

**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 1

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
6	36	16	8		10			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 26 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 1» представляет собой начальный курс по физике лазеров, предназначенный для обучения студентов-физиков, специализирующихся в области квантовой оптики.

Целью освоения курса является ознакомление студентов с 1) основными понятиями физики лазеров; 2) оптикой параксиальных лучей и гауссовых пучков; 3) устройством и свойствами оптических резонаторов; 4) некоторыми элементами генерации второй гармоники; 5) начальными сведениями о динамике процессов в лазерах.

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 принципы возникновения лазерной генерации, понятие порога лазерной генерации, понятие модового состава излучения лазера; простейшие модели непрерывной и импульсной лазерной генерации, основы оптики лазерных резонаторов.</p> <p>Уметь применять полученные знания при решении задач и чтении оригинальных статей по лазерной физике.</p> <p>Владеть навыками расчёта устойчивости лазерных резонаторов и их настройки, 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 1» реализуется в весеннем семестре 3-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
6	36	16	8		10			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 26 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, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: выборочный опрос;
- промежуточная аттестация: зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетную единицу.

- занятия лекционного типа – 16 часов;
 - практические занятия – 8 часов;
 - самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 10 часов;
 - промежуточная аттестация (групповые консультации, подготовка, сдача зачета) – 2 часа.
- Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, зачёт) составляет 26 часов.

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

Дисциплина «Физика лазеров 1» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 3-м курсе физического факультета НГУ в 6 семестре. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 1 зачётную единицу, 36 академических часов.

№ 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.	Введение. Основные понятия физики лазеров	1-3	7	4	1	2	
2	Оптика параксиальных лучей и гауссовых пучков	4-6	6	3	2	2	
3	Оптические резонаторы	7-9	7	3	2	2	.
4	Элементы генерации второй гармоники	10-12	7	3	2	2	
5.	Начала динамики процессов в лазере	13-16	6	3	1	2	
7.	Зачет	17	2				2
Всего			36	16	8	10	2

Программа и основное содержание лекций (16 часов)

Раздел 1. Основные понятия физики лазеров (4 часа)

Простая модель лазера. Плоская электромагнитная волна. Модель Эйнштейна. Усиление и поглощение излучения, Насыщение усиления и мощность генерации в лазере.

Раздел 2. Оптика параксиальных лучей и гауссовых пучков (3 часа)

Параметры гауссовых пучков. Выражение для распределения поля в пучке. Многомодовые пучки. Матрица перехода. Преобразование гауссова пучка оптической системой (Закон ABCD. Преобразование пучка тонкой линзой). Линзовый световод и понятие устойчивости оптического резонатора. Самосогласованный метод нахождения параметров гауссова пучка в резонаторе.

Раздел 3. Оптические резонаторы (3 часа)

Пороговое усиление и частота генерации в холодном резонаторе. Связанные лазерные резонаторы (Сложные зеркала и их отражательные характеристики). Согласование связанных резонаторов (Согласование поперечных размеров мод. Селекция мод в лазере с эталоном и пленкой Троицкого). Метод интегрального уравнения для открытых резонаторов (Число Френеля. Дифракционные потери в лазере)

Раздел 4. Элементы генерации второй гармоники (3 часа)

Внерезонаторная генерация второй гармоники (ГВГ) за один проход. ГВГ во внешнем резонаторе. Коэффициент увеличения мощности основной гармоники в пассивном режиме и с ГВГ. Влияние согласования поперечных мод на увеличение мощности. Методы стабилизации длины внешнего резонатора (по максимуму, метод Hänsch и Couillaud). Внутррезонаторное удвоение частоты (мощность ГВГ, понятие эффективности ГВГ при внутррезонаторном удвоении).

Раздел 5. Начала динамики процессов в лазере (3 часа)

Режим свободной генерации. Балансные уравнения. Трехуровневая и четырехуровневая лазерные системы. Скоростные уравнения. Релаксационные колебания.

Программа практических занятий (8 часов)

Занятие 1. Насыщение усиления и мощность генерации в лазере. **(1 час)**

Занятие 2. Матричный метод расчета резонатора. **(1 час)**

Занятие 3. Параметры гауссова пучка. **(1 час)**

Занятие 4. Составные зеркала и их отражательные характеристики. **(1 час)**

Занятие 5. Селекция мод в резонаторе с эталоном и поглощающей пленкой. **(1 час)**

Занятие 6. Увеличение мощности во внешнем резонаторе. **(1 час)**

Занятие 7. Понятие эффективности ГВГ при внутррезонаторном удвоении частоты. **(1 час)**

Занятие 8. Релаксационные колебания в режиме свободной генерации. **(1 час)**

Самостоятельная работа студентов (10 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	5
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	5

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 1» 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. Зачет ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня.

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 принципы возникновения лазерной генерации, понятие порога лазерной генерации, понятие модового состава излучения лазера; простейшие модели непрерывной и импульсной лазерной генерации, основы оптики лазерных резонаторов.	Проведение контрольных работ, 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 по лазерной физике.	Проведение контрольных работ, 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 устойчивости лазерных резонаторов и их настройки, навыками самостоятельной работы со специализированной литературой по лазерной физике.	Проведение контрольных работ, зачет.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Физика лазеров 1».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
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

Примеры вопросов на зачет

1. Связь между коэффициентами Эйнштейна. Вероятность вынужденных переходов.
2. Насыщение усиления и генерация
3. Основные параметры гауссовых пучков Закон ABCD (вывод на конкретных примерах)
4. Линзовый световод. Устойчивость резонаторов
5. Вывод выражения на поле для гауссовых пучков
6. Закон ABCD и преобразование гауссова пучка тонкой линзой
7. Самосогласованный метод определения параметров гауссовых пучков в резонаторе. Частота генерации лазера в холодном резонаторе.
8. Число Френеля. Метод интегрального уравнения. Дифракционные потери
9. Увеличение мощности во внешнем резонаторе в пассивном и активном режимах (ГВГ)
10. Методы стабилизации длины внешнего резонатора
11. Внутррезонаторная ГВГ. Понятие об эффективности внутррезонаторной ГВГ.
12. Согласование мод в связанных резонаторах (продольные и поперечные моды)

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 1»
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