

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(Физический факультет)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика газовых лазеров

Кафедра физической электроники

Образовательная программа магистратуры

03.04.02- Физика

Направленность (профиль) программы:

Физика плазмы

Форма обучения:

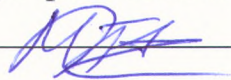
очная

Статус дисциплины:

дисциплина по выбору

Махачкала, 2022 год

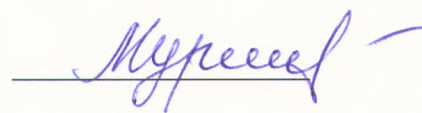
Рабочая программа дисциплины Физика газовых лазеров составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – *магистратура* по направлению подготовки 03.04.02 – Физика, от «07» 08 2020 г. №914.

Разработчик: кафедра физической электроники, Рабаданов К.М., к.ф.-м.н., ст. преподаватель 

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физической электроники от «3» марта 2022 г., протокол № 4

Зав. кафедрой  Ашурбеков Н.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «23» марта 2022 г., протокол №7.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «31» марта 2022 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины «Физика газовых лазеров».

Дисциплина «Физика газовых лазеров» является дисциплиной по выбору ОПОП образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 Физика (профиль – физика плазмы).

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физической электроники. Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физическими принципами работы оптических квантовых генераторов (лазеров), свойствами лазерного излучения, типами лазеров и их основными характеристиками. Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных: ОПК-4, профессиональных: ПК-6. Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа. Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: контрольная работа, коллоквиум и пр.) и промежуточный контроль в форме экзамена. Объем дисциплины 3 зачетных единиц, в том числе 108 в академических часах по видам учебных занятий, зачет (1 семестр).

Семестр	Учебные занятия								Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе зачет, дифференцированный зачет, экзамен	
		всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	...	..		
1	108	32	16	-	16			76	зачет

1. Цели освоения дисциплины.

Курс лекций «Физика газовых лазеров» является дисциплиной по выбору ОПОП образовательной программы читаемых для магистров по направлению 03.04.02 Физика (профиль – физика плазмы), на кафедре физической электроники Даггосуниверситета в 1 семестре магистратуры.

Целями освоения дисциплины физика лазеров является расширение и углубление знаний об общей природе оптических явлений, ознакомление студентов с современным состоянием и перспективами развития лазерной физики и техники, изучение основ физики

и техники лазеров, особенностей распространения и преобразования лазерного излучения оптическими элементами и системами, принципов действия и технических характеристик лазеров различных типов, освоение терминологии, применяемой в лазерной физике и технике.

Задачами курса являются:

- приобретение магистром широких и систематических знаний о методах создания активных сред мощных импульсных газовых лазеров, методах формирования и преобразования излучения в таких лазерах, применениях мощных лазерных импульсов;
- формирование навыков оценивания и расчета характеристик мощных импульсных газовых лазеров. В результате изучения дисциплины студент должен знать: методы накачки и схемы построения различных мощных импульсных газовых лазеров; методы повышения качества излучения в таких лазерах; математический аппарат, используемый при расчете мощных импульсных газовых лазеров.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры.

Дисциплина «Физика газовых лазеров» является дисциплиной по выбору ОПОП образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 Физика (профиль – физика плазмы).

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области общей физики, квантовой механики, теоретической физики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач на примере задач физики газовых лазеров. Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания и навыки, полученные студентами при изучении курсов общей и теоретической физики, а также высшей математики. Результатом обучения дисциплине физика газовых лазеров должно стать умение студента оперировать специальной терминологией лазерной физики, понимание основных понятий, законов и моделей, применяемых в лазерной физике, теоретических и экспериментальных методов исследований 5 оптических и спектральных явлений, приобретение способности к системному мышлению. Курс физика газовых лазеров подготовлен по классической схеме преподавания естественнонаучных дисциплин. Особенность курса состоит в фундаментальном характере изложения предмета. Материал излагается от простого к сложному, от физики излучательных процессов отдельных атомов

и молекул до физики сложных сред с усилением света. Основное внимание уделяется освещению физической природы оптических явлений и процессов. Также большое внимание уделяется применению современных физических методов, применяемых в научных лазерных исследованиях, для изучения активных сред лазеров в газообразном состоянии. Кроме того, обсуждаются применение результатов оптических исследований в диагностике неравновесных систем. Преподавание курса «Физика газовых лазеров» сочетает традиционную лекционную форму с мультимедийными компьютерными презентациями. Данная дисциплина является базовой для дальнейшего изучения дисциплин: электронная оптика, методы физических измерений, плазменные приборы, применение лазеров, методы диагностики плазмы.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-4 Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.	ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности	Знает: - методы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности Умеет: определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; определять ожидаемые результаты научных исследований; - определять способы внедрения результатов научных исследований. Владеет: профессиональной	Устный опрос

		терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции; методами описания результатов научных исследований для их внедрения.	
ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физики низкотемпературной плазмы.	ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике плазмы ПК-6.3. Знает теорию и методы физических исследований в области физики плазмы. ПК-6.4. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам	Знает: методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики низкотемпературной плазмы; физические основы возникновения самостоятельного и несамостоятельного тока в газах; Умеет: пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя; анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники. Владеет: методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики низкотемпературной плазмы; некоторыми диагностические методы исследования газоразрядной плазмы; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в	Устный опрос

	проведенных экспериментов	области физики низкотемпературной плазмы навыками исследования физических процессов, протекающих в газах высокого давления.	
--	---------------------------	---	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 аудиторных академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточно й аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторны е занятия	... Самостоятель ная работа в т.ч. зачет,		
Модуль 1. Основы физики лазеров								
1.	Тема 1. <i>Введение в предмет. История создания лазера.</i>	1	2				4	Устный опрос
2.	Тема 2. <i>Основы теории взаимодействия света с веществом. Энергетические уровни.</i>	1		2			6	Устный опрос
3.	Тема 3. <i>Поглощение. Спонтанное излучение. Вынужденное излучение</i>	1	2				4	Устный опрос
4.	Тема 4. <i>Вероятности поглощения и вынужденного излучения. Разрешенные и запрещенные переходы.</i>	1		2			6	Устный опрос
5.	Тема 5. <i>Сечение поглощения. Коэффициенты поглощения и усиления. Эффект насыщения. Инверсия населенности.</i>	1		2			6	Устный опрос

	<i>Усиленное спонтанное излучение.</i>							
	<i>Итого по модулю 1:</i>		4	6			26	Письменная контрольная работа, коллоквиум
Модуль 2. Техника лазеров								
6.	<i>Тема 6. Принцип действия и устройство лазера. Усиление и генерация электромагнитного излучения.</i>			2			4	Устный опрос
7.	<i>Тема 7. Двухуровневая система. Трехуровневая система. Четырехуровневая система.</i>		2				6	
8.	<i>Тема 8. Методы возбуждения активных сред (АС). Оптическая накачка. Электрическая накачка.</i>		2				6	
9.	<i>Тема 9. Свойства лазерного излучения. Спектральная ширина (модовая структура) лазерного излучения. Монохроматичность.</i>			4			6	Устный опрос
	<i>Итого по модулю 2:</i>		4	6			26	
Модуль 3. Классификация и элементы лазерных систем								
10.	<i>Тема 10. Оптические резонаторы. Модовая структура излучения лазера.</i>		2				6	Устный опрос
11.	<i>Тема 11. Пространственная и временная когерентность. Расходимость. Режимы работы лазера.</i>		2	2			6	Устный опрос
12.	<i>Тема 12. Типы лазеров. Газовые</i>		2				4	

	лазеры.							
13.	Тема 13. Атомарные лазеры. Гелий-неоновый лазер.			2			6	Устный опрос
14.	Тема 14. Молекулярные газовые лазеры. CO2-лазер.		2				6	Устный опрос
15.	Тема 15. Ионные лазеры. Аргоновый лазер.							
	Итого по модулю 3:		8	4			24	Письменная контрольная работа, коллоквиум
	ИТОГО		16	16			76	Зачет

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Основы лазерной физики

Тема 1. Введение.

Определение лазера как прибора. Роль лазеров в современном приборостроении. Краткий исторический очерк. Современное состояние и перспективы развития лазеров. Задачи курса.

Тема 2. Основы теории взаимодействия света с веществом.

Энергетические уровни атомов, ионов и молекул. Оптические и неоптические переходы. Вероятности и скорости оптических переходов. Мощность спонтанного и вынужденного излучения. Кинетические уравнения.

