

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



Согласовано, декан ФФ
 Блинов В.Е.

«09»

11

2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
(кандидатский экзамен по специальности)
ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА

Научная специальность: 1.3 Физические науки

Направленность (профиль): Лазерная 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 в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
По выбору	72	16	16			38				2	
	108	16	16			54	18	2			2
ИТОГО	180	32	32			92	18	2		2	2

Всего 180 часов / 5 зачетных единиц, в т.ч. - контактная работа 70 часов

Разработчики:

к.ф-м.н., В.В. Петров

Заведующий кафедрой лазерной физики ФФ

д.ф-м. н., ак. С.Н. Багаев

Ответственный за образовательную программу:

д.ф-м. н., проф. С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Содержание

Аннотация	3
Введение	4
1. Результаты освоения дисциплины	4
2. Трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий	4
3. Содержание дисциплины	5
4. Перечень учебно-методических материалов, необходимых для изучения дисциплины (модуля)	5
5. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины (модуля)	6
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	7
7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)	7
Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины (оценочные материалы)	11

Аннотация

Рабочая программа дисциплины (кандидатский экзамен по специальности) Лазерная физика реализуется на физическом факультете как элективная дисциплина в рамках научной специальности 1.3 Физические науки Направленность (профиль) Лазерная физика и разработана в соответствии с паспортом научной специальности Лазерная физика, Порядком прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечнем и федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, сроками освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Настоящая программа нацелена на расширение кругозора исследователей в передовых направлениях современной физики и подготовку к кандидатскому экзамену по специальности "Лазерная физика".

Для начала обучения данной дисциплине необходима базовая подготовка по следующим разделам физики: электромагнетизм, квантовая механика, термодинамика, статистическая физика, молекулярная спектроскопия.

Цель курса:

- подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена в рамках научной специальности Лазерная физика.

Задачи курса:

- научить критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности;

- сформировать у аспирантов навыки культуры работы с научными литературными источниками в целях решения поставленных задач;

- развить навыки анализа полученных численных оценок, навыков их верификации по существующим данным.

Результат освоения дисциплины:

- знание профессиональных сведений о способах верификации полученных оценок при решении реальных научных задач;

- умение анализировать условия поставленной задачи и применять нужный метод решения;

- умение перестраивать подход к решению научной задачи в быстроразвивающихся областях физики и технологий;

- сдача кандидатского экзамена по специальности.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единиц (180 часов).

Форма промежуточной аттестации – кандидатский экзамен.

Введение

Рабочая программа дисциплины (кандидатский экзамен по специальности) Лазерная физика реализуется на физическом факультете как элективная дисциплина в рамках научной специальности 1.3 Физические науки Направленность (профиль) Лазерная физика и разработана в соответствии с паспортом научной специальности Лазерная физика, Порядком прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечнем, и федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, сроками освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Настоящая программа нацелена на расширение кругозора исследователей в передовых направлениях современной физики и подготовку к кандидатскому экзамену по специальности "Лазерная физика".

Для начала обучения данной дисциплине необходима базовая подготовка по следующим разделам физики: электромагнетизм, квантовая механика, термодинамика, статистическая физика, молекулярная спектроскопия.

Цель курса:

- подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена в рамках научной специальности Лазерная физика.

Задачи курса:

- научить критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности;

- сформировать у аспирантов навыки культуры работы с научными литературными источниками в целях решения поставленных задач;

- развить навыки анализа полученных численных оценок, навыков их верификации по существующим данным.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единиц (180 часов).

Форма промежуточной аттестации – кандидатский экзамен.

1. Результаты освоения дисциплины

Результат освоения дисциплины:

- знание профессиональных сведений о способах верификации полученных оценок при решении реальных научных задач;

- умение анализировать условия поставленной задачи и применять нужный метод решения;

- умение перестраивать подход к решению научной задачи в быстроразвивающихся областях физики и технологий

- сдача кандидатского экзамена по специальности.

2. Трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий

Трудоемкость дисциплины – 5 з.е. (180 ч)

Форма промежуточной аттестации: кандидатский экзамен

№	Вид деятельности	Количество часов
1.	Лекции, ч	32
2.	Практические занятия, ч	32
3.	Занятия в контактной форме, ч	70

	из них	
4.	аудиторных занятий, ч	64
5.	в электронной форме, ч	
6.	консультаций, час.	2
7.	промежуточная аттестация, ч	4
8.	Самостоятельная работа, час.	110
9.	Всего, ч	180

3. Содержание дисциплины

1 семестр

Лекции (16 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Актуальные вопросы современной физики лазеров	4
Современное состояние дел в фотонике	4
Актуальные проблемы взаимодействия излучения с веществом	4
Теория волновых процессов и развитие нелинейной волновой оптики	4

Практические занятия (16 ч)

Содержание практического занятия	Объем, час
Новые решения для лазерной техники	2
Развитие фотоники для прикладных задач	2
Современное применение теории взаимодействия лазера с веществом в лазерной диагностике	2
Достижения в прикладной нелинейной оптике	2
Фотонные кристаллы и области их применения	2
Новые методы генерации сверхкоротких лазерных импульсов	2
Нелинейные резонаторы и области их применения	2
Оптическое моделирование нейронных сетей	2

Самостоятельная работа студентов (38 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	10
Выполнение домашнего задания в рамках портфолио	8
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	20

2 семестр

Лекции (16 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Актуальные вопросы воздействия лазерного излучения на вещество	4
Лазерная фотофизика	4
Лазерная фотобиология	4
Развитие квантовой оптики	4

Практические занятия (16 ч)

Содержание практического занятия	Объем, час
Современные методы создания и применения лазерной плазмы	2
Ядерные реакции в ядерной плазме	2
Методы генерации высоких оптических гармоник	2
Создание и применение атомных часов	2
Промышленные применения лазерных технологий	2
Лазерные технологии в биологии и медицине	2
Современное состояние дел в квантовой криптографии	2
Квантовая информатика и её будущее	2

Самостоятельная работа студентов (72 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	10
Выполнение домашнего задания в рамках портфолио	14
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	22
Подготовка презентации доклада	2
Подготовка реферата	6
Подготовка к кандидатскому экзамену	18

4. Перечень учебно-методических материалов, необходимых для изучения дисциплины (модуля)

1. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Спектроскопия и динамика атомов и малых молекул» в электронной информационно-образовательной среде НГУ <http://eduportal.nsu.ru/course/view.php?id=400>.
2. С.В.Цыбуля, С.В.Черепанова. Введение в структурный анализ нанокристаллов: учебное пособие / С.В. Цыбуля, С.В. Черепанова ; Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. физ. методов исследования твёрдого тела .— Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2009 .— 87 с. (10 экз)

5. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины (модуля)

3. Карлов, Н. В. Лекции по квантовой электронике / Н. В. Карлов. – Москва: Наука, 1988. – 322 с. (https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=45404)
4. Ахманов С.А. Физическая оптика: учебник / Ахманов С.А., Никитин С.Ю. — Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. — 656 с. — ISBN 5-211-04858-X (<https://www.iprbookshop.ru/13050.html>)
5. Виноградова, М. Б. Теория волн / М. Б. Виноградова, Руденко О. В., А. П. Сухоруков. – Москва: Наука, 1979. – 384 с.: ил. (https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=477382)
6. F.Trager, Springer Handbook of Lasers and Optics (2012) (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-19409-2>)
7. Bernhard W. Adams Nonlinear Optics, Quantum Optics, and Ultrafast Phenomena with X-Rays (2003) (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-0387-3>)
8. Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применение // Перев. с англ. Под ред. В.Л. Деброва. Т. 1, 2. М: Издательский дом «Интеллект», 2012. (3 экз.)

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

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, 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.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для аспирантов 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».

7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Перечень результатов освоения дисциплины представлен в разделе 1.

7.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися консультаций в период занятий, оценку их активности в ходе дискуссий, представление доклада по тематике, связанной с выполнением научной работы обучающегося, и проверку заданий для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация проводится в форме кандидатского экзамена по специальности. Требования разработаны в соответствии со следующими документами:

- паспорт научной специальности Лазерная физика,
- Порядок прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечень,
- федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Для приема кандидатского экзамена создается комиссия по приему кандидатских экзаменов (экзаменационная комиссия), состав которой утверждается приказом ректора НГУ. Состав экзаменационной комиссии формируется из числа научно-педагогических работников (в том числе работающих по совместительству) НГУ в количестве не более 5 человек, и включает в себя председателя, заместителя председателя и членов

экзаменационной комиссии. В состав экзаменационной комиссии могут включаться научно-педагогические работники других организаций.

Для оценивания знаний обучающегося в рамках проведения кандидатского экзамена используются следующие оценочные средства:

1. Портфолио - целевая подборка работ обучающегося, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения, в том числе:

- доклад по тематике, связанной с выполнением научной работы обучающегося.

2. Экзаменационный билет - комплекс вопросов и задач, разработанных в соответствии с паспортом научной специальности Лазерная физика.

Кандидатский экзамен проводится экзаменационной комиссией по билетам (программам), утверждаемым деканом физического факультета НГУ. Для подготовки экзаменуемый использует листы ответа, которые хранятся в деле обучающегося вместе с протоколом экзамена.

В случае неявки экзаменуемого на кандидатский экзамен по уважительной причине (при наличии подтверждающих документов) он может быть допущен приказом ректора к сдаче кандидатского экзамена в течение текущего периода промежуточной аттестации. В случае получения неудовлетворительной оценки пересдача кандидатского экзамена в течение текущего периода промежуточной аттестации не допускается. Пересдача кандидатского экзамена с положительной оценки на другую положительную оценку не допускается.

Оценка уровня знаний экзаменуемого определяется экзаменационными комиссиями по пятибалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценка выставляется простым большинством голосов членов экзаменационной комиссии. При равенстве голосов решающей считается оценка председателя. Экзаменуемым может быть в двухдневный срок подана апелляция ректору о несогласии с решением экзаменационной комиссии. Экзаменационная комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе не менее одного доктора наук. Решение экзаменационной комиссии оформляется протоколом, в котором указываются, в том числе, код и наименование научной специальности, по которой сдавались кандидатские экзамены; шифр и наименование направленности (профиля), по которой подготавливается диссертация.

Описание критериев и шкал оценивания результатов освоения дисциплины

Таблица 7.1 Результаты освоения дисциплины

Результат освоения дисциплины	Оценочное средство
- знание профессиональных сведений о способах верификации полученных оценок при решении реальных научных задач	Портфолио Кандидатский экзамен
- умение анализировать условия поставленной задачи и применять нужный метод решения	Портфолио Кандидатский экзамен
- умение перестраивать подход к решению научной задачи в быстроразвивающихся областях физики и технологий;	Портфолио Кандидатский экзамен

Таблица 7.2 Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

Критерии оценивания результатов освоения дисциплины	Шкала оценивания
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – знает актуальные исследования и критически анализирует результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности, – умеет ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования, – знает возможные направления профессиональной самореализации, - владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, – точность и полнота выделения, классификации и систематизации основного смыслообразующего компонента из источников и литературы. <p>В докладах и выступлениях обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p> <p><u>Решение типовых задач:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – умеет определять и применять современные научные методы при решении практических задач, – точность ответа, отсутствие ошибок. <p><u>Кандидатский экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует углубленные знания базовых понятий, моделей, гипотез и концепций, свободно владеет всеми основными разделами современной физики, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p>	<p><i>Отлично</i></p>
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – знает актуальные исследования и критически анализирует результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности, – умеет ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования, – знает возможные направления профессиональной самореализации, - владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, – точность и полнота выделения, классификации и систематизации основного смыслообразующего компонента из источников и литературы. 	<p><i>Хорошо</i></p>

<p>В докладах и выступлениях обучающийся мог допустить неточности, не влияющие на суть доклада.</p> <p><u>Решение типовых задач:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – умеет определять и применять современные научные методы при решении практических задач, – точность ответа, непринципиальные ошибки. <p><u>Кандидатский экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует в основном углубленные знания базовых понятий, моделей, гипотез и концепций, свободно владеет всеми основными разделами современной физики, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – допускает незначительные ошибки при ответах на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся мог допустить незначительные неточности.</p>	
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – не знает направления актуальных исследований, не составляет анализ результатов предшественников и современных достижений в области физики в применении к профессиональной области деятельности, – затрудняется в постановке задач научно-исследовательской деятельности, – затрудняется в выборе возможных направлений профессиональной самореализации, - ограниченно владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, <p>В докладах и выступлениях обучающийся допускает неточности, влияющие на суть доклада.</p> <p><u>Решение типовых задач:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – затрудняется в определении и применении современных научных методов при решении практических задач, – при решении задач допускает принципиальные ошибки. <p><u>Кандидатский экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей в профессиональной области, критичных для понимания основных явлений и экспериментов, но допускает существенные ошибки по содержанию рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов, – затрудняется в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – допускает значительные ошибки при ответах на дополнительные вопросы. 	<p><i>Удовлетворительно</i></p>
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – отсутствие теоретического и фактического материала, подкрепленного ссылками на научную литературу и источники, – затрудняется в постановке задач научно-исследовательской деятельности, – затрудняется в выборе возможных направлений профессиональной самореализации, - не владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, 	<p><i>Неудовлетворительно</i></p>

– неподготовленность докладов и выступлений на основе предварительного изучения литературы по темам, неучастие в коллективных обсуждениях в ходе практического (семинарского) занятия.

Решение типовых задач:

– затрудняется в определении и применении современных научных методов при решении практических задач,

– при решении задач допускает многочисленные ошибки.

Кандидатский экзамен:

– демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей в профессиональной области, критичных для понимания основных явлений и экспериментов, но допускает существенные ошибки по содержанию рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов,

– затрудняется в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений,

– не отвечает на дополнительные вопросы.

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины (оценочные материалы)

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

I. Примерная тематика докладов

1. Принципы устройства твердотельных лазеров и источников когерентного оптического излучения.
2. Аппаратно-программные комплексы для диагностики заболеваний на основе тепловых источников, полупроводниковых лазеров, ПГС и СО₂ лазеров.
3. Компактные лазеры импульсно периодического действия для работы в условиях механико-климатических воздействий.
4. Делители частоты и их применение в лазерной метрологии.
5. Источники излучения в ТГц диапазоне и их применение
6. Спектроскопия высокого разрешения и атомные часы.
7. Принципы лазерного охлаждения, захвата и удержания в переменном электрическом поле ионов иттербия.
8. Разработка нового поколения оптических стандартов частоты на основе ультрахолодных ионов.
9. Исследование ячеек со щелочными металлами Cs и Rb для создания миниатюрных атомных часов.
10. Актуальные вопросы нано- и фемтофотоники: основы и приложения.
11. Применение лазерного излучения от ТГц до УФ в биомедицине, технике и других областях
12. Новые тенденции в лазерной физике.
13. Генерация квантового ключа в протяженных линиях связи.
14. Генерация высоких гармоник лазерного излучения в материальных средах.
15. Параметрические усилители фемтосекундных импульсов для многоканальных лазерных систем с когерентным сложением полей.
16. Исследование физических принципов усиления сверхкоротких импульсов в лазерных системах с высокой средней мощностью.
17. Спектральные исследования лазерной плазмы.

18. Люминесценция радиационных дефектов в наноразмерных слоях диэлектрических кристаллов.
19. Методы измерения и компенсации фазовых искажений в оптических элементах мощной фемтосекундной лазерной системы.
20. Разработка схем и создание на их основе систем формирования индукционного разряда в активной среде CO₂ лазера.

II. Форма и перечень вопросов экзаменационного билета.

2.1 Форма экзаменационного билета

<p>Новосибирский государственный университет Физический факультет</p> <p>Кандидатский экзамен</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">научная специальность</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">направленность (профиль)</p> <p>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №</p> <p>1. Вопрос.</p> <p>2. Задача.</p> <p>3. Вопросы по изложенному аспирантом предмету его исследований.</p> <p>Составитель _____ И.О.Фамилия (подпись)</p> <p>Ответственный за образовательную программу _____ И.О.Фамилия (подпись)</p> <p>« _____ » _____ 20 г.</p>
--

2.2.Перечень типовых вопросов

1. Уравнения Максвелла. Потенциальные и вихревые поля. Теорема Умова-Пойнтинга.
2. Поляризация электромагнитных волн; параметры Стокса.
3. Уровни энергии атомов, молекул, кристаллов. Поглощение и испускание электромагнитного излучения. Вероятности спонтанных и индуцированных переходов.
4. Принцип действия лазеров. Методы создания инверсии населенностей. Релаксационные процессы.
5. Ширина линии перехода. Коэффициент усиления. Эффект насыщения.
6. Оптические резонаторы. Спектр мод резонатора. Добротность резонатора. Устойчивые и неустойчивые резонаторы.
7. Методы модуляции добротности резонатора лазера. Методы активной и пассивной синхронизации мод излучения в лазере.
8. Основные типы лазеров.

9. Динамика лазерной генерации. Классификация режимов лазерной генерации. Порог генерации.
10. Естественная ширина линии и естественная расходимость лазерного излучения. Предельная пространственная когерентность лазерных пучков.
11. Стабилизация частоты генерации (активная и пассивная). Стабилизация интенсивности.
12. Вещество в лазерном поле. Лазерная диагностика. Отклик вещества на действие электромагнитного поля.
13. Резонансные процессы. Двухуровневый атом. Уравнения Блоха.
14. Когерентные нестационарные процессы: оптическая нутация, затухание свободной поляризации, солитоны самоиндуцированной прозрачности, фотонное эхо, сверхизлучение Дике. Светоиндуцированный дрейф в газах.
15. Многофотонное поглощение. Вынужденное комбинационное рассеяние. Генерация гармоник. Смещение частот. Параметрическое рассеяние.
16. Возбуждения в кристаллах: фононы, поляритоны, экситоны. Основные нелинейные кристаллы.
17. Спектроскопия насыщения неоднородно уширенных переходов. Двухфотонная спектроскопия, свободная от доплеровского уширения.
18. Волновая оптика световых пучков и импульсов: уравнения Максвелла, волновое уравнение, уравнения квазиоптики, уравнения для медленно меняющихся амплитуд.
19. Гауссовы пучки, их преобразование оптическими системами. Дифракционное расплывание, длина дифракции.
20. Материальная дисперсия сплошной среды. Распространение импульсов в диспергирующих средах: групповая скорость, дисперсионное расплывание, эффекты дисперсии высших порядков.
21. Спектрально ограниченный импульс. Волны в пространственно-периодических средах.
22. Запрещенная зона. Фотонные кристаллы и их дисперсионные свойства.
23. Фурье-оптика волновых пучков и импульсов; пространственная фильтрация.
24. Волны в слабонелинейных и диспергирующих средах: методы описания и классификация нелинейных эффектов.
25. Самовоздействие световых пучков. Самофокусировка в средах.
26. Формирование сверхкоротких импульсов методами фазовой самомодуляции и компрессии.
27. Генерация оптических гармоник. Фазовый синхронизм и его реализация, групповой синхронизм.
28. Спонтанное параметрическое рассеяние света. Параметрическое усиление и генерация. Генерация суммарных и разностных частот.
29. Вынужденное комбинационное рассеяние. Рамановские усилители и генераторы.
30. Оптические логические элементы.
31. Оптическое моделирование нейронных сетей.
32. Одно- и многофотонная ионизация атомов и молекул.
33. Лазерный пробой газов. Лазерная искра. Лазерная плазма.
34. Лазерный термоядерный синтез. Ядерные реакции в лазерной плазме.
35. Многофотонная диссоциация молекул в лазерном поле. Столкновительный и бесстолкновительный режимы многофотонной диссоциации.
36. Оптическое охлаждение и захват атомов и ионов. Атомные часы.
37. Лазерный нагрев вещества. Лазерное плавление и испарение поверхности. Лазерный отжиг и легирование полупроводников. Лазерная закалка металлов.
38. Фотоакустические явления. Механизмы лазерного возбуждения звука.
39. Лазерная фотобиология.
40. Квантование поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Гамильтониан квантованного поля.
41. Пространственная и временная когерентность. Когерентность высших порядков.
42. Пуассоновская, субпуассоновская и суперпуассоновская статистика фотонов. Группировка и антигруппировка фотонов.

