Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра оптических информационных технологий

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ
к.ф-м.н. Корель И. И.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: к.ф-м.н. Корель И. И.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Фотонные кристаллы

Образовательная программа: 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, профиль: Оптические и квантовые информационные технологии

Курс: 4, семестр : 7

Физико-технический факультет,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**7**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3
2	Всего часов	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	38
4	Лекции, час.	20
5	Практические занятия, час.	14
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	из них практической подготовки, час.	14
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	2
11	Самостоятельная работа, час.	70
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	Р контр.
13	Вид аттестации	3

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

ФГОС введен в действие приказом №949 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 09.10.2017 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ОИТ, 31.08.2026

Утверждена на совете физико-технического факультета, протокол № 6 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Завьялова М. А.

Ответственный за образовательную программу:

профессор Дубнищев Ю. Н.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-1/ПК Способен к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики
	ПК-1/ПК. 1 Проводит поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору;
Профессиональные компетенции	ПК-2/ПК Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях
	ПК-2/ПК. 1 Разрабатывает функциональные и структурные схемы оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов с определением физических принципов действия устройств, их структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-1/ПК. 1 Проводит поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору;	
Иметь представление об общих сведения о кристаллических структурах.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Знать особенности одномерных фотонных кристаллов.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Знать особенности трехмерных фотонных кристаллов	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Изготовливать фотонные кристаллы.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-2/ПК. 1 Разрабатывает функциональные и структурные схемы оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов с определением физических принципов действия устройств, их структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы	
Знать особенности двумерных фотонных кристаллов.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Иметь представление о материалах для получения фотонных кристаллов.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Уметь моделировать пространственную и зонную структуру фотонных кристаллов.	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 7					
Дидактическая единица: Брэгговская дифракция света					

1. Отражение и интерференция света в многослойных пленках. Методы расчета отражения (пропускания) света в многослойных пленках.	1	0	0	ПК-1/ПК.1	Лекция.
2. Многомерная брэгговская дифракция.	1	0	0	ПК-1/ПК.1	Лекция.
Дидактическая единица: Фотонные запрещенные зоны					
3. Электронная запрещенная зона. Модель свободных электронов. Периодический потенциал цепочки атомов. Закон дисперсии.	1	0	0	ПК-1/ПК.1	Лекция.
4. Отражение света в многослойных пленках, многомерная брэгговская дифракция.	1	0	0	ПК-1/ПК.1	Лекция.
5. Примеры одномерных фотонных кристаллов (брэгговские зеркала, микрорезонаторы, одномерные волноводы). Спектр отражения и пропускания одномерных фотонных кристаллов.	2	0	2	ПК-1/ПК.1	Лекция.
6. Отражение и преломление света в фотонных кристаллах.	2	0	0	ПК-1/ПК.1	Лекция.
Дидактическая единица: Пространственная структура фотонных кристаллов					
7. Закон дисперсии. Зонная структура одномерных фотонных кристаллов.	2	0	0	ПК-1/ПК.1	Лекция.
8. Примеры двумерных ФК (дырчатые волокна, волноводы). Дифракция света в двумерных фотонных кристаллах. Спектр пропускания, зонная структура двумерных фотонных кристаллов.	2	0	0	ПК-2/ПК.1	Лекция.
9. Примеры трехмерных ФК (опалы, инвертированные опалы, "поленица", гибридная конструкция). Дифракция света в трехмерных фотонных кристаллов Отражение и пропускание света в синтетических опалах вдоль направления роста и одномерная дифракция на плоскостях (111).	2	0	2	ПК-1/ПК.1	Лекция.
Дидактическая единица: Методы получения фотонных кристаллов					

10. Методы изготовления фотонных кристаллов. Метод голографической литографии.	2	0	0	ПК-1/ПК.1	Лекция.
11. Материалы для получения ФК. Фотополимерные материалы.	2	0	0	ПК-2/ПК.1	Лекция.
12. Моделирование пространственной и зонной структуры голографических ФК.	2	0	0	ПК-2/ПК.1	Лекция.

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 7					
Дидактическая единица: Брэгговская дифракция света					
1. Многомерная брэгговская дифракция	2	2	2	ПК-1/ПК.1, ПК-2/ПК.1	Выполнении лабораторной работы "Дифракция света на стопе 2D решеток". Объяснение интерференционных эффектов.
2. Фотонные кристаллы на основе синтетических опалов.	2	2	2	ПК-1/ПК.1, ПК-2/ПК.1	Расчет эффективных показателей преломления и толщин модельных слоев в структуре опала.
3. Отражение и интерференция света в многослойных пленках. Методы расчета отражения (пропускания) света в многослойных пленках.	2	2	2	ПК-1/ПК.1	Расчет отражения (пропускания) света в многослойных пленках при различных параметрах их толщины и количества слоев.
Дидактическая единица: Пространственная структура фотонных кристаллов					
4. Периодичность структуры. Термины и определения. Прямая и обратная решетки.	2	2	2	ПК-1/ПК.1	Построение прямой и обратной решеток для кристаллов с кубической и гексагональной упаковками структурных элементов. Построение зон Бриллюэна.
5. Пространственная структура 1D - 3D фотонных кристаллов.	2	2	2	ПК-1/ПК.1, ПК-2/ПК.1	Выполнение лабораторной работы "Моделирование пространственной структуры 1D - 3D фотонных кристаллов"
6. Фотонные квазикристаллы. Вращательная симметрия.	2	2	2	ПК-1/ПК.1, ПК-2/ПК.1	Выполнение лабораторной работы "Моделирование пространственной структуры фотонных квазикристаллов путем азимутального наложения решеток двухлучевой интерференции".
Дидактическая единица: Методы получения фотонных кристаллов					

7. Методы получения прямых и инвертированных синтетических опалов.	2	2	2	ПК-1/ПК.1	Изучение образцов синтетических опалов.

Темы для самостоятельного изучения	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 7					
Дидактическая единица: Методы получения фотонных кристаллов					
1. Метод голографической (интерференционной) литографии.	6	0	0	ПК-2/ПК.1	Построение собственных примеров при выполнении лабораторной работы "Моделирование структуры фотонных кристаллов путем интерференции многих пучков и наложения решеток при двухлучевой интерференции".
2. Спектральные методы. Угловые характеристики спектров пропускания.	6	0	0	ПК-1/ПК.1, ПК-2/ПК.1	Выполнение лабораторной работы "Измерение спектральных характеристик фотонных кристаллов".
Дидактическая единица: Дефекты в фотонных кристаллах					
3. Методы формирования дефектов. Локализованные дефекты. Изменения зонной структуры. Делокализованные дефекты.	6	0	0	ПК-1/ПК.1, ПК-2/ПК.1	Изучение методов формирования дефектов. Локализованные дефекты. Изменения зонной структуры. Делокализованные дефекты.
Дидактическая единица: Применения фотонных кристаллов					
4. Фотонно-кристаллические световоды: виды, механизмы распространения света, технологии изготовления.	6	0	0	ПК-1/ПК.1, ПК-2/ПК.1	Изучение фотонно-кристаллических световодов: виды, механизмы распространения света, технологии изготовления.
5. Пассивные и активные элементы оптических микросхем на основе ФК.	8	0	0	ПК-1/ПК.1, ПК-2/ПК.1	Изучение пассивных и активных элементов оптических микросхем на основе ФК.
6. Фотонно-кристаллические сенсоры.	8	0	0	ПК-1/ПК.1, ПК-2/ПК.1	Изучение фотонно-кристаллических сенсоров.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Многомерная брэгговская дифракция	Пр	Выполняет следующие виды работ: выполнении лабораторной работы "Дифракция света на стопе 2D решеток". Объяснение интерференционных эффектов.