Ширина и контур спектральных линий. Естественная ширина линий. Факторы, влияющие на уширение линий. Поперечная и продольная релаксации. Однородное и неоднородное уширение линий. Спектральная плотность мощности.

Насыщение усиления. Усиление с учетом эффекта насыщения. Деформация контура усиления в случаях однородного и неоднородного уширения линий. Зависимость потока излучения от пути в усиливающей среде. Сужение спектра при прохождении излучения через усиливающую среду.

Способы получения инвертированных сред. Общие принципы создания инверсии. Методы заселения и расселения уровней. Способы создания инверсии в различных средах.

Тема 3. Способы получения инвертированных сред.

Поглощение. Спонтанное излучение. Вынужденное излучение. Общие принципы создания инверсии. Методы заселения и расселения уровней. Способы создания инверсии в различных средах.

Усиление света в реальной среде. Коэффициент потерь. Активная часть контура усиления.

Тема 4. Оптические резонаторы

Вероятности поглощения и вынужденного излучения. Разрешенные и запрещенные переходы. Разновидности оптических резонаторов. Резонатор как оптический волновод. Потери излучения и добротность резонатора, резонансные свойства. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Анизотропные резонаторы. Разновидности оптических резонаторов. Резонатор как оптический волновод. Потери излучения и добротность резонатора, резонансные свойства. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Анизотропные резонаторы.

Оптический резонатор с активным веществом. Основные процессы, происходящие в активном резонаторе: усиление и потери мощности, формирование модового состава излучения, спектральных характеристик, конкуренция и деформация мод.

Тема 5. Коэффициенты поглощения и усиления. Эффект насыщения.

Сечение поглощения. Коэффициенты поглощения и усиления. Эффект насыщения. Инверсия населенности. Усиленное спонтанное излучение. Насыщение усиления. Усиление с учетом эффекта насыщения. Деформация контура усиления в случаях однородного и неоднородного уширения линий. Зависимость потока излучения от пути в усиливающей среде. Сужение спектра при прохождении излучения через усиливающую среду.

Модуль 2. Техника лазеров

Тема 6. Принцип действия и устройство лазера.

Принцип действия и устройство лазера. Усиление и генерация электромагнитного излучения. Структурная схема лазера. Основные элементы лазера и их роль. Лазер как усилитель с положительной обратной связью. Роль спонтанного излучения в развитии генерации.

Энергетические, временные спектральные и пространственные характеристики лазерного излучения. Расходимость, длина волны, понятие ближней и дальней зоны, размер пучка, форма волнового фронта. Эксплуатационные параметры лазеров.

Тема 7. Методы описания процессов в лазерах

Двухуровневая система. Трехуровневая система. Четырехуровневая система. Методы описания процессов в лазерах. Вероятностный, полуклассический и квантовый методы. Основные положения.

Тема 8. Методы возбуждения активных сред (АС).

Методы возбуждения активных сред (АС). Оптическая накачка. Электрическая накачка.

Тема 9. Свойства лазерного излучения.

Спектральная ширина (модовая структура) лазерного излучения. Монохроматичность. Параметры и характеристики лазерного излучения. Энергетические, временные спектральные и пространственные характеристики лазерного излучения.

Модуль 3. Классификация и элементы лазерных систем

Тема 10. Оптические резонаторы.

Модовая структура излучения лазера. Режимы работы лазеров. Особенности основных режимов. Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора. Режим синхронизации мод. Многомодовый, одномодовый и одночастотный режимы генерации лазера.

Тема 11. Пространственная и временная когерентность.

Пространственная и временная когерентность. Расходимость. Режимы работы лазера. Расходимость, длина волны, понятие ближней и дальней зоны, размер пучка, форма волнового фронта. Эксплуатационные параметры лазеров.

Тема 12. Классификация и типы лазеров.

Газовые лазеры. Общие особенности. Обеспечение инверсии в газовых лазерах. Лазеры на нейтральных атомах. Ионные лазеры. Молекулярные лазеры. Лазеры на эксимерах. Электроионизационные, газодинамические и химические лазеры. Оценка мощности излучения лазера. Расчет оптимального коэффициента полезных потерь лазера. Основы расчета систем оптической накачки лазеров. Расчет КПД лазера.