43. Счет фотонов. Дробовой шум. Связь статистики фотонов и фотоотсчетов, формула Мандела.
44. Перепутанные состояния света. Оптическая реализация кубитов и их преобразования.
45. Состояния Белла. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Неравенства Белла.
46. Квантовая криптография.
47. Квантовая телепортация.

2.3 Перечень типовых задач

1. Световая волна падает на одноосный отрицательный нелинейный оптический кристалл КДР (KN_2PO_4). Выбрать ориентацию кристалла так, чтобы реализовалась генерация второй гармоники для взаимодействий типа $oo \rightarrow e$ и $oe \rightarrow e$. Показать от каких физических величин зависит интенсивность второй оптической гармоники.

2. Рассчитать длину когерентного взаимодействия для кристалла кварца (для 2ω) в зависимости от угла распространения в кристалле θ . Используется компонента χ_{111} . Показатели преломления 1,53442 и 1,54317 (длина волны 1,0417 мкм); 1,54680 и 1,55599 для удвоенной частоты. Определить тип взаимодействия?

3. Определить расходимость излучения многомодового лазера в зависимости от числа генерируемых поперечных мод.

4. Оценить плотность мощности лазерного излучения q_0 и импульсную мощность P лазера на молекулярном азоте (длительность импульса $\tau = 10^{-8}$ с), необходимую для поверхностного окисления, плавления и испарения меди при радиусе облученной области $r_0 = 5$ мкм и 50 мкм.

5. Определить максимальную скорость сканирования лазерного пучка при лазерной гравировке испарением поверхности хрома излучением непрерывного YAG:Nd лазера мощностью 100 Вт при радиусе пятна облученной области $r_0 = 0.3$ мм.

6. Лазерный пучок (гауссов) мощностью 1 Вт и радиусом 1 мм резонансно (отстройка - 10 МГц) взаимодействует с циклическим переходом D2 линии атома (Na, K, Rb, Cs). Дать оценки для сил спонтанного и вынужденного светового давления.

7. Оценить коэффициенты трения и диффузии, температуру атомов (Na, K, Rb, Cs) при взаимодействии циклического перехода D2 линии с полем встречных лазерных пучком (мощность 1 мВт и радиус 1 мкм каждого). Объяснить как ответ зависит от поляризации пучков.

8. Оценить минимальную ширину резонансов Рамси в СВЧ стандарте частоты фонтанного типа, например, на ультрахолодных (5 мК) атомах (Cs, Rb).