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

Кафедра лазерных систем

“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
Физика оптических явлений

Образовательная программа: 16.04.01 Техническая физика, магистерская программа: Лазерные системы в науке и технике

Курс: 1, семестр : 1

Физико-технический факультет,

		Семестр
№	Вид деятельности	1
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	45
4	Лекции, час.	0
5	Практические занятия, час.	36
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0
8	из них практической подготовки, час.	18
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	7
11	Самостоятельная работа, час.	99
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	
13	Вид аттестации	Э

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 16.04.01 Техническая физика

ФГОС введен в действие приказом №699 от 02.06.2020 г. , дата утверждения: 10.07.2020 г.

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

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 16.04.01 Техническая физика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЛС, 31.08.2026

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

Заведующий кафедрой:

доцент, к.ф-м.н. Нюшков Б. Н.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Нюшков Б. Н.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-1.В/НА Способность самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных
	ПК-1.В/НА. 1 Умеет рассчитывать оптические схемы и проектировать экспериментальные установки
	ПК-1.В/НА. 4 Умеет пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики

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.В/НА. 1 Умеет рассчитывать оптические схемы и проектировать экспериментальные установки	
Владеет навыками расчета и проектирования оптических систем	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-1.В/НА. 4 Умеет пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики	
Знает основы физической оптики	Практические занятия; Самостоятельная работа
Знает основы нелинейной оптики	Практические занятия; Самостоятельная работа
Умеет пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями оптики при расчете и проектировании оптических схем	Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 1					
Дидактическая единица: Основы физической оптики					

1. Введение. Оптические явления на границе раздела сред	2	1	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: Уравнения Максвелла, граничные условия для электромагнитного поля. Вывод законов отражения и преломления (Снеллиуса). Эффект полного внутреннего отражения (ПВО) и его применение. Условия возникновения ПВО, критический угол. Применение в волоконной оптике и волоконных лазерах. Вывод формул Френеля для s- и p-поляризаций. Угол Брюстера. Отражение при нормальном падении. Дисперсионная зависимость оптических материалов. Дисперсионные уравнения Селлмейера.
4. Интерференция света.	2	1	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: Определение интерференции, волновая природа света. Условия наблюдения оптического явления. Интерферометр Майкельсона. Принцип работы и применения. Получение колец и полос. Измерение длины волны. Основы Фурье-спектроскопии, примеры использования явления в оптических измирительных приборах (схема Varian 660-IR). Интерферометры Маха-Цендера и Фабри-Перо. Схема и применение интерферометра Маха-Цендера (контроль газовых потоков, качества поверхностей). Эталон Фабри-Перо: многолучевая интерференция, резкость, разрешающая способность. Практика применения эталона Фабри-Перо в лазерах. Способы перестройки длины волны при помощи эталона Фабри-Перо.

5. Дифракция света.	2	1	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция на щелях и отверстии. Дифракционные решетки, их виды. Объемные брэгговские решетки (ОБР/VBG) и их виды. Расчет ширины полосы отражения (зависимость от толщины и числа периодов). Практика применения VBG в лазерах. Способы перестройки длины волны при помощи VBG. Монохроматоры и спектральные приборы.
6. Поглощение света.	2	1	0	ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: Закон Бугера-Ламберта-Бера. Явление поглощения. Спектры поглощения. Собственное и примесное поглощение. Собственное поглощение (ширина запрещенной зоны, фононное поглощение). Примесное поглощение (ионы переходных металлов и РЗЭ, дефекты). Центры окраски. Лазеры на центрах окраски (ЛЦО). Основы лазерной физики. Спонтанное и вынужденное излучение. Спонтанное излучение (коэффициент Эйнштейна A21, время жизни). Поглощение фотона (сечение поглощения B12). Вынужденное излучение (B21, когерентность, усиление).

8. ИК-спектроскопия.	2	1	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: Колебательные спектры молекул. Виды колебаний. Характеристические частоты. Базы данных (NIST). Моделирование спектров (spectra.iao.ru). Оптико-акустическая спектроскопия (ОАС). Принцип и применение. ОАС в газоанализе. Виды ОА детекторов. Примеры применения ОАД. Лидарные системы. Метод дифференциального поглощения (DIAL). Применение: мониторинг озона, парниковых газов. Виды фотодетекторов для лидарных систем.
Дидактическая единица: Оптические покрытия и материалы					
2. Оптические покрытия.	2	1	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: Виды оптических покрытий. Металлические покрытия. Диэлектрические интерференционные покрытия. Просветляющие покрытия (AR). Высокоотражающие зеркала (HR). Методы нанесения. Оптические потери и механические напряжения. Проблема механических напряжений (деформация, трещины, выбор материалов). Угловые и поляризационные эффекты покрытий. Сдвиг спектральных характеристик при наклонном падении (AOI).
3. Материалы для оптических элементов и просветляющих покрытий.	2	1	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: Оптические материалы ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов, их оптические, механические и термо-физические свойства.

9. Явление оптического пробоя. Лучевая стойкость оптических материалов.	2	1	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: История открытия оптического пробоя. Определение лазерно-индуцированного повреждения (LID) по ISO. Необратимость, морфология повреждений (плавление, трещины, испарение, расслаивание). Дефекты оптических материалов и их роль в инициировании пробоя. Поверхностные и подповерхностные дефекты (царапины, трещины, загрязнения). Слои материалов и наличие дефектов после шлифовки и полировки. Влияние дефектов на снижение LIDT. Типы дефектов кристаллической структуры. Точечные дефекты (вакансии, межузельные атомы, примеси), линейные дефекты (дислокации), двумерные (границы зерен), объемные (поры, включения). Влияние дислокаций на кластеризацию дефектов. Методы исследования дефектов. Выявление дислокаций, напряжений, сегрегаций примесей.

10. Методы исследования лучевой стойкости материалов.	2	1	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: Поверхностный и объемный оптический пробой. Сравнение порогов поверхностного и объемного пробоя. Роль технологии полировки. Механизмы оптического пробоя в объеме кристаллов. Зависимость от длительности импульса. Диэлектрический пробой. Термически индуцированное повреждение (нагрев дефектов). Влияние дислокаций и примесей. Зависимость LIDT от параметров лазерного излучения. Различие между наносекундными, пикосекундными и фемтосекундными режимами. Временная форма импульса (многомодовый режим ? горячие точки). Эффекты накопления (усталость материала). Непрерывный режим. Методы измерения порога лазерного повреждения (LIDT). Стандарты ISO. Протоколы тестирования: 1-on-1, S-on-1, R-on-1, Pass/Fail. Способы повышения лучевой стойкости оптических материалов. Лазерная закалка поверхности, химическое травление (удаление подповерхностных повреждений), ионно-лучевое травление, плазменное травление. Удаление загрязнений.
Дидактическая единица: Основы нелинейной оптики					
7. Нелинейное поглощение.	2	1	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: N-фотонное поглощение. Просветление. Нарушение закона Бугера при высоких интенсивностях. Многофотонное поглощение (2PA, 3PA). Эффект просветления (насыщение поглощения). Методы исследования нелинейного поглощения.

11. Введение в нелинейную оптику.	4	2	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: Материальные уравнения. История возникновения нелинейной оптики. Зависимость поляризации от поля. Линейная и нелинейные восприимчивости. Квадратичная и кубическая нелинейности. Волновое уравнение в нелинейной среде. Трехчастотное взаимодействие. Вывод волнового уравнения. Генерация комбинационных частот. Обогащение спектра. Условия фазового синхронизма (ФС). Анизотропия и двулучепреломление. Классификация кристаллов. Изотропные, анизотропные среды. Одноосные и двухосные кристаллы. Фазовый синхронизм в одноосных кристаллах. Расчет угла синхронизма. Дисперсионные уравнения Селлмейера. Фазовый синхронизм в двухосных кристаллах.
12. Генерация оптических гармоник.	4	2	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: Тензор квадратичной нелинейности. Расчет эффективного коэффициента нелинейности для разных типов взаимодействия и классов симметрии. Генерация второй гармоники (ГВГ). Первый эксперимент Франкена (1961). Примеры высокоэффективной ГВГ. Генерация третьей и четвертой гармоники.

13. Параметрическая генерация света.	4	2	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: Параметрическая генерация света (ПГС/ОРО). История и принципы. Первая демонстрация (1965 г). Режимы работы параметрических преобразователей частоты. Параметрическая люминесценция, параметрическая генерация света, параметрическое усиление света, генерация разностной частоты. Однорезонаторные (SRO) и двухрезонаторные (DRO) схемы. Квазисинхронизм (QPM). Кристаллы с регулярной доменной структурой. Преимущества квазисинхронизма. Виды конфигураций регулярных доменных структур.
14. Практические схемы параметрических генераторов света	4	2	0	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	Рассматриваем: Практические схемы ПГС. Задающие генераторы (инжекция). Двухпроходные и однопроходные схемы. Кольцевые резонаторы. Каскадные ПГС. Методы уменьшения ширины линии излучения. Методы перестройки длины волны. Применение.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Введение. Оптические явления на границе раздела сред	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение типовых задач
2	Интерференция света.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет оптических схем интерферометров и их характеристик.
3	Дифракция света.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет оптических схем с дифракционными решетками.
4	Поглощение света.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение типовых задач.
5	ИК-спектроскопия.	Пр	Выполняет следующие виды работ: моделирование и построение спектров. Расчет схем оптико-акучтических детекторов и лидарных систем.

6	Оптические покрытия.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет параметров излучения при отражении и прохождении оптических покрытий.
7	Материалы для оптических элементов и просветляющих покрытий.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет оптических покрытий.
8	Явление оптического пробоя. Лучевая стойкость оптических материалов.	Пр	Выполняет следующие виды работ: проектирование схем для исследования дефектов.
9	Методы исследования лучевой стойкости материалов.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет порога оптического пробоя
10	Нелинейное поглощение.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет оптических схем для исследования нелинейного поглощения.
11	Введение в нелинейную оптику.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет условий фазового синхронизма
12	Генерация оптических гармоник.	Пр	Выполняет следующие виды работ: проектирование оптических схем для генерации оптических гармоник.
13	Параметрическая генерация света.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение типовых задач.
14	Практические схемы параметрических генераторов света	Пр	Выполняет следующие виды работ: проектирование схем параметрических генераторов света

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	Подготовка к занятиям	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	79	5
Изучение рассмотренной ранее темы: Суханов И. И. Физика - Оптика - Программируемый контроль знаний [Электронный ресурс] : контролирующие материалы / И. И. Суханов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000222610. - Загл. с экрана.				
2	Подготовка к аттестации	ПК-1.В/НА.1,ПК-1.В/НА.4	20	2
Повторение изученного материала: Суханов И. И. Физика - Оптика - Программируемый контроль знаний [Электронный ресурс] : контролирующие материалы / И. И. Суханов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000222610. - Загл. с экрана.				

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
Консультирование	e-mail
Контроль	e-mail
Размещение учебных материалов	ЭБС

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: 1		
Подготовка к занятиям:	20	40
Практические занятия:	10	20
Экзамен:	20	40

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

Таблица 4.2

Коды компетенций	**Индикаторы достижения компетенций**	**Формы контроля**	
			Экзамен
ПК-1.В/НА	ПК-1.В/НА 1. Умеет рассчитывать оптические схемы и проектировать экспериментальные установки		+
	ПК-1.В/НА 4. Умеет пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики		+

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

5. Литература

Основная литература

1. Березин Н. Ю. Физика. Электромагнетизм. Колебания и волны. Волновая оптика. Квантовая оптика : учебное пособие / Н. Ю. Березин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2024.- 107, [2] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=227058

2. Калитеевский, Н. И. Волновая оптика : учебник для вузов / Н. И. Калитеевский. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 468 с. — ISBN 978-5-507-52266-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/445241 (дата обращения: 05.11.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Беспрозванных, В. Г. Нелинейная оптика : учебное пособие / В. Г. Беспрозванных, В. П. Первадчук. — Пермь : ПНИПУ, 2011. — 200 с. — ISBN 978-5-398-00574-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160303 (дата обращения: 05.11.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Жукова, В. А. Молекулярная спектроскопия : учебное пособие / В. А. Жукова, Е. В. Воробьева, В. И. Никонов. — Самара : Самарский университет, 2024. — 208 с. — ISBN 978-5-7883-2097-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/480494 (дата обращения: 05.11.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Бакланов Е. В. Основы лазерной физики : [учебник] / Е. В. Бакланов.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.- 130 с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236946

Интернет-ресурсы

1. Мишура, Т. П. Проектирование лазерных систем: учебное пособие/ Т. П. Мишура, О. Ю. Платонов. – Санкт-Петербург, 2006. – 98 с. – URL: http://window.edu.ru/resource/059/45059/files/platonov_mishura.pdf (дата обращения: 02.06.2021). – Текст : электронный.

2. Тарасевич, Б. Н. ИК спектры основных классов органических соединений : справочные материалы / Б. Н. Тарасевич. – Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2012. – URL: http://www.chem.msu.su/rus/teaching/tarasevich/Tarasevich_IR_tables_29-02-2012.pdf (дата обращения: 02.06.2021). – Текст : электронный.

3. Koechner W. Solid state laser engineering [Electronic resource] / W. Koechner. – 6-th, rev. and updated ed. – New York : Springer-Verlag, 2006. – 750 p. – (Optical sciences). – Mode of access: http://books.google.com/books?id=0R7EzFKC0eQC&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false. – Title from title screen.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Суханов И. И. Физика - Оптика - Программируемый контроль знаний [Электронный ресурс] : контролирующие материалы / И. И. Суханов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000222610. - Загл. с экрана.

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Пакет офисных приложений Microsoft Office

2 Операционная система Microsoft Windows

3 программа для расчета лазерных резонаторов reZonator

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

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Презентация материала. Расчет оптических схем

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение

1	Учебная установка "Линейная оптика,дифракция и дисперсия света"	Сборка оптических схем
2	Лазер гелий-неоновый в комплекте	Сборка оптических схем. Практическое изучение работы интерферометров
3	Измеритель частот(волн) электромаг. излучения в обл. пропуск.оптовол.линий связи LSA-IR	Изучение оптических спектров
4	Оптический спектрометр LSA-VIS	Изучение оптических спектров
5	Осциллограф Agilent DS07014B	Практическое изучение работы интерферометров
6	Прецизионный интерометр Фабри-Перо	Практическое изучение работы интерферометров
7	Учебная установка "Интерферометр Майкельсона"	Сборка оптических схем. Практическое изучение работы интерферометров
8	Короб световой	Сборка оптических схем
9	Генератор сигналов (с рубидиевым ОГ) Stanford RS SG384	Практическое изучение работы интерферометров