Тема 13. Атомарные лазеры. Гелий-неоновый лазер.

Устройство и особенности работы атомарных газовых лазеров. Описание гелий-неонового лазера, выходная мощность и рабочие характеристики. Оценка мощности

излучения лазера. Расчет оптимального коэффициента полезных потерь лазера. Расчет КПД лазера.

Тема 14. Молекулярные газовые лазеры ИК диапазона. CO₂-лазер.

Устройство и особенности работы молекулярных газовых лазеров. Описание CO₂ лазера, выходная мощность и рабочие характеристики. Оценка мощности излучения лазера. Расчет оптимального коэффициента полезных потерь лазера.

Тема 15. Ионные лазеры. Аргоновый лазер. Газодинамические и химические лазеры.

Устройство и особенности работы ионных газовых лазеров. Описание аргонного ионного лазера, выходная мощность и перспективы использования ионных лазеров в технике. Лазеры на эксимерах. Электроионизационные, газодинамические и химические лазеры.

4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.

Модуль 1. Основы лазерной физики:

Тема 1. Взаимодействие излучения с инверсной средой. Энергетические уровни атомов, ионов и молекул. Оптические и неоптические переходы. Ширина и контур спектральных линий. Естественная ширина линий. Факторы, влияющие на уширение линий. Взаимодействие излучения с инверсной средой. Закон Бугера для нормальной и инверсной сред. Усиление света в реальной среде. Общие принципы создания инверсии. Методы заселения и расселения уровней. Способы создания инверсии в различных средах.

Тема 2. Оптические резонаторы. Разновидности оптических резонаторов. Резонатор как оптический волновод. Оптический резонатор с активным веществом. Основные процессы, происходящие в активном резонаторе: усиление и потери мощности, формирование модового состава излучения, спектральных характеристик, конкуренция и деформация мод. Устройства и элементы вывода излучения из резонатора лазера.

Модуль 2. Техника лазеров:

Тема 3. Управление параметрами лазерного излучения. Устройства селекции лазерного излучения. Параметры и характеристики лазерного излучения. Методы описания процессов в лазерах.

Модуль 3. Классификация и элементы лазерных систем

Тема 4. Режимы работы лазеров. Классификация и типы лазеров. Твердотельные, газовые, жидкостные, полупроводниковые лазеры. Методы расчета основных элементов лазерных систем. Элементы источников накачки лазерных активных сред.

Тема 5. Внутррезонаторные затворы и модуляторы лазерного излучения. Оптикомеханические затворы. Электрооптические затворы и модуляторы. Ячейка Поккельса и ячейка Керра. Ячейка Фарадея. Основы физики нелинейного и когерентного взаимодействия лазерного излучения с веществом

5. Образовательные технологии.

При реализации дисциплины используются различные виды образовательных технологий, которые связаны с применением, как правило, компьютерных и технических средств, в том числе компьютерных презентаций. В числе образовательных технологий используются ИКТ технологии, работа в команде, проблемное обучение, контекстное обучение, междисциплинарное обучение и опережающая самостоятельная работа.

Среди интерактивных технологий, используемых в ходе реализации образовательного модуля, можно выделить кейс-технологии, метод проблемного изложения, мозговой штурм, защита проектов, деловая игра, web 2.0. технологии для дистанционного обучения. Web-технологии обеспечивают доступность информации о результатах научно-образовательной и инновационной деятельности различных вузов и научно-исследовательских групп, использование которой студентами позволяет повысить уровень формирования их дополнительных профессиональных компетенций.

В рамках учебного курса предусмотрены встречи с представителями ЦКП «Аналитическая спектроскопия», с учеными из других вузов, принимающих участие в научных мероприятиях ДГУ по профилю дисциплины.

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **Power Point**, а также с использованием интерактивных досок.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Промежуточный контроль. В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;

- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

Итоговый контроль. Зачет в конце 1 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

К **оценочным средствам** результатов обучения по данной дисциплине относятся:

Устный опрос (экзамен, теоретический зачет) – диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала.

Коллоквиум – способ промежуточной проверки знаний, умений, навыков студента в середине семестра по пройденным темам изучаемого предмета.

Тесты – инструмент, с помощью которого педагог оценивает степень достижения студентом требуемых знаний, умений, навыков. Составление теста включает в себя создание выверенной системы вопросов, собственно процедуру проведения тестирования и способ измерения полученных результатов.

Контрольная работа – средство промежуточного контроля остаточных знаний и умений, обычно состоящее из нескольких вопросов или заданий, которые студент должен решить, выполнить.

Проектная деятельность – воплощение имеющегося замысла, идеи, образа решения какой-либо проблемы в подходящей для этого форме (описание, обоснование, расчеты, чертежи).

Презентация – представление студентом наработанной информации по заданной тематике в виде набора слайдов и спецэффектов, подготовленных в выбранной программе.

Доклад, сообщение – продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Реферат – продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть

исследуемого вопроса, приводит различные точки зрения, а также собственное понимание проблемы.

Портфолио – конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

7.1. Типовые контрольные задания Перечень вопросов к коллоквиуму

1. Определение лазера как прибора. Роль лазеров в современном приборостроении. Краткий исторический очерк. Современное состояние и перспективы развития лазеров. Задачи курса.
2. Монохроматичность. Когерентность. Направленность. Интенсивность. Поляризованность. Способы получения этих свойств от обычных источников и их недостатки. Способы демонстрации указанных свойств. Преимущества лазера как источника излучения, вытекающие из рассмотренных свойств излучения.
3. Энергетические уровни атомов, ионов и молекул. Оптические и неоптические переходы. Вероятности и скорости оптических переходов. Мощность спонтанного и вынужденного излучения. Кинетические уравнения.
4. Ширина и контур спектральных линий. Естественная ширина линий. Факторы, влияющие на уширение линий. Поперечная и продольная релаксации. Однородное и неоднородное уширение линий. Спектральная плотность мощности.
5. Взаимодействие излучения с инверсной средой. Условия усиления электромагнитных волн в идеальной среде. Закон Бугера для нормальной и инверсной сред. Ненасыщенный показатель усиления, зависимость его от частоты.
6. Усиление света в реальной среде. Коэффициент потерь. Активная часть контура усиления.
7. Способы получения инвертированных сред. Общие принципы создания инверсии. Методы заселения и расселения уровней. Способы создания инверсии в различных средах.
8. Основные элементы лазера и их роль. Лазер как усилитель с положительной обратной связью. Роль спонтанного излучения в развитии генерации.
9. Разновидности оптических резонаторов. Резонатор как оптический волновод. Потери излучения и добротность резонатора, резонансные свойства. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Анизотропные резонаторы.
10. Оптический резонатор с активным веществом. Основные процессы, происходящие в активном резонаторе: усиление и потери мощности, формирование модового состава излучения, спектральных характеристик, конкуренция и деформация мод.
11. Полупрозрачные зеркала. Элемент с отверстием связи. Вывод излучения через края одного из отражателей. Использование полупрозрачной пластинки, помещаемой внутрь полости резонатора, для вывода излучения.

12. Способы получения одномодового и одночастотного излучения. Схемы и устройства селекции продольных и поперечных мод лазерного излучения. Способы управления длиной волны лазерного излучения. Модуляция и отклонение лазерного излучения.
13. Энергетические, временные спектральные и пространственные характеристики лазерного излучения. Расходимость, длина волны, понятие ближней и дальней зоны, размер пучка, форма волнового фронта. Эксплуатационные параметры лазеров.
14. Вероятностный, полуклассический и квантовый методы. Основные положения.
15. Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора. Режим синхронизации мод. Многомодовый, одномодовый и одночастотный режимы генерации лазера.
16. Твердотельные лазеры. Общие особенности. Системы оптической накачки. Твердотельные лазеры с накачкой лазерными диодами и светодиодами. Активные среды. Трехуровневые и четырехуровневые лазеры.
17. Газовые лазеры. Общие особенности. Обеспечение инверсии в газовых лазерах. Лазеры на нейтральных атомах. Ионные лазеры. Молекулярные лазеры. Лазеры на эксимерах. Электроионизационные, газодинамические и химические лазеры.
18. Жидкостные лазеры. Общие особенности. Лазеры на растворах неорганических соединений редкоземельных элементов. Лазеры на растворах органических красителей. Управление спектром излучения жидкостных лазеров.
19. Полупроводниковые лазеры. Общие особенности. Создание инверсии в полупроводниках. Лазеры с электронной накачкой. Инжекционные лазеры. Гетероструктурные лазеры с одно- и двухсторонним ограничением.
20. Оценка мощности излучения лазера. Расчет оптимального коэффициента полезных потерь лазера. Основы расчета систем оптической накачки лазеров. Расчет КПД лазера.
21. Элементы систем накачки твердотельных лазеров: лампы накачки, осветители, полупроводниковые лазеры и светодиоды в системах накачки.
22. Элементы систем накачки газовых лазеров. Элементы систем накачки жидкостных лазеров. Элементы накачки полупроводниковых лазеров.
23. Оптико-механические затворы. Электрооптические затворы и модуляторы. Ячейка Поккельса и ячейка Керра. Управляемые электрооптические отражатели. Магнитооптические модуляторы. Ячейка Фарадея. Невзаимные оптические элементы. Акустооптические модуляторы. Затворы нарушенного полного внутреннего отражения. Фототропные затворы.
24. Нелинейная поляризация среды. Генерация оптических гармоник. Параметрическая генерация света. Когерентные эффекты взаимодействия лазерного излучения с веществом (фотонное эхо, самоиндуцированная прозрачность, явления сверхизлучения).

Тематика рефератов и методические указания по их выполнению

1. Пороговые условия генерации лазеров
2. Пиковый режим генерации лазеров
3. Синхронизация мод в лазерах
4. Ионные аргоновые лазеры
5. Оптические резонаторы и их свойства
6. Твердотельные лазеры
7. Ионные аргоновые лазеры
8. Фемтосекунтные лазеры

9. Лазеры на красителях
10. Методы регистрации лазерного излучения

Методические указания к выполнению реферата

Целью выполнения реферата по дисциплине "Применение лазеров" является проверка знаний студентов по вопросам основ физики лазеров, полученных в ходе лекционных и семинарских занятий, умения анализировать и обобщать материалы, раскрывающие связи между теорией и экспериментом, углубленное самостоятельное изучение отдельных разделов Применения лазеров.

Основные задачи выполнения рефератов:

- изучение методов анализа специальной учебной и научной литературы, проблемных статей, статистических данных по конкретной теме;
- анализ, обобщение и систематизация материалов по конкретным вопросам лазерной физики;
- изучение теоретических вопросов анализа излучательных процессов;
- анализ различных областей физика лазеров в науке и технике;

Реферат должен, как правило, базироваться на конкретных материалах одного типа лазеров или оптического явления.

Выбор темы реферата осуществляется студентом самостоятельно, исходя, прежде всего из возможностей получения необходимых для ее выполнения фактических экспериментальных и теоретических материалов. Изменение формулировки темы по инициативе студента не допускается. Тема реферата утверждается лектором данного курса. Студент должен выполнять реферат в соответствии с планом, утвержденным научным руководителем. Это позволяет выдержать логику изложения и проверить ключевые моменты усвоения студентами базовых физических понятий, умение анализировать конкретные ситуации с применением характеристик лазерного излучения.

План реферата разрабатывается студентом самостоятельно, но при этом он должен учитывать ниже изложенные положения. Структура реферата по дисциплине "Применение лазеров", как правило, включает:

- введение;
- теоретическую часть;
- аналитическую часть;
- практическая часть, посвященная конкретным экспериментальным результатам;
- заключение;
- список использованной литературы;
- приложения.

Во **введении** необходимо охарактеризовать актуальность проблемы, цель и задачи реферата, объект и предмет исследования, методы, используемые при выполнении реферата, ее теоретическую и методологическую основу. Очень важно различать понятия "объект" и "предмет" исследования. Как правило, под объектом понимается определенный тип лазера или оптического явления (например, лазерная искра). Предмет исследования – это более конкретная характеристика определенных аспектов объекта (например, методы расчета порога лазерной искры и т.п.).

В **теоретической части** реферата раскрывается сущность рассматриваемого физического процесса. Необходимо изучить основные теоретические положения,

охарактеризовать на основе обобщения учебной и научной литературы, в т.ч. зарубежных авторов, различные трактовки и классификации исследуемого объекта. Теоретическая часть работы может включать исторические аспекты появления и развития данного направления исследований.

Центральное место в реферате занимает **аналитическая часть**. Целью данной части является всесторонний анализ задач, методов экспериментального и теоретического исследования, основные закономерности. Необходимо привести общие сведения об объекте, в т.ч.:

- новые теоретические и экспериментальные результаты, полученные за последние десять лет;
- области применения полученных результатов;
- имеющиеся проблемы и нерешенные вопросы

В данном разделе необходимо проанализировать соответствие экспериментальных результатов теоретическим моделям, анализировать погрешности измерений и точность теоретических расчетов. Следует показать собственную позицию в оценке проблемной ситуации и возможностей ее решения. Обязательно нужно делать ссылки на использованную литературу и точки зрения цитируемых авторов.

Проведенный анализ объекта исследования с использованием современных, включая квантовых, методов является базой для разработки конкретных предложений.

Практическая часть реферата по дисциплине "Применение лазеров" включает собственные экспериментальные результаты, оценки и расчеты, если эта часть работы запланирована. В данной части необходимо рассмотреть схемы экспериментальных установок, методов исследования и теоретического анализа.

В **заключении** реферата, опираясь на цели и задачи, сформулированные во введении, и результаты трех предшествующих частей, нужно сделать выводы по исследуемой проблеме и обобщить предложения, направленные на конкретные рекомендации.

Список использованной литературы должен включать действительно использованные в работе источники. При этом библиография составляется в порядке ссылок по тексту. При ссылке в тексте реферата на использованный источник приводится его порядковый номер в общем списке в квадратных скобках.

В **приложении** включаются вспомогательные материалы, использованные в работе для характеристики объекта исследования, подготовки таблиц, расчета показателей.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Лекции - Текущий контроль включает:

- | | |
|--|---------|
| ▪ посещение занятий | 10 бал. |
| ▪ активное участие на лекциях | 15 бал. |
| ▪ устный опрос, тестирование, коллоквиум | 60 бал. |
| ▪ и др. (доклады, рефераты) | 15 бал. |

Практика (р/з) - Текущий контроль включает:

(от 51 и выше - зачет)

- | | |
|---|---------|
| ▪ посещение занятий | 10 бал. |
| ▪ активное участие на практических занятиях | 15 бал. |
| ▪ ▪ выполнение домашних работ | 15 бал. |
| ▪ выполнение самостоятельных работ | 20 бал. |
| ▪ выполнение контрольных работ | 40 бал. |

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

а) адрес сайта курса

Интернет-адрес сайта. В качестве сайта курса рекомендуется использовать сайт кафедры или факультета (института), специализированные учебные сайты (например, на платформе Moodle).

б) Основная литература:

1. Звелто, Орацио. Принципы лазеров: [монография] / Звелто, Орацио ; пер. с англ. Д.Н. Козлова, С.Б. Созинова, К.Г. Адамович; под науч. ред. Т.А. Шмаонова.- 4-е изд. - СПб. и др.: Лань, 2008. - 719 с.: ил. - (Учебные пособия для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0844-3: 1100-
2. Лицензионное соглашение № 6984/20 на использование адаптированных технологий ЭБС IPRbooks (www.iprbookshop.ru) для лиц с ОВЗ
3. Тарасов Л.В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. - М.: Радио и связь, 1981.
4. Плазма в лазерах: пер. с англ. / под ред. Дж. Бекери. - М.: Энергоиздат, 1982. - 416 с. - 4-80.
5. Ельяшевич М. А. Атомная и молекулярная спектроскопия. – М.: Физматгиз, 1962. – 966 с.
6. Шахно Е.А. Физические основы применения лазеров в медицине [Электронный ресурс] / Е.А. Шахно. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Университет ИТМО, 2012. — 129 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65350.html> (30.08.2022).
7. Реутов А.Т. Физика лазеров. Часть 2. Основы теории лазеров [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Т. Реутов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Российский университет дружбы народов, 2011. — 96 с. — 978-5-209-03654-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11534.html>
8. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов - 2: в 2 т. Т. Москва: Физматлит, 2011 Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов - 2: в 2 т / В.М. Батенин, П.А. Бохан, В.В. Бучанов и др. - Москва: Физматлит, 2011. - Т. 2. - 616 с.: ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1298-7; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457451>
9. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях - Москва: Физматлит, 2010 Тучин, В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях / В.В. Тучин. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Физматлит, 2010. - 500 с. - ISBN 978-5-9221-1278-9; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id>

10. Ермолина Т. А., Мартынова Н. А., Карякина О. Е., Красильников А. В. Медицинские аспекты использования лазерных технологий: учебное пособие - Архангельск: ИД САФУ, 2014 Медицинские аспекты использования лазерных технологий: учебное пособие / Т.А. Ермолина, Н.А. Мартынова, О.Е. Карякина, А.В. Красильников; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. - Архангельск: ИД САФУ, 2014. - 167 с.: ил. - ISBN 978-5-261-00883-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=312292>
11. Иванов И. Г. Основы квантовой электроники: учебное пособие - Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2011 Иванов, И.Г. Основы квантовой электроники: учебное пособие / И.Г. Иванов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Физический факультет. - Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2011. - 174 с. - библиогр. с: С. 168-169. - ISBN 978-5-9275-0873-0; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241055>

в) дополнительная литература:

12. Справочник по лазерам: в 2-х т.: пер. с англ. с изм. и доп. Т.1 / под ред. А.М. Прохорова. - М.: Сов. радио, 1978. - 504 с. - 3-20. 2. Справочник по лазерам: в 2-х т.: пер. с англ. с изм. и доп. Т.2 / под ред. А.М. Прохорова. - М.: Сов. радио, 1978. - 400 с. - 2-70.
13. Справочник по лазерной технике / пер. с нем. В.Н. Белоусова; под ред. А.П. Напартовича. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 544 с.: ил. - 2-00
3. Быков, Владимир Павлович. Лазерные резонаторы / Быков, Владимир Павлович, О. . О. Силичев. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 319 с.: ил., портр. - Библиогр.: с. 310-319. - ISBN 5-9221-0297-4: 272-58. 5. Ананьев Ю. А. Оптические резонаторы и лазерные пучки. - М.: Наука, 1990.

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

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: www.biblioclub.ru. Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010
2. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com/>. Договор №СЭБ НВ-278 на электронно-библиотечную систему ЛАНЬ
3. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г. Срок действия соглашения с 01.08.2014 г. без ограничения срока.
4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке от 1 августа 2016 г. Срок действия договора с 01.08.2016 г. без ограничения срока. Договор может пролонгироваться неограниченное количество раз, если ни одна из сторон не желает его расторгнуть.
5. **Scopus**

Scopus издательства Elsevier B.V. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B.V. в 2022 г. <https://www.scopus.com>

6. Wiley Online Library

Коллекция журналов Freedom Collection издательства Elsevier. Письмо РФФИ от 17.07.2010 г. № 742 о предоставлении лицензионного доступа к электронному ресурсу Freedom Collection издательства Elsevier в 2022 г. <https://onlinelibrary.wiley.com/>

7. Международное издательство Springer Nature

Коллекция журналов, книг и баз данных издательства Springer Nature. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства Springer Nature в 2022 г. на условиях национальной подписки <https://link.springer.com/>

8. Журналы American Physical Society

Базы данных APS (American Physical Society). Письмо РФФИ от 10.11.2020 г. № 1265 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных American Physical Society в 2022 г. <http://journals.aps.org/about>

9. Журналы Royal Society of Chemistry

База данных RSC DATABASE издательства Royal Society of Chemistry Письмо РФФИ от 20.10.2020 г. № 1196 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Royal Society of Chemistry в 2022 г. <http://pubs.rsc.org/>

10. Журнал Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>

11. Единое окно <http://window.edu.ru/> (интернет ресурс)

12. Дагестанский региональный ресурсный центр <http://rrc.dgu.ru/>

13. Нэикон <http://archive.neicon.ru/>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов по физике газовых лазеров;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- моделирование кинетических процессов в плазме газовых лазеров;

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

1. Программное обеспечение для лекций: MS Power Point (MS Power Point

Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.

2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS Power Point (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

При проведении занятий, закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков используется компьютерный класс, оснащенный современной компьютерной техникой, мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Для демонстрации работы различных типов лазеров и способов управления их характеристиками используются научное оборудование ЦКП «Аналитическая спектроскопия» и НОЦ «Физика плазмы».