2	Фотонные кристаллы на основе синтетических опалов.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет эффективных показателей преломления и толщин модельных слоев в структуре опала.
3	Отражение и интерференция света в многослойных пленках. Методы расчета отражения (пропускания) света в многослойных пленках.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет отражения (пропускания) света в многослойных пленках при различных параметрах их толщины и количества слоев.
4	Периодичность структуры. Термины и определения. Прямая и обратная решетки.	Пр	Выполняет следующие виды работ: построение прямой и обратной решеток для кристаллов с кубической и гексагональной упаковками структурных элементов. Построение зон Бриллюэна.
5	Пространственная структура 1D - 3D фотонных кристаллов.	Пр	Выполняет следующие виды работ: выполнение лабораторной работы "Моделирование пространственной структуры 1D - 3D фотонных кристаллов"
6	Фотонные квазикристаллы. Вращательная симметрия.	Пр	Выполняет следующие виды работ: выполнение лабораторной работы "Моделирование пространственной структуры фотонных квазикристаллов путем азимутального наложения решеток двухлучевой интерференции".
7	Методы получения прямых и инвертированных синтетических опалов.	Пр	Выполняет следующие виды работ: изучение образцов синтетических опалов.

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	Контрольные работы	ПК-2/ПК.1	8	0
Ответы на вопросы по пройденным темам: Горленко, В. А. Научные основы биотехнологий. Часть I: Учебное пособие. Нанотехнологии в биологии / Горленко В.А., Соавт. Кутузова Н.М., Пятунина С.К. - Москва : Прометей, 2013. - 262 с. ISBN 978-5-7042-2445-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/536510 (дата обращения: 24.03.2023). – Режим доступа: по подписке.				
2	РГЗ/Реферат	ПК-1/ПК.1,ПК-2/ПК.1	7	2
Преподаватель консультирует по вопросам, которые возникают у студентов при выполнении работы: Горленко, В. А. Научные основы биотехнологий. Часть I: Учебное пособие. Нанотехнологии в биологии / Горленко В.А., Соавт. Кутузова Н.М., Пятунина С.К. - Москва : Прометей, 2013. - 262 с. ISBN 978-5-7042-2445-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/536510 (дата обращения: 24.03.2023). – Режим доступа: по подписке.				
3	Подготовка к занятиям	ПК-1/ПК.1	9	0
Нахождение информации по темам, предстоящих практических работ, повторение изученного материала: Горленко, В. А. Научные основы биотехнологий. Часть I: Учебное пособие. Нанотехнологии в биологии / Горленко В.А., Соавт. Кутузова Н.М., Пятунина С.К. - Москва : Прометей, 2013. - 262 с. ISBN 978-5-7042-2445-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/536510 (дата обращения: 24.03.2023). – Режим доступа: по подписке.				
4	Подготовка к аттестации	ПК-1/ПК.1	6	0

Изучение вопросов согласно списку контролирующих материалов. Подготовка реферата: Горленко, В. А. Научные основы биотехнологий. Часть I: Учебное пособие. Нанотехнологии в биологии / Горленко В.А., Соавт. Кутузова Н.М., Пятунина С.К. - Москва : Прометей, 2013. - 262 с. ISBN 978-5-7042-2445-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/536510 (дата обращения: 24.03.2023). – Режим доступа: по подписке.				
5	Самостоятельное изучение теоретического материала	ПК-1/ПК.1,ПК-2/ПК.1	40	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : Дудкина М. П. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : учебно-методическое пособие / М. П. Дудкина, Ю. В. Никитин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 61, [1] с. : табл.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223022				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Портал НГТУ
Консультирование	e-mail; Портал НГТУ
Контроль	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	ЭБС

Таблица 3.5

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Проблемный метод	ПК.1;
Формируемые умения: 1. Проводит поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору		
Краткое описание применения: Постоянный контакт со студентами во время работ через обсуждение материала		

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		
Практические занятия:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Горленко, В. А. Научные основы биотехнологий. Часть I: Учебное пособие. Нанотехнологии в биологии / Горленко В.А., Соавт. Кутузова Н.М., Пятунина С.К. - Москва : Прометей, 2013. - 262 с. ISBN 978-5-7042-2445-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/536510 (дата обращения: 24.03.2023). – Режим доступа: по подписке."		
Контрольные работы:	15	30

Контролирующие материалы приводятся в "Дудкина М. П. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : учебно-методическое пособие / М. П. Дудкина, Ю. В. Никитин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 61, [1] с. : табл.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223022"		
РГЗ/Реферат:	15	30
Контролирующие материалы приводятся в "Горленко, В. А. Научные основы биотехнологий. Часть I: Учебное пособие. Нанотехнологии в биологии / Горленко В.А., Соавт. Кутузова Н.М., Пятунина С.К. - Москва : Прометей, 2013. - 262 с. ISBN 978-5-7042-2445-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/536510 (дата обращения: 24.03.2023). – Режим доступа: по подписке."		
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Горленко, В. А. Научные основы биотехнологий. Часть I: Учебное пособие. Нанотехнологии в биологии / Горленко В.А., Соавт. Кутузова Н.М., Пятунина С.К. - Москва : Прометей, 2013. - 262 с. ISBN 978-5-7042-2445-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/536510 (дата обращения: 24.03.2023). – Режим доступа: по подписке."		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	**Индикаторы достижения компетенций**	**Формы контроля**		
		Контр. раб.	**Защита РГЗ/Р**	**Зачет**
ПК-1/ПК	ПК-1/ПК 1. Проводит поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору;	+	+	+
ПК-2/ПК	ПК-2/ПК 1. Разрабатывает функциональные и структурные схемы оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов с определением физических принципов действия устройств, их структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы	+	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Салех, Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения. Том 1 : учебное пособие / Б. Салех, М. К. Тейх, В. Л. Дербов. - Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2026. - 759 с. - ISBN 978-5-91559-038-9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2241339 (дата обращения: 15.06.2026). – Режим доступа: по подписке.

2. Салех, Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения. Том 2 : учебное пособие / Б. Салех, М. К. Тейх, В.Л. Дербов. - Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2026. - 784 с. - ISBN 978-5-91559-135-5. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2241340 (дата обращения: 15.06.2026). – Режим доступа: по подписке.

3. Введение в физику и моделирование фотонных кристаллов: учебное пособие / Дегтяренко Н.Н., Каргин Н.И. - М.:НИЯУ 'МИФИ', 2012. - 148 с. ISBN 978-5-7262-1802-1 - Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=560553 - Загл. с экрана.

Дополнительная литература

1. Введение в фемтонанофотонику: фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов : учебное пособие / С. М. Аракелян, А. О. Кучерик, В. Г. Прокошев [и др.] ; под общ. ред. С. М. Аракеляна. - Москва : Логос, 2020. - 744 с. - ISBN 978-5-98704-812-2. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1211606 (дата обращения: 24.03.2023). – Режим доступа: по подписке.

2. Номоев, А. В. Избранные разделы физической оптики. Фотометрия, основы геометрической оптики, волновые явления : учебно-методическое пособие / А. В. Номоев. — Улан-Удэ : БГУ, 2017. — 64 с. — ISBN 978-5-9793-0046-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/154279 (дата обращения: 24.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Шарангович, С. Н. Голографические фотонные структуры в фотополимерных материалах : учебное пособие / С. Н. Шарангович. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015. — 190 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/72083.html (дата обращения: 24.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Интернет-ресурсы

1. Фотоника. – Текст : электронный / ВикипедиЯ : свободная энциклопедия :[сайт]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0 (дата обращения: 24.03.2023).

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Горленко, В. А. Научные основы биотехнологий. Часть I: Учебное пособие. Нанотехнологии в биологии / Горленко В.А., Соавт. Кутузова Н.М., Пятунина С.К. - Москва : Прометей, 2013. - 262 с. ISBN 978-5-7042-2445-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/536510 (дата обращения: 24.03.2023). – Режим доступа: по подписке.

2. Дудкина М. П. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : учебно-методическое пособие / М. П. Дудкина, Ю. В. Никитин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 61, [1] с. : табл.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223022

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Браузер Mozilla Foundation Mozilla Firefox

2 Пакет офисных приложений Microsoft Office

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	для презентации лекционного материала