

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра квантовой оптики**



Рабочая программа дисциплины

ФИЗИКА ЛАЗЕРОВ 2

направление подготовки: **03.03.02 Физика**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	72	25	11		14	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 40 часов										
Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу
д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	3
3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	5
5. Перечень учебной литературы.	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	8

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Физика лазеров 2» представляет собой курс по физике лазеров, предназначенный для обучения студентов-физиков, специализирующихся в области квантовой оптики.

Целью освоения курса является ознакомление студентов с 1) основными типами лазеров; 2) временными характеристиками лазерного излучения; 3) методами оперативного управления лазерными пучками и генерации импульсного излучения.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p>ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>Знать основные активные среды лазеров, понятие модуляции полезных и вредных потерь в резонаторах лазеров, понятие модового состава излучения и синхронизации мод; простейшие модели импульсной лазерной генерации, основы оптики, используемой для управления лазерными пучками.</p> <p>Уметь применять полученные знания при решении задач и чтении оригинальных статей как по самим лазерам, так и по их применению.</p> <p>Владеть навыками расчёта генерации импульсов при модуляции добротности лазерных резонаторов, навыками самостоятельной работы со специализированной литературой по лазерной физике.</p>

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекционного курса увязывается с современными исследованиями в области физики лазеров и техники эксперимента. Все практические занятия проводятся в интерактивной форме. Материал курса увязывается с общефизическими и математическими дисциплинами, изучаемыми студентами-физиками (электродинамика, функциональный анализ и т.д.) и спецкурсами, параллельно изучающимися по данной специальности (оптические измерения, спектроскопия, физическая оптика).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физика лазеров 2» реализуется в осеннем семестре 4-го курса бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин, реализуемых кафедрой квантовой оптики. Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по таким физическим дисциплинам как общая физика, основы электромагнитной теории света и квантовая механика. Обеспечена логическая

связь «Физики лазеров» с другими курсами, преподаваемыми на кафедре: «Физическая оптика», «Оптические измерения» и «Нелинейная спектроскопия». Курс предназначен для бакалавров, область будущей профессиональной деятельности которых включает:

- разработку, исследование, модификацию и применение лазерных систем, а также устройств для управления ими;
- научные и технологические разработки в области лазерных систем и квантовой оптики;
- научные исследования, метрология и производственная деятельность с использованием лазерного излучения;
- исследования процессов взаимодействия оптического излучения с веществом;
- научная, техническая, технологическая и инженерная деятельность в области квантовой и нелинейной оптики, а также оптоэлектроники.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	72	25	11		14	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 40 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: выборочный опрос;
- итоговая аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 25 часов;
- практические занятия – 11 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 14 часов;
- итоговая аттестация (подготовка к сдаче экзамена, групповые консультации, сдача экзамена) – 22 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 40 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Физика лазеров 2» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 4-м курсе физического факультета НГУ в 7 семестре. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Временные характеристики лазерного излучения	1-2	8	3	2	3	
2.	Методы оперативного управления лазерным пучком	3-5	9	5	2	2	
3.	Лазеры с модуляцией вредных и полезных потерь	6-7	7	3	2	2	
4.	Твердотельные лазеры с оптической накачкой	8-10	9	5	2	2	
5.	Газовые лазеры	11-12	6	3	1	2	
6.	Лазеры, перестраиваемые в большом диапазоне	13-16	11	6	2	3	
7.	Самостоятельная работа в период подготовки к промежуточной аттестации		18				18
8	Консультации		2				2
8.	Экзамен		2				2
Всего			72	25	11	14	22

Программа и основное содержание лекций (25 часов)

Раздел 1. Временные характеристики лазерного излучения (3 часа)

Многочастотная генерация со случайными фазами. Многочастотная генерация с синхронизованными фазами. Радиочастотный спектр генерации лазеров. Оценка геометрической длины импульса. Понятие гармонической синхронизации мод.

Раздел 2. Методы оперативного управления лазерным пучком (5 часов)

Электродооптические модуляторы. Акустооптические модуляторы.

Раздел 3. Лазеры с модуляцией вредных и полезных потерь (3 часа)

Моделирование генерации гигантских импульсов в лазерах с активной модуляцией добротности. Схемы лазеров с активной модуляцией потерь. Лазеры с пассивной модуляцией добротности.

Раздел 4. Твердотельные лазеры с оптической накачкой (5 часов)

Рубиновый и неодимовый лазеры с ламповой накачкой. Неодимовый лазер с диодной накачкой. Иттербиевый лазер с диодной накачкой.

Раздел 5. Газовые лазеры (3 часа)

He:Ne-лазер. Схема переходов. Провал Лэмба. Стабилизация длины волны по йодной ячейке. CO₂-лазер. Ионный аргоновый лазер.

