

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика лазеров

Кафедра физической электроники

Образовательная программа бакалавриата

03.03.02- Физика

Направленность (профиль) программы:

Медицинская физика

Форма обучения: *очная*

Статус дисциплины: *дисциплина по выбору*

Махачкала, 2022 год

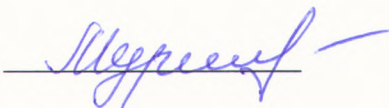
✓ Рабочая программа дисциплины Физика лазеров составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 – Физика, от «07» 08. 2020 г. №891.

Разработчик: кафедра физической электроники, Ашурбеков Н.А., д.ф.-м.н., профессор 

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 лазеров»

Дисциплина Физика лазеров является дисциплиной по выбору ОПОП бакалавриата, по направлению подготовки 03.03.02 – Физика (профиль – медицинская физика).

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 профессиональных - ПК-3, ПК7, ПК-8, ПК-10 компетенций выпускника. Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме двух контрольных работ, и двух коллоквиумов и промежуточный контроль в форме зачета. Объем дисциплины 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий 72 ч.

1. Цели освоения дисциплины

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.

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	из них						
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	...	..		
6	72	56	28		28			16	зачет

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина Физика лазеров является дисциплиной по выбору ОПОП бакалавриата, по направлению подготовки 03.03.02 – Физика (профиль – медицинская физика).

Курс физика лазеров является одной из специальных дисциплин для студентов направления «физика», позволяющих на междисциплинарной основе изучить сложные системы путем синтеза знаний из различных областей оптики, атомной физики, квантовой механики и электродинамики. При ее изучении используются знания и навыки, полученные студентами при изучении курсов общей и теоретической физики, а также высшей математики. В настоящей программе основное внимание уделяется тем темам курса, которые будут непосредственно востребованы для усвоения материала других дисциплин профиля медицинской физики, в частности, радиационной физики, физики неионизирующего излучения, основ интроскопии, оптики биосред. Результатом обучения дисциплине физика 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 оптических и спектральных явлений, приобретение способности к системному мышлению.

Курс физика 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, твердом и жидком состояниях. Кроме того, обсуждаются применение результатов оптических исследований в диагностике неравновесных систем. Преподавание курса «Физика лазеров» сочетает традиционную лекционную форму с мультимедийными компьютерными презентациями. Форма текущего контроля – зачет (6 семестр).

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

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
--	--	---------------------------------	--------------------

ПК-3 способен осваивать и использовать базовые научнотеоретические знания и практические умения по предмету в профессиональной деятельности	ПК-3.1. Использует теоретические и практические знания для постановки и решения педагогических задач в предметной области и в области образования ПК-3.2. Способен соотносить основные этапы развития предметной области с ее актуальными задачами, методами и концептуальными подходами, тенденциями и перспективами ее современного развития ПК-3.3. Способен выделять структурные элементы, входящие в систему познания предметной области, анализировать их в единстве содержания, формы и выполняемых функций	Знает: содержание, сущность, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области; закономерности, определяющие место предмета в общей картине мира; программы и учебники по преподаваемому предмету; основы общетеоретических дисциплин в объеме, необходимом для решения педагогических, научно-методических и организационно-управленческих задач (педагогика, методика преподавания предмета.) Умеет: анализировать базовые предметные научнотеоретические представления о сущности, закономерностях, принципах и особенностях изучаемых явлений и процессов. Владеет: навыками понимания и системного анализа базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач	Устный опрос, письменный опрос;
ПК-7 способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики смежных с физикой науках	ПК-7.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий исследований ПК-7.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся	Знает: теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований изучаемых процессов и явлений. Умеет: самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-коммуникационных технологий для выполнения экспериментальных и теоретических исследований; анализировать и	Устный опрос

	материальных и временных ресурсов	интерпретировать результаты эксперимента на основе современных теоретических моделей; правильно организовать и планировать эксперимент; правильно применять различные теоретические модели для анализа результатов эксперимента. Владеет: основами современных методов экспериментальных исследований в данной области науки; основами теоретических разработок в своей области исследований.	
ПК-8 способен проводить работы по обработке и анализу научнотехнической информации, проводить эксперименты и оформлять результаты.	ПК-8.1. 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 проведенных экспериментов ПК-8.2. Способен применять полученные знания на практике для решения профессиональных задач.	Знает: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений; критерии выбора методов и методик исследований. Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы. Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; выполнением оценки и обработки результатов исследования	Устный опрос

	ПК-8.3. Способен пользоваться современными методами обработки и анализа научно-технической информации и результатов исследований в избранной области профессиональной деятельности.	Знает: основы теории фундаментальных разделов физики; основные методы получения и исследования физических явлений, применяемые в отечественной и зарубежной практике; опыт лабораторных работ, требования техники безопасности; методы исследования, правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов. Уметь: составлять общий план исследования и детальные планы отдельных стадий, моделировать основные процессы предстоящего исследования; выбирать оптимальные методы исследования; Владеть: навыками выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.	
	ПК-8.4. Способен строить математические модели физических процессов, задавать параметры и проводить моделирование физических задач		
ПК-10 способен использовать современные методы обработки и интерпретации ядернофизической информации при проведении научных и медикофизических исследований.	ПК-10.1. Демонстрирует умение обоснованно применять пучки ионизирующих излучений в лучевой терапии и осваивать методы получения изображений в рентгеновской и радионуклидной диагностике ПК-10.2. Демонстрирует понимание физических принципов, основных характеристик и областей применения различных	Знать: термины и определения, используемые в биофизике неионизирующих излучений; физические принципы строения и биофизические основы функционирования клеточных структур, клеток, органов и систем организма; 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; основные физические и физико-химические законы, лежащие в основе функционирования биологических систем;	Устный опрос

	детекторов ионизирующего излучения, использующихся в современном ядерно-физическом эксперименте. ПК-10.3. Демонстрирует знание радиоэлектронных методов, используемых в экспериментальной и медицинской ядерной физике	органические соединения их классификация и роль в организме человека. Уметь: идентифицировать предложенные соединения на основе данных УФ и ИК спектроскопии; работать с микроскопом и биноклем; выявлять биолого-физические механизмы жизнедеятельности и закономерности функционирования биологических объектов и систем; применять законы механики, оптики, акустики, термодинамики, гидродинамики для описания происходящих в биологических системах процессов; осуществлять кинетический и аналитический подход к изучению сложных систем и предсказание их поведения; пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области биофизики неионизирующих излучений. Владеть: навыками проведения научных исследований в области биофизики неионизирующих излучений с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области биофизики неионизирующих излучений; современными теоретическими и методологическими концепциями, лежащих в основе создания и использования генноинженерных	
--	---	---	--

		продуктов; методами применения на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований.	
--	--	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 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	
	Модуль 1. Основы физики лазеров							
1.	Тема 1. <i>Основные свойства лазерного излучения</i>	6	2	2	-			Устный опрос
2.	Тема 2. <i>Взаимодействие излучения с инверсной средой</i>			2			4	Устный опрос
3.	Тема 3. <i>Структурная схема лазера</i>		2	2				Устный опрос
4.	Тема 4. <i>Оптические резонаторы</i>		2	2				Устный опрос
5.	Тема 5. <i>Устройства и элементы вывода излучения из резонатора лазера</i>		2	2	-			Устный опрос
6.	Тема 6. <i>Управление параметрами лазерного излучения Устройства селекции лазерного излучения</i>		2	2			2	Устный опрос
7.	Тема 7.		2		-		2	Устный опрос

	<i>Параметры и характеристики лазерного излучения</i>							
8.	Тема 8. <i>Методы описания процессов в лазерах</i>		2	2	-			Устный опрос
	<i>Итого по модулю 1:</i>		14	14			8	Письменная контрольная работа, коллоквиум
Модуль 2. Техника лазеров. Управление лазерным излучением								
1.	Тема 9. <i>Режимы работы лазеров. Особенности основных режимов</i>	6	2	2	-			Устный опрос
2.	Тема 10. <i>Классификация и типы лазеров. Твердотельные, газовые, жидкостные, полупроводниковые лазеры</i>		2	2	-		2	Устный опрос
3.	Тема 11. <i>Методы расчета основных элементов лазерных систем</i>		2	2			2	Устный опрос
4.	Тема 12. <i>Элементы источников накачки лазерных активных сред</i>		2	4	-			Устный опрос
5.	Тема 13. <i>Внутрирезонаторные затворы и модуляторы лазерного излучения</i>		2	2	-		2	Устный опрос
6.	Тема 14. <i>Основы физики нелинейного и когерентного взаимодействия лазерного излучения с веществом</i>		4	2	-		2	Устный опрос
	<i>Итого по модулю 2:</i>		14	14	-		8	Письменная контрольная работа,
	<i>Итог</i>		28	28			16	Зачет

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

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Основы лазерной физики Введение

Тема 1. Основные свойства лазерного излучения

1. Определение лазера как прибора. Роль лазеров в современном приборостроении. Краткий исторический очерк. Монохроматичность. Когерентность. Направленность. Интенсивность. Поляризованность

Тема 2. Взаимодействие излучения с инверсной средой

1. Энергетические уровни атомов, ионов и молекул. Оптические и неоптические переходы. Вероятности и скорости оптических переходов. Мощность спонтанного и вынужденного излучения. Кинетические уравнения.
2. 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.
3. 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.

Тема 3. Структурная схема лазера

1. Основные элементы лазера и их роль. Лазер как усилитель с положительной обратной связью. Роль спонтанного излучения в развитии генерации.

Тема 4. Оптические резонаторы

1. Разновидности оптических резонаторов. Резонатор как оптический волновод. Потери излучения и добротность резонатора, резонансные свойства. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Анизотропные резонаторы.

Тема 5. Устройства и элементы вывода излучения из резонатора лазера

1. Полупрозрачные зеркала. Элемент с отверстием связи. Вывод излучения через края одного из отражателей. Использование полупрозрачной пластинки, помещаемой внутрь полости резонатора, для вывода излучения.

Тема 6. Управление параметрами лазерного излучения Устройства селекции лазерного излучения

1. 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.

Тема 7. Параметры и характеристики лазерного излучения

1. 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 8. Методы описания процессов в лазерах

1. Вероятностный, полуклассический и квантовый методы. Основные положения.

Тема 9. Режимы работы лазеров. Особенности основных режимов

1. Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора. Режим синхронизации мод. Многомодовый, одномодовый и одночастотный режимы генерации лазера.

Тема 10. Классификация и типы лазеров. Твердотельные, газовые, жидкостные, полупроводниковые лазеры

1. Твердотельные лазеры. Общие особенности. Системы оптической накачки. Твердотельные лазеры с накачкой лазерными диодами и светодиодами. Активные среды. Трехуровневые и четырехуровневые лазеры. Перестраиваемые твердотельные лазеры. Твердотельные микролазеры и волоконные лазеры.
2. 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.

Тема 11. Методы расчета основных элементов лазерных систем

1. Оценка мощности излучения лазера. Расчет оптимального коэффициента полезных потерь лазера.
2. Основы расчета систем оптической накачки лазеров. Расчет КПД лазера.

Тема 12. Элементы источников накачки лазерных активных сред

1. Элементы систем накачки твердотельных лазеров: лампы накачки, осветители, полупроводниковые лазеры и светодиоды в системах накачки.
2. Элементы систем накачки газовых лазеров. Элементы систем накачки жидкостных лазеров. Элементы накачки полупроводниковых лазеров.

Тема 13. Внутррезонаторные затворы и модуляторы лазерного излучения

1. Опτικο-механические затворы. Электрооптические затворы и модуляторы. Ячейка Поккельса и ячейка Керра. Управляемые электрооптические отражатели.
2. Магнитооптические модуляторы. Ячейка Фарадея. Невзаимные оптические элементы.

Тема 14. Основы физики нелинейного и когерентного взаимодействия лазерного излучения с веществом

1. Нелинейная поляризация среды. Генерация оптических гармоник. Параметрическая генерация света. Когерентные эффекты взаимодействия лазерного излучения с веществом (фотонное эхо, самоиндуцированная прозрачность, явления сверхизлучения).

4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.

Модуль 1. Основы лазерной физики Введение

1. Современное состояние и перспективы развития лазеров. Задачи курса.
- 2.
3. Способы получения этих свойств от обычных источников и их недостатки.
4. Способы демонстрации указанных свойств. Преимущества лазера как источника излучения, вытекающие из рассмотренных свойств излучения.
4. Усиление света в реальной среде. Коэффициент потерь. Активная часть контура усиления.
5. Насыщение усиления. Усиление с учетом эффекта насыщения. Деформация контура усиления в случаях однородного и неоднородного уширения линий.
6. Зависимость потока излучения от пути в усиливающей среде. Сужение спектра при прохождении излучения через усиливающую среду.
7. Способы получения инвертированных сред. Общие принципы создания инверсии. Методы заселения и расселения уровней. Способы создания инверсии в различных средах.
8. 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.
9. Использование полупрозрачной пластинки, помещаемой внутрь полости резонатора, для вывода излучения.
10. Способы управления длиной волны лазерного излучения. Модуляция и отклонение лазерного излучения.
11. Энергетические, временные спектральные и пространственные характеристики лазерного излучения. Расходимость, длина волны, понятие ближней и дальней зоны, размер пучка, форма волнового фронта. Эксплуатационные параметры лазеров.
12. Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора. Режим синхронизации мод. Многомодовый, одномодовый и одночастотный режимы генерации лазера.

13. Твердотельные лазеры. Общие особенности. Системы оптической накачки. Твердотельные лазеры с накачкой лазерными диодами и светодиодами. Активные среды. Трехуровневые и четырехуровневые лазеры. Перестраиваемые твердотельные лазеры. Твердотельные микролазеры и волоконные лазеры.
14. 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.
15. Жидкостные лазеры. Общие особенности. Лазеры на растворах неорганических соединений редкоземельных элементов. Лазеры на растворах органических красителей. Управление спектром излучения жидкостных лазеров.
16. Полупроводниковые лазеры. Общие особенности. Создание инверсии в полупроводниках. Лазеры с электронной накачкой. Инжекционные лазеры. Гетероструктурные лазеры с одно - и двухсторонним ограничением.
17. Рентгеновские, гамма-лазеры и лазеры на свободных электронах. Основные особенности, проблемы и тенденции развития.
18. Магнитооптические модуляторы. Ячейка Фарадея. Невзаимные оптические элементы.
19. Акустооптические модуляторы. Затворы нарушенного полного внутреннего отражения.
20. Фототропные затворы.

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-технологию, 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.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Учебной программой дисциплины Физика лазеров предусмотрено половина объема времени изучения материала на самостоятельную работу студентов. Данный вид работы является обязательным для выполнения. При самостоятельном выполнении различных видов заданий студент учится принимать самостоятельно решения, разбирать и изучать новый материал, работать с периодической научной литературой, обрабатывать экспериментальные данные, формировать отчет о проделанном исследовании.

Самостоятельная работа по курсу «Физика лазеров» включает:

- самостоятельное изучение теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы;
- решение расчетных задач по темам практических работ; - выполнение заданий.

Выполненные задания оформляются в соответствии с требованиями оформления студенческих текстовых документов и сдаются преподавателю в соответствии с графиком самостоятельной работы.

<http://booksmania.biz/tech/textbook2711.html>
<http://bookfi.org/book/1221637>

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.

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

Курсовая работа – научно-методическая работа, выполняемая студентом самостоятельно, с учетом определенных требований, под руководством выбранного преподавателя, в заданные сроки.

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.

Кейс-задача – проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы. Студент самостоятельно формулирует цель, находит и собирает информацию, анализирует ее, выдвигает гипотезы, ищет варианты решения проблемы, формулирует выводы, обосновывает оптимальное решение ситуации.

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.
18. Полупроводниковые лазеры. Общие особенности. Создание инверсии в полупроводниках. Лазеры с электронной накачкой. Инжекционные лазеры. Гетероструктурные лазеры с одно- и двухсторонним ограничением.
19. Оценка мощности излучения лазера. Расчет оптимального коэффициента полезных потерь лазера. Основы расчета систем оптической накачки лазеров. Расчет КПД лазера.
20. Элементы систем накачки твердотельных лазеров: лампы накачки, осветители, полупроводниковые лазеры и светодиоды в системах накачки.
21. Элементы систем накачки газовых лазеров. Элементы систем накачки жидкостных лазеров. Элементы накачки полупроводниковых лазеров.
22. Оптико-механические затворы. Электрооптические затворы и модуляторы. Ячейка Поккельса и ячейка Керра. Управляемые электрооптические отражатели.
23. 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 курсовых работ и методические указания по их выполнению

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

8. Лазеры на красителях
9. Методы регистрации лазерного излучения
10. Модуляция добротности в лазерах.

Методические указания к выполнению курсовой работы

Целью выполнения курсовой работы по дисциплине "Физика 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 физики лазеров.

Основные задачи выполнения рефератов и курсовых работ:

- 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 физики 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 "Физика 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 "Физика 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 **приложения** включаются вспомогательные материалы, использованные в курсовой 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.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки "хорошо" заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка "удовлетворительно" выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий. Оценка "неудовлетворительно" ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или

приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

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.**
- **Семинарские занятия – 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.**

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов - 2 : в 2 т. Т. 2 - Москва: Физматлит, 2011 1. 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>
2. 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>
3. 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>.

4. 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>.
5. <http://booksmania.biz/tech/textbook2711.html> <http://bookfi.org/book/1221637>.
6. Лицензионное соглашение № 6984/20 на использование адаптированных технологий ЭБС IPRbooks (www.iprbookshop.ru) для лиц с ОВЗ

б) дополнительная литература:

1. "Справочник по лазерам» /Под ред. акад. Прохорова А. М., Т. 1, 2. - М.: Сов.радио, 1978.
2. "Справочник по лазерной технике" /Под ред. Байбородина Ю.В. и др. - Киев: Техника, 1978.
3. Пихтин А. Н. Физические основы квантовой электроники. - М.: Высшая школа, 1983.
4. Ананьев Ю. А. Оптические резонаторы и лазерные пучки. - М.: Наука, 1990.
5. Зверев Г.М., Голяев Ю.Д. Лазеры на кристаллах и их применение. - М.: Радио и связь, Рикел, 1994.
6. Справочник по лазерной технике /Пер. с нем. - М.: Энергоатомиздат, 1991. Звелто О. Принципы лазеров. -М.: Мир, 2008.
7. Тарасов Л.В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. - М.: Радио и связь, 1981.
8. Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. - М.: Мир, 1981.
9. Крылов К. И., Прокопенко В. Т., Тарлыков В. А. Основы лазерной техники. - Л.: Машиностроение, 1990.
10. Климков Ю.М. Прикладная лазерная оптика. - М.: Машиностроение, 1985.
11. Пахомов И.И., Рожков О.В., Рождествен В.Н. Оптико-электронные квантовые приборы: Учебное пособие для вузов /Под ред. И.И.Пахомова. - М.: Радио и связь, 1982.

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 от 20.10.2020 г.
3. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г.
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
10. 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/>
11. Журнал Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>
12. Единое окно <http://window.edu.ru/> (интернет ресурс)
13. Дагестанский региональный ресурсный центр <http://rrc.dgu.ru/>
14. Нэикон <http://archive.neicon.ru/>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень вопросов, включенных в рабочую программу дисциплины, может быть дополнен отдельными разделами из последних научных достижений в данной области, отраженных в современных обзорах, опубликованных в журналах «Успехи физических наук» и научных монографиях. Самостоятельная работа должна носить систематический характер.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

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

Работа с презентациями Power Point Power Point template ppt presentation

Работа с документами WORD, ADOBEACROBAT, работа с электронными библиотеками образовательных и научных ресурсов, в том числе с Научной электронной библиотекой eLibrary/, работа с WEB-2 технологиями.

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

Для сопровождения лекций наглядным материалом (мультимедийными презентациями), необходим персональный компьютер и мультимедийный проектор.

Для демонстрации работы различных типов лазеров и способов управления их характеристиками необходимо научное оборудование ЦКП «Аналитическая спектроскопия».