестерическом жидком кристалле, индуцируемые локальным изменением шага спирали. Биосенсоры на фотонно-кристаллических структурах.</p>	4							
<p>4. Локализованные электромагнитные моды и спектр возбуждения одномерного фотонного кристалла с дефектами решетки.</p>			1					
<p>5. Локализованные электромагнитные моды и спектр пропускания одномерного фотонного кристалла с дефектами решетки.</p>			1					

6. Спонтанное излучение и плотность электромагнитных мод в оптике фотонных кристаллов.			1					
7. Распространение интенсивного лазерного излучения в нелинейных фотонно-кристаллических средах, Самособирающиеся фотонные холестерические жидкие кристаллы, Распространение света в холестерических жидких кристаллах с дефектами решетки			1					
8. Самостоятельная работа							10	
9.								
Всего	32		16				60	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Салех Б. Е. А., Тейх М. К. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Т. 1: [учебное пособие : в 2-х томах] : перевод с английского (Долгопрудный: Интеллект).
2. Салех Б. Е. А., Тейх М. К. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Т. 2: [учебное пособие : в 2-х томах] : перевод с английского (Долгопрудный: Интеллект).
3. Агравал Г. П., Денисюк И. Ю. Применение нелинейной волоконной оптики: учеб. пособие для студентов вузов(Санкт-Петербург: Лань).
4. Кульчин Ю. Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем (Москва: Физматлит).
5. Шабанов В. Ф., Ветров С. Я., Шабанов А. В., Слабко В. В. Оптика реальных фотонных кристаллов. Жидкокристаллические дефекты, неоднородности: монография(Новосибирск: СО РАН).
6. Кившарь Ю. С., Агравал Г. П. Оптические солитоны. От волоконных световодов к фотонным кристаллам: пер. с англ.(Москва: ФИЗМАТЛИТ).
7. Третьяков Ю. Д. Нанотехнологии. Азбука для всех: науч.-попул. изд.(М.: Физматлит).
8. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям "Электроника и наноэлектроника", "Телекоммуникации"(Санкт-Петербург: Лань).
9. Шабанов В. Ф., Зырянов В. Я. Фотонные кристаллы и нанокompозиты: структурообразование, оптические и диэлектрические свойства (Новосибирск: Издательство СО РАН).
10. Стафеев С. К., Боярский К. К., Башнина Г. Л. Основы оптики: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Физика" (510400), "Прикладные математика и физика" (511600), "Оптотехника" (551900), "Приборостроение" (551500) и другим физическим и техническим направлениям подготовки(Санкт-Петербург: Лань).
11. Розеншер Э., Винтер Б., Ермаков О. Н. Оптоэлектроника: пер. с фр. (Москва: Техносфера).
12. Ветров С. Я., Тимофеев И.В., Тимофеев В. П. Оптика фотонных кристаллов: учебно-методическое пособие [для студентов напр. 223200 «Техническая физика» по программе «Оптическая физика и квантовая электроника»](Красноярск: СФУ).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Microsoft Office.
2. Adobe Reader.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Доступ к библиотечному фонду (в сети СФУ, раздел «Библиотека»), <http://bik.sfu-kras.ru/>.

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Занятия проводятся в учебных аудиториях для занятий лекционного и семинарского типа. Аудитории должны быть укомплектованы техническими средствами обучения.