Раздел 6. Лазеры, перестраиваемые в большом диапазоне (6 часов)

Лазеры на органических красителях. Титан-сапфировые лазеры. Полупроводниковые усилители. Устройство резонатора. Методы перестройки частоты.

Программа практических занятий (11 часов)

Занятие 1. Генерация мод с синхронизованными и случайными фазами. (2 часа)

Занятие 2. Электрооптическая и акустооптическая модуляция света. (2 часа)

Занятие 3. Генерация гигантских импульсов при мгновенном включении добротности. (2 часа)

Занятие 4. Усиление в твердотельных лазерах с оптической накачкой. (2 часа)

Занятие 5. Провал Лэмба при перестройке частоты газовых лазеров. (1 час)

Занятие 6. Селекция мод в лазерах с широким спектром усиления. (2 часа)

Самостоятельная работа студентов (32 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	7
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	7
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. М.: Мир, 1986.
2. Справочник по лазерам. Под ред. Прохорова А.М. М.: Сов. Радио, 1978.
3. Ландсберг Г.С. Оптика. Наука, 1976, гл 11
4. Раутиан С.Г., Смирнов Г.И., Шалагин А.М. Нелинейные резонансы в спектрах атомов и молекул, Изд. «Наука», Сибирское Отделение, 1979.
5. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М.: Наука, 1991.

5.2. Дополнительная литература

1. Летохов В.С., Чеботаев В.П. Нелинейная лазерная спектроскопия сверхвысокого разрешения, Изд. «Наука», Москва, 1990.
2. Аллен Л., Джонс Д. Основы физики газовых лазеров. М.: Наука, 1971.
3. Ищенко Е.Ф., Елимков Ю.М. Оптические квантовые генераторы. М.: Сов. Радио, 1968.
4. Донин В.И. Мощные ионные газовые лазеры. Новосибирск: Наука, 1991.
5. Витteman В. СО-лазер. М.: Мир, 1990.
6. Бетеров И.М. Физика лазеров. Изд-во НГУ, 1980.

7. Мэйтленд А., Данн М. Введение в физику лазеров. М.: Наука, 1978.
8. Звелто О. Принципы лазеров. М.: Мир, 1990.
9. Ищенко Е.Ф. Открытые оптические резонаторы. М.: Сов. Радио, 1980.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

1. Мешков И.Н., Чириков Б.В. Электромагнитное поле. Ч. 2: Электромагнитные волны и оптика. Новосибирск: наука. Сиб. Отд-ние, 1987.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Физика лазеров 2» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Дистанционная реализация дисциплины осуществляется с применением электронного обучения по электронной почте с использованием официальных аккаунтов НГУ на домене g.nsu.ru. Зачет принимается с использованием сервиса видеоконференций Google Meet.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области физики лазеров в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете. Зачет проводится в конце семестра в зачетную неделю по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	Знать основные активные среды лазеров, понятие модуляции полезных и вредных потерь в резонаторах лазеров, понятие модового состава излучения и синхронизации мод; простейшие модели импульсной лазерной генерации, основы оптики, используемой для управления лазерными пучками.	Проведение опроса, зачет.

ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области	Уметь применять полученные знания при решении задач и чтении оригинальных статей как по самим лазерам, так и по их применению.	Проведение опроса, зачет.
ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	Владеть навыками расчёта генерации импульсов при модуляции добротности лазерных резонаторов, навыками самостоятельной работы со специализированной литературой по лазерной физике.	Проведение опроса, зачет.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Физика лазеров 2».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примерные вопросы на экзамен

1. Генерация многочастотного излучения. Влияние фаз мод на временную зависимость мощности генерации
2. геометрическая длина импульса. Гармоническая синхронизация мод.
3. Основные методы оперативного управления пучком лазера
4. Электрооптическая модуляция излучения
5. Акустооптическая модуляция излучения
6. Моделирование генерации гигантских импульсов в лазерах с быстрой модуляцией добротности
7. Схемы лазеров с модуляцией полезных и вредных потерь.
8. Твердотельные лазеры с ламповой накачкой
9. Твердотельные неодимовый и иттербиевый лазеры с диодной накачкой
10. He:Ne-лазер. Схема уровней. Провал Лэмба.
11. CO₂ и ионный аргоновый лазеры.
12. Ti:Sa-лазеры и лазеры на органических красителях.
13. Полупроводниковые лазеры.
14. Одночастотные лазеры.

Пример экзаменационного билета

1. Полуклассическая модель взаимодействия излучения с веществом.
2. Распространение гауссовых пучков в пустом пространстве.
3. He-Ne лазер. Схема рабочих уровней, механизм образования инверсии, спектр излучения.

Форма экзаменационного билета представлена на рисунке

МИНОБРНАУКИ РОССИИ	
<i>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</i>	
<i>Физический факультет</i>	
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____	
1.	
2.	
3.	
Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/ (подпись)	
« _____ » _____ 20 _____ г.	

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Физика лазеров 2»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного