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
Твердотельные лазеры

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

Курс: 1, семестры : 1 2

Физико-технический факультет,

		Семестр	
№	Вид деятельности	1	2
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3	3
2	Всего часов	108	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	37	39
4	Лекции, час.	14	14
5	Практические занятия, час.	14	14
6	Лабораторные занятия, час.	0	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18	18
8	из них практической подготовки, час.	14	14
9	Аттестация, час.	2	2
10	Консультации, час.	7	9
11	Самостоятельная работа, час.	71	69
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	КР	
13	Вид аттестации	З	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. 3 Умеет опредлять параметры когерентного монохроматического излучения высокой интенсивности

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

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций / Результаты обучения	Формы организации занятий
ПК-1.В/НА. 3 Умеет опредлять параметры когерентного монохроматического излучения высокой интенсивности	
об областях применения твердотельных лазеров	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
о методах расчета элементов оптических резонаторов и параметров вы ходного излу-чения твердотельных лазеров в различных режимах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
об особенностях конструирования мощных лазерных систем в различных режимах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
о методах измерения параметров выходного излучения лазеров	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
об основных эффектах при прохождении сверхкоротких импульсов через различные среды (включая дисперсионные, нелинейные, резонансные и нерезонансные)	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
о различных типах твердотельных лазеров и их особенностях	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
приближенные методы расчета параметров выходного излучения твердотельных ла-зеров в различных режимах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
основы конструирования типичных схем твердотельных лазеров в различных режи-мах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
особенности управления параметрами выходного излучения твердотельных лазеров в различных режимах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
типичные методы измерения параметров выходного излучения лазеров	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
типичные характеристики выходного излучения твердотельных лазеров (энергетиче-ские, спектральные, временные)	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
определять возможность использования конкретных типов твердотельных лазеров в интересующей его области	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
определять необходимый режим работы лазера и характеристики его излучения	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
выбирать подходящую для этого конфигурацию резонатора и оптические элементы с соответствующими характеристиками	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
теоретически оценивать основные параметры излучения лазера с выбранной конфи-гурацией	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
оценки возможности применения различных типов твердотельных лазеров в задан-ной научной или технической области и расчета необходимых для этого параметров лазеров	Лекции; Практические занятия; 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: 1					
Дидактическая единица: Основные элементы твердотельных лазеров					
1. Введение. Основные понятия, обозначения. Необходимые сведения из квантовой механики.	1	0	0	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
2. Активированные ионные кристаллы как активные лазерные среды. Схемы рабочих уровней наиболее распространенных кристаллов.	2	0	0	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
3. Активированные стекла как активные лазерные среды.	2	0	1	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
4. Кристаллы с центрами окраски как активные лазерные среды. Способы создания центров окраски и их характеристики.	2	0	1	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
5. Системы накачки твердотельных лазеров: - ламповая; - лазерная, включая полупроводниковую; - другие виды накачек.	2	0	1	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
6. Системы охлаждения активных элементов твердотельных лазеров.	1	0	1	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
7. Резонаторы твердотельных лазеров: общие сведения; устойчивые резонаторы; неустойчивые резонаторы; резонаторы с вращением поля, непланарные резонаторы; кольцевой резонатор.	2	0	0	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
8. Однопроходные усилители. Усилительные каскады мощных твердотельных лазерных систем.	2	0	0	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Параметры излучения и методы их измерения					
9. Режим свободной генерации твердотельных лазеров. Энергетические и временные характеристики излучения.	2	0	2	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала

10. Режим генерации с модуляцией добротности. Характеристики излучения твердотельных лазеров с модуляцией добротности. Методы управления параметрами излучения.	1	0	0	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
11. Типы модуляторов добротности, их основные характеристики.	1	0	1	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
12. Режим синхронизации мод: - принципы и способы синхронизации мод; типичные схемы лазеров с синхронизацией мод и усилителей; - измерение параметров импульсов; - особенности применения лазеров фемтосекундного диапазона.	2	0	0	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
Дидактическая единица: Прохождение лазерного излучения через вещество					
13. Прохождение сверхкоротких импульсов через резонансные среды.	2	0	1	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
Дидактическая единица: Типы твердотельных лазеров и режимы генерации					
14. Полупроводниковые лазеры: - принцип действия, - гомо- и гетероструктуры для полупроводниковых лазеров.	2	0	0	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
15. Волоконная оптика: - волоконные моды, - волоконные лазеры.	2	0	0	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала
16. Лазеры на нелинейных эффектах: - ВКР, - ВРМБ, - параметрические генераторы.	2	0	0	ПК-1.В/НА.3	Обсуждение материала

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 1					
Дидактическая единица: Основные элементы твердотельных лазеров					
1. Резонаторы: общие сведения; устойчивые резонаторы; неустойчивые резонаторы; резонаторы с вращением поля, непланарные резонаторы; кольцевой резонатор.	2	2	2	ПК-1.В/НА.3	Расчет резонаторов
5. Свойства однопроходных усилителей.	2	2	2	ПК-1.В/НА.3	Расчет усилителей
Дидактическая единица: Параметры излучения и методы их измерения					

2. Методы селекции мод: - селекторы; - селекция поперечных мод; - селекция продольных мод.	2	2	2	ПК-1.В/НА.3	Решение типовых задач
3. Вывод балансных уравнений для населенностей (3-х и 4-х уровневые схемы, инверсия, интенсивность насыщения).	2	2	2	ПК-1.В/НА.3	Вывод уравнений
4. Вывод уравнений переноса энергии. Скоростные уравнения.	2	2	2	ПК-1.В/НА.3	Вывод уравнений
6. Режим свободной генерации. Расчет оптимальных характеристик лазерных элементов.	4	4	4	ПК-1.В/НА.3	Введение. Основные понятия, обозначения. Необходимые сведения из квантовой механики.
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Параметры излучения и методы их измерения					
7. Режим генерации с модуляцией добротности. Расчет оптимальных характеристик лазерных элементов. Управление параметрами излучения.	2	2	2	ПК-1.В/НА.3	Расчет характеристик лазера
8. Режим генерации с синхронизацией мод: - фазовая модуляция импульсов; - распространение импульсов через различные среды (нерезонансные и непоглощающие);	4	4	4	ПК-1.В/НА.3	Расчет характеристик лазера
Дидактическая единица: Прохождение лазерного излучения через вещество					
11. Лазеры на нелинейных эффектах: - ВКР, - ВРМБ, - параметрические генераторы.	4	4	4	ПК-1.В/НА.3	Расчет характеристик лазера
Дидактическая единица: Типы твердотельных лазеров и режимы генерации					
9. Полупроводниковые лазеры: - основные характеристики, - методы управления и режимы работы.	2	2	2	ПК-1.В/НА.3	Расчет характеристик лазера
10. Волоконная оптика: - распространение излучения, - нелинейная волоконная оптика.	2	2	2	ПК-1.В/НА.3	Решение типовых задач

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Резонаторы: общие сведения; устойчивые резонаторы; неустойчивые резонаторы; резонаторы с вращением поля, непланарные резонаторы; кольцевой резонатор.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет резонаторов

2	Свойства однопроходных усилителей.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет усилителей
3	Методы селекции мод: - селекторы; - селекция поперечных мод; - селекция продольных мод.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение типовых задач
4	Вывод балансных уравнений для населенностей (3-х и 4-х уровневые схемы, инверсия, интенсивность насыщения).	Пр	Выполняет следующие виды работ: вывод уравнений
5	Вывод уравнений переноса энергии. Скоростные уравнения.	Пр	Выполняет следующие виды работ: вывод уравнений
6	Режим свободной генерации. Расчет оптимальных характеристик лазерных элементов.	Пр	Выполняет следующие виды работ: вывод уравнений
7	Режим генерации с модуляцией добротности. Расчет оптимальных характеристик лазерных элементов. Управление параметрами излучения.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет характеристик лазера
8	Режим генерации с синхронизацией мод: - фазовая модуляция импульсов; - распространение импульсов через различные среды (нерезонансные и непоглощающие);	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет характеристик лазера
9	Лазеры на нелинейных эффектах: - ВКР, - ВРМБ, - параметрические генераторы.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет характеристик лазера
10	Полупроводниковые лазеры: - основные характеристики, - методы управления и режимы работы.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет характеристик лазера
11	Волоконная оптика: - распространение излучения, - нелинейная волоконная оптика.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение типовых задач

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	Курсовая работа	ПК-1.В/НА.3	31	3
Цель работы - уметь самостоятельно разобраться с новой темой. Предлагается на выбор ряд тем, которые или не рассматривались в лекциях, или представляют собой более углубленное изучение рассмотренных на лекциях тем. Студент может предложить свою тему. Выбор тем происходит в начале семестра. Студент должен самостоятельно разобраться с выбранной темой и написать курсовую работу. Возможны неоднозначные решения. Объем курсовых работ 10-20 рукописных страниц. Студенты, тема практики у которых связана с исследованием или разработкой твердотельных лазеров, пишут отчет по своей работе. Курсовая работа оценивается как дифференциальный зачет. Типичные предлагаемые темы курсовых работ: 1. Рассчитать аналитически матричным методом симметричный Z-образный резонатор титанового лазера. Элемент из Ti:Al2O3: длина - 10 мм, = 0,8 мкм; полная длина резонатора L=150 см; радиус кривизны сферических зеркал R=100 мм. Рассчитать параметры пучка в центре активного элемента и на зеркалах, компенсацию астигматизма, зону устойчи: Грибанов, А. В. Нелинейная оптика и твердотельные лазеры : учебно-методическое пособие / А. В. Грибанов, И. Н. Карманов, А. С. Сырнева. — Новосибирск : СГУГиТ, 2024. — 54 с. — ISBN 978-5-907513-81-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/484943 (дата обращения: 11.09.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
2	Подготовка к занятиям	ПК-1.В/НА.3	20	0

Изучение тем, рассмотренных на лекциях: Грибанов, А. В. Нелинейная оптика и твердотельные лазеры : учебно-методическое пособие / А. В. Грибанов, И. Н. Карманов, А. С. Сырнева. — Новосибирск : СГУГиТ, 2024. — 54 с. — ISBN 978-5-907513-81-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/484943 (дата обращения: 11.09.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
3	Подготовка к аттестации	ПК-1.В/НА.3	20	4
Повторение теоретического материала: Грибанов, А. В. Нелинейная оптика и твердотельные лазеры : учебно-методическое пособие / А. В. Грибанов, И. Н. Карманов, А. С. Сырнева. — Новосибирск : СГУГиТ, 2024. — 54 с. — ISBN 978-5-907513-81-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/484943 (дата обращения: 11.09.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
Семестр: 2				
1	Подготовка к занятиям	ПК-1.В/НА.3	36	5
Изучение тем, рассмотренныъ на лекциях: Грибанов, А. В. Нелинейная оптика и твердотельные лазеры : учебно-методическое пособие / А. В. Грибанов, И. Н. Карманов, А. С. Сырнева. — Новосибирск : СГУГиТ, 2024. — 54 с. — ISBN 978-5-907513-81-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/484943 (дата обращения: 11.09.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
2	Подготовка к аттестации	ПК-1.В/НА.3	33	4
Повторение теоретического материала: Грибанов, А. В. Нелинейная оптика и твердотельные лазеры : учебно-методическое пособие / А. В. Грибанов, И. Н. Карманов, А. С. Сырнева. — Новосибирск : СГУГиТ, 2024. — 54 с. — ISBN 978-5-907513-81-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/484943 (дата обращения: 11.09.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				

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
Размещение учебных материалов	ЭБС

Таблица 3.5

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Метод проектов	ПК-1.В/НА
Формируемые умения: 3. Умеет опредлять параметры когерентного монохроматического излучения высокой интенсивности		
Краткое описание применения:		

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		
Практические занятия:	30	80
Курсовая работа:	0	
Зачет:	10	20
Зачет:	10	20
Семестр: 2		
Практические занятия:	30	80
Зачет:	10	20
Зачет:	10	20

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

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля	
		Защита КП/КР	Зачет
ПК-1.В/НА	ПК-1.В/НА 3. Умеет опредлять параметры когерентного монохроматического излучения высокой интенсивности	+	+

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

5. Литература

Основная литература

1. Борейшо, А. С. Лазеры: устройство и действие : учебное пособие для вузов / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 304 с. — ISBN 978-5-507-55260-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/523544 (дата обращения: 11.09.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Никитенко, А. Г. Физика. Квантовая оптика. Лазеры, принцип действия, устройство и применение : учебное пособие / А. Г. Никитенко, А. А. Черненко. — Новосибирск : СГУВТ, 2023. — 87 с. — ISBN 978-5-8119-0973-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/491453 (дата обращения: 11.09.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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. Головань, Л. А. Измерение длительности фемтосекундных лазерных импульсов : учебно-методическое пособие / Л. А. Головань, С. В. Заботнов Москва, 2014. – 32 с. – URL: http://vega.phys.msu.ru/files/phys/books/Posobie_Golovan_Zabotnov.pdf (дата обращения: 02.06.2021). – Текст : электронный.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Грибанов, А. В. Нелинейная оптика и твердотельные лазеры : учебно-методическое пособие / А. В. Грибанов, И. Н. Карманов, А. С. Сырнева. — Новосибирск : СГУГиТ, 2024. — 54 с. — ISBN 978-5-907513-81-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/484943 (дата обращения: 11.09.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Пакет офисных приложений Microsoft Office

2 Пакет офисных приложений Microsoft Office

3 Операционная система Microsoft Windows

4 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

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet