



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель программы аспирантуры
Лазерная физика (Физика и астрономия)

Голик С.С.
(Ф.И.О.)
«8» февраля 2022 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента
общей и экспериментальной физики

Короченцев В.В.
(Ф.И.О.)
«8» февраля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Лазерная физика

1.3.19. Лазерная физика (Физика и астрономия)

курс 2 семестр 3

лекции 18 час. / (1/2) з.е.

практические занятия 18 час. / (1/2) з.е.

лабораторные работы _____ час. / _____ з.е.

с использованием МАО лек. _____ / пр. _____ / лаб. _____ час.

всего часов контактной работы _____ час.

в том числе с использованием МАО _____ час., в электронной форме _____ час.

самостоятельная работа 144 час.

в том числе на подготовку к экзамену 0 час.

зачет реферат семестр 3

экзамен _____ семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями 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), утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. N 951 и паспортом научной специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 6 от « 8 » февраля 2022 г.

Директор департамента/заведующий кафедрой Короченцев В.В.

Составитель (ли): д.ф.-м.н., Каменев О.Т.

Аннотация рабочей программы учебной дисциплины «Лазерная физика»

Курс «Лазерная физика» относится к специальным дисциплинам программы подготовки аспирантов специальности «Физика и астрономия» по профилю «Лазерная физика».

Трудоемкость – 5 з.е. (180 часов). Дисциплина включает в себя 18 часов лекций и 144 часа самостоятельной работы, 18 часов практических занятий. Обучение осуществляется в 3 семестре. Форма промежуточной аттестации: реферат (3 семестр).

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями 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), утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. N 951 и паспортом научной специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Целью изучения дисциплины является развитие у аспирантов навыков расчета основных параметров и применения лазеров и техники на их основе.

Задачи:

– получение представлений о принципах работы лазеров, типах лазеров, о физических процессах генерации и физических свойствах лазерного излучения, о физических явлениях воздействия лазерного излучения на вещество;

– приобретение умения пользоваться лазерными приборами, ставить и решать экспериментальные задачи с применением таких приборов, обрабатывать, анализировать и оценивать полученные результаты;

– приобретение умения строить математические модели физических явлений в лазерах и использовать для изучения этих моделей развитый математический аппарат, включая методы вычислительной математики;

– приобретение умения использовать при работе справочную и учебную литературу: находить другие необходимые источники информации и работать с ними.

Для успешного изучения дисциплины «Лазерная физика» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

– знание основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, основные положения квантовой теории, классической оптики и атомной физики;

– знание методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

В результате изучения дисциплины у аспирантов формируются следующие универсальные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знает	Основные характеристики электромагнитных излучений.
	Умеет	Классифицировать различные типы электромагнитного излучения.
	Владеет	Способностью самостоятельно описывать процесс генерации излучения в лазерах.
ПК-1 Способность самостоятельно ставить и решать задачи в области лазерной физики	Знает	Основные приборы и методы, необходимые для проведения физических экспериментов в области физики оптических квантовых генераторов.
	Умеет	Анализировать экспериментальные данные в области физики лазеров.
	Владеет	Способностью самостоятельно делать выводы после непосредственного анализа экспериментальных данных.
ПК-2 Владение основными методами постановки и проведения экспериментов в области лазерной физики, в том числе нелинейной оптики и лазерной спектроскопии	Знает	Основы квантовой электроники и способы получения лазерных импульсов короткой длительности.
	Умеет	Самостоятельно описывать процессы генерации и усиления коротких лазерных импульсов.
	Владеет	Навыками работы с экспериментальными лазерными генераторами коротких импульсов.
ПК-3 Владение навыками разработки и создания функциональных элементов и устройств для различных областей лазерной физики, включая высокоточные оптические измерения, модификацию и	Знает	Основные приборы и методы, необходимые для проведения физических экспериментов в области физики оптических квантовых генераторов.
	Умеет	Анализировать экспериментальные данные в области физики лазеров.
	Владеет	Способностью самостоятельно делать выводы после непосредственного анализа экспериментальных данных.

обработку материалов		
-------------------------	--	--

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Лазерная физика» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: мозговой штурм, дискуссия.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (54 час., в том числе ___ час. с использованием методов активного обучения)

Раздел I. Принципы работы лазеров (36 час.)

Тема 1. Определение КЭ. Индуцированные и спонтанные переходы, коэф. Эйнштейна. Свойства индуцированного излучения (6 час.)

Интерактивная форма

Квантовая электроника – область физики, изучающая методы усиления и генерации ЭМ излучения путем использования эффекта индуцированного испускания излучения в т/д неравновесных квантовых системах, свойства получаемых таким образом усилителей и генераторов. Типы переходов: индуцированные под действием ЭМ поля, спонтанные, безызлучательные. Свойства индуцированных переходов. Свойства спонтанных переходов. Когерентность излучения. Основные единицы квантовой электроники.

Тема 2. Ширина линии излучения. Однородное и неоднородное уширения (6 час.)

Естественное время жизни, ширина спектра спонтанного излучения. Связь ширины линии и времени жизни уровня. Лоренцева форма линии. Гауссова форма линии. Полуширина при доплеровском уширении. Столкновительное уширение.

Тема 3. Поглощение и усиление в квантовых генераторах (6 час.)

Поглощение и усиление. Активная среда. Сечение поглощения. Эффект насыщения.

Тема 4. Лазерные усилители (6 час.)

Назначение и принцип действия лазерных усилителей. Коэффициент усиления. Мощность выходных шумов квантового усилителя. Характеристики усилителя.

Тема 5. Генерация излучения (6 час.)

Взаимодействие усиливаемого излучения и активной среды. Оптический резонатор. Добротность резонатора. Накачка. Энергетическое условие самовозбуждения. Выходная мощность лазерных генераторов. Инверсия населенностей.

Тема 6. Оптические резонаторы (6 час.)

Типы резонаторов. Моды резонаторов. Линия усиления. Многомодовая генерация.

Раздел II. Типы лазеров и их свойства (18 час.)

Тема 7. Газовые лазеры, гелий-неоновый лазер (3 час.)

Следствия газообразности активной среды. Специфика газовых лазеров. Особенности газовых сред. Гелий-неоновый лазер.

Тема 8. Ионные лазеры, лазеры на парах металлов (3 час.)

Особенности ионных лазеров. Аргоновый лазер. Лазеры на парах металлов.

Тема 9. Твердотельные лазеры (3 час.)

Активная среда твердотельных лазеров. Особенности твердотельных лазеров. Спектр абсорбции и люминесценции рубина. Устройство и принцип действия квантовых генераторов на рубине. Модуляция добротности. Твердотельные квантовый генераторы с активными веществами на основе редкоземельных элементов. Неодимовый лазер. Применение твердотельных лазеров.

Тема 10. Полупроводниковые лазеры (3 час.)

Достоинства полупроводниковых лазеров. Недостатки полупроводниковых лазеров. Лазеры на гомопереходе. Лазеры на гетеропереходе. Лазеры с распределенной обратной связью. Лазеры с вертикальным резонатором.

Тема 11. CO₂ лазеры (3 час.)

Молекулярные лазеры. CO₂-лазеры. Применение CO₂-лазера

Тема 12. Титан-сапфировый лазер. Получение и усиление ультракоротких импульсов (3 час.)

Лазеры сверхкоротких (ультра, предельно коротких) импульсов, фемтосекундные лазеры. Характерные черты лазеров сверхкоротких импульсов. Принцип действия лазеров сверхкоротких импульсов. Активная и пассивная синхронизация мод. Методы накачки. Усиление ультракоротких импульсов.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Не предусмотрена учебным планом.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Лазерная физика» представлено в приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ КУРСА

1 семестр

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Определение КЭ. Индуцированные и спонтанные переходы, коэф. Эйнштейна. Свойства индуцированного излучения	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1
2	Ширина линии излучения. Однородное и неоднородное уширения	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 2
3	Поглощение и усиление в квантовых генераторах.	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 3
4	Лазерные усилители	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 4
5	Генерация излучения	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 5
6	Оптические резонаторы	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 6

Семестр 2

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Газовые лазеры, гелий-неоновый лазер	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1
2	Ионные лазеры, лазеры на парах металлов	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 2
3	Твердотельные лазеры	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 3
4	Полупроводниковые лазеры	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 4
5	СО ₂ лазеры	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 5
6	Титан-сапфировый лазер. Получение и усиление ультракоротких импульсов	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 6

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : . – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2011. – 314 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=627.

2. Городецкий, М.Л. Оптические микрорезонаторы с гигантской добротностью. [Электронный ресурс] : монография. – Электрон. дан. – М. :

Физматлит, 2011. – 416 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2733.

3. Шандаров, С. М., Башкирова А. И. Введение в квантовую и оптическую электронику [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. М. Шандаров, А. И. Башкирова. – 2012. – 98 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13922>.

Дополнительная литература

1. Крюков, П.Г. Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики [Электронный ресурс] : . – Электрон. дан. – М. : Физматлит, 2008. – 207 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2218.

2. Батенин, В.М. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов – 2. Т.1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Батенин, А.М. Бойченко, В.В. Бучанов. – Электрон. дан. – М. : Физматлит, 2009. – 542 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2668.

3. Батенин, В.М. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов – 2. Т.2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Батенин, А.М. Бойченко, В.В. Бучанов. – Электрон. дан. – М. : Физматлит, 2011. – 612 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2669.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Евтушенко Г.С., Губарев Ф.А. Квантовая и оптическая электроника. Практикум: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 88 с. <http://window.edu.ru/resource/808/73808>.

2. Дикарева Н.В., Карзанова М.В., Некоркин С.М. Измерение энергетических параметров излучения полупроводниковых лазерных диодов с помощью измерителя Lab Max-Top. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 37 с. <http://window.edu.ru/resource/405/79405>.

3. Шахно Е.А. Физические основы применения лазеров в медицине: Учебное пособие. - СПб.: НИУ ИТМО, 2012. - 129 с. <http://window.edu.ru/resource/668/78668>.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступить к освоению дисциплины следует в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины (РПД). Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, результаты которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все аудиторные и самостоятельные задания необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с планом-

графиком.

Использование материалов РПД

Для успешного освоения дисциплины следует использовать содержание разделов РПД дисциплины, которое позволяет правильно организовать самостоятельную работу аспиранта.

Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям

Успешное освоение дисциплины предполагает активное участие аспирантов на всех этапах ее освоения. Изучение дисциплины следует начинать с проработки содержания рабочей программы и методических указаний.

При изучении и проработке теоретического материала аспирантам необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- перед очередной лекцией просмотреть конспект предыдущего занятия;
- при самостоятельном изучении темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД литературные источники. В случае, если возникли затруднения, обратиться к преподавателю в часы консультаций или на практическом занятии.

При подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации использовать материалы РПД (Приложение 2. Фонд оценочных средств).

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Проведение лекций с использованием мультимедийной аппаратуры для демонстрации иллюстративного материала.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Лазерная физика»

03.06.01. Лазерная физика (физика и астрономия)

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине 1 семестр

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течении всего семестра.	Подготовка к лекционным занятиям	30	Реферат с последующей защитой.
2	В течении всего семестра.	Подготовка к зачету	33	Зачет

2 семестр

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течении всего семестра.	Подготовка к лекционным занятиям	18	Реферат с последующей защитой.
	В течение семестра	Подготовка к экзамену	18	Экзамен

Методические указания по выполнению самостоятельной работы по дисциплине

Приступить к поиску и анализу статей по лазерной физике необходимо в начале семестра. После анализа статьи необходимо ее перевести на русский язык (если изначально она была на английском языке), проанализировать полученный в статье результат и записать основные факты и положения, полученные автором в ходе работы. После завершения анализа всех статей необходимо сформировать на их основе реферат и представить его к защите.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Контроль выполнения работы по изучению разделов теоретической части курса осуществляется в конце лекции в форме собеседования

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Критерии оценивания контрольной работы:

ответ на все вопросы без ошибок – «отлично»;

ответ на все вопросы с одной ошибкой – «хорошо»;
ответ на все вопросы с двумя ошибками – «удовлетворительно»;
ответ только на половину вопросов или ответ на все вопросы с количеством ошибок более двух – «неудовлетворительно».

При получении оценки «неудовлетворительно» считается, что аспирант не прошел текущий контроль. В этом случае проводится повторный контроль на консультации.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Лазерная физика»
03.06.01. Лазерная физика (физика и астрономия)

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знает	Основные характеристики электромагнитных излучений.
	Умеет	Классифицировать различные типы электромагнитного излучения.
	Владеет	Способностью самостоятельно описывать процесс генерации излучения в лазерах.
ПК-1 Способность самостоятельно ставить и решать задачи в области лазерной физики	Знает	Основные приборы и методы, необходимые для проведения физических экспериментов в области физики оптических квантовых генераторов.
	Умеет	Анализировать экспериментальные данные в области физики лазеров.
	Владеет	Способностью самостоятельно делать выводы после непосредственного анализа экспериментальных данных.
ПК-2 Владение основными методами постановки и проведения экспериментов в области лазерной физики, в том числе нелинейной оптики и лазерной спектроскопии	Знает	Основы квантовой электроники и способы получения лазерных импульсов короткой длительности.
	Умеет	Самостоятельно описывать процессы генерации и усиления коротких лазерных импульсов.
	Владеет	Навыками работы с экспериментальными лазерными генераторами коротких импульсов.
ПК-3 Владение навыками разработки и создания функциональных элементов и устройств для различных областей лазерной физики, включая высокоточные оптические	Знает	Основные приборы и методы, необходимые для проведения физических экспериментов в области физики оптических квантовых генераторов.
	Умеет	Анализировать экспериментальные данные в области физики лазеров.
	Владеет	Способностью самостоятельно делать выводы после непосредственного анализа экспериментальных данных.

измерения, модификацию и обработку материалов		
--	--	--

1 семестр

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Определение КЭ. Индукцированные и спонтанные переходы, коэф. Эйнштейна. Свойства индуцированного излучения	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1
2	Ширина линии излучения. Однородное и неоднородное уширения	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 2
3	Поглощение и усиление в квантовых генераторах.	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 3
4	Лазерные усилители	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 4
5	Генерация излучения	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 5
6	Оптические резонаторы	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 6

2 семестр

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация

1	Газовые лазеры, гелий-неоновый лазер	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1
2	Ионные лазеры, лазеры на парах металлов	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 2
3	Твердотельные лазеры	ОПК-1	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 3
4	Полупроводниковые лазеры	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 4
5	СО2 лазеры	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 5
6	Титан-сапфировый лазер. Получение и усиление ультракоротких импульсов	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы 6

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствии	знает (пороговый уровень)	Основные характеристики электромагнитных излучений.	Проблема раскрыта полностью. Выводы сделаны выводы обоснованы. Представляемая информация систематизирована или последовательна.	Может описать электромагнитное излучение.

ующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информации-коммуникационных технологий (ОПК 1)	умеет (продвинутый)	Умеет классифицировать различные типы электромагнитного излучения.	Проведен анализ проблемы. Не все выводы сделаны и/или обоснованы.	Умение классифицировать различные типы электромагнитных излучений в квантовой электронике.
	владеет (высокий)	Способностью самостоятельно описывать процесс генерации излучения в лазерах.	Проблема раскрыта полностью. Проведен анализ проблемы. Выводы обоснованы.	Способность описать процесс возникновения лазерного излучения из активной среды.
Способность самостоятельно ставить и решать задачи в области лазерной физики (ПК-1)	знает (пороговый уровень)	Основные приборы и методы, необходимые для проведения физических экспериментов в области физики оптических квантовых генераторов.	Проблема раскрыта не полностью. Выводы сделаны или не обоснованы. Представляемая информация не систематизирована или не последовательна.	Знание основных приборов и методов для проведения экспериментов в области лазерной физики. Ответы на элементарные вопросы по устройству и методах работы данных приборов.
	умеет (продвинутый)	Анализировать экспериментальные данные в области физики лазеров.	Проблема раскрыта. Проведен анализ проблемы. Не все выводы сделаны и/или обоснованы.	Умение анализировать экспериментальные данные в области физики лазеров.
	владеет (высокий)	Способностью самостоятельно делать выводы после непосредственного анализа экспериментальных данных.	Проблема раскрыта полностью. Проведен анализ проблемы. Выводы обоснованы.	Способность самостоятельно делать выводы из экспериментальных данных.
Владение основными методами постановки и проведения экспериментов в	знает (пороговый уровень)	Основы квантовой электроники и способы получения лазерных импульсов короткой длительности.	Проблема раскрыта не полностью. Выводы сделаны или не обоснованы. Представляемая	Основные виды и значение излучения в квантовой электронике, необходимые для генерации коротких импульсов.

области лазерной физики, в том числе нелинейной оптики и лазерной спектроскопии (ПК-2)			информация не систематизирована или не последовательна.	
	умеет (продвинутый)	Самостоятельно описывать процессы генерации и усиления коротких лазерных импульсов.	Проведен анализ проблемы. Не все выводы сделаны и/или обоснованы.	Рассчитывать параметры лазерного излучения.
	владеет (высокий)	Навыками работы с экспериментальными лазерными генераторами коротких импульсов.	Проблема раскрыта полностью. Проведен анализ проблемы. Выводы обоснованы.	Способность самостоятельно получать лазерное излучение с определенными параметрами на экспериментальной установке.
Владение навыками разработки и создания функциональных элементов и устройств для различных областей лазерной физики, включая высокоточные оптические измерения, модификацию и обработку материалов (ПК-3)	знает (пороговый уровень)	Основные приборы и методы, необходимые для проведения физических экспериментов в области физики оптических квантовых генераторов.	Проблема раскрыта не полностью. Выводы не сделаны или выводы не обоснованы. Представляемая информация не систематизирована или не последовательна.	Знание основных приборов и методов для проведения экспериментов в области лазерной физики. Ответы на элементарные вопросы по устройству и методах работы данных приборов.
	умеет (продвинутый)	Анализировать экспериментальные данные в области физики лазеров.	Проблема раскрыта. Проведен анализ проблемы. Не все выводы сделаны и/или обоснованы.	Умение анализировать экспериментальные данные в области физики лазеров.
	владеет (высокий)	Способностью самостоятельно делать выводы после непосредственного анализа экспериментальных данных.	Проблема раскрыта полностью. Проведен анализ проблемы. Выводы обоснованы.	Способность самостоятельно делать выводы из экспериментальных данных.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Лазерная физика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Критерии выставления оценки на зачете/экзамене по дисциплине

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
«отлично»/ «зачтено»	Оценка «отлично» выставляется аспиранту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
«хорошо»/ «зачтено»	Оценка «хорошо» выставляется аспиранту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
«удовлетворительно»/ «зачтено»	Оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы к зачету.

1. Определение КЭ. Индуцированные и спонтанные переходы, коэф. Эйнштейна. Свойства индуцированного излучения

Квантовая электроника – область физики, изучающая методы усиления и генерации ЭМ излучения путем использования эффекта индуцированного испускания излучения в т/д неравновесных квантовых системах, свойства получаемых таким образом усилителей и генераторов. Типы переходов: индуцированные под действием ЭМ поля, спонтанные, безызлучательные. Свойства индуцированных переходов. Свойства спонтанных переходов. Когерентность излучения. Основные единицы квантовой электроники.

2. Ширина линии излучения. Однородное и неоднородное уширения

Естественное время жизни, ширина спектра спонтанного излучения. Связь ширины линии и времени жизни уровня. Лоренцева форма линии. Гауссова форма линии. Полуширина при доплеровском уширении. Столкновительное уширение.

3. Поглощение и усиление в квантовых генераторах

Поглощение и усиление. Активная среда. Сечение поглощения. Эффект насыщения.

4. Лазерные усилители

Назначение и принцип действия лазерных усилителей. Коэффициент усиления. Мощность выходных шумов квантового усилителя. Характеристики усилителя.

5. Генерация излучения

Взаимодействие усиливаемого излучения и активной среды. Оптический резонатор. Добротность резонатора. Накачка. Энергетическое условие самовозбуждения. Выходная мощность лазерных генераторов. Инверсия населенностей.

6. Оптические резонаторы

Типы резонаторов. Моды резонаторов. Линия усиления. Многомодовая генерация.

Вопросы к экзамену

1. Газовые лазеры, гелий-неоновый лазер

Следствия газообразности активной среды. Специфика газовых лазеров. Особенности газовых сред. Гелий-неоновый лазер.

2. Ионные лазеры, лазеры на парах металлов

Особенности ионных лазеров. Аргоновый лазер. Лазеры на парах металлов.

3. Твердотельные лазеры

Активная среда твердотельных лазеров. Особенности твердотельных лазеров. Спектр абсорбции и люминесценции рубина. Устройство и принцип действия квантовых генераторов на рубине. Модуляция добротности. Твердотельные квантовый генераторы с активными веществами на основе редкоземельных элементов. Неодимовый лазер. Применение твердотельных лазеров.

4. Полупроводниковые лазеры

Достоинства полупроводниковых лазеров. Недостатки полупроводниковых лазеров. Лазеры на гомопереходе. Лазеры на

гетеропереходе. Лазеры с распределенной обратной связью. Лазеры с вертикальным резонатором.

5. CO₂ лазеры

Молекулярные лазеры. CO₂-лазеры. Применение CO₂-лазера

6. Титан-сапфировый лазер. Получение и усиление ультракоротких импульсов

Лазеры сверхкоротких (ультра, предельно коротких) импульсов, фемтосекундные лазеры. Характерные черты лазеров сверхкоротких импульсов. Принцип действия лазеров сверхкоротких импульсов. Активная и пассивная синхронизация мод. Методы накачки. Усиление ультракоротких импульсов.

Оценочные средства для текущего контроля

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Лазерная физика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Текущая аттестация по дисциплине «Лазерная физика» проводится в форме собеседования.

В первом семестре на собеседовании аспирантам предлагаются практические вопросы, примеры которых представлены ниже.

Во втором семестре по результатам самостоятельной работы аспирант обязан подготовить и защитить реферат, написанный на основе статей, найденных в научной базе Scopus.

Примерные темы рефератов

1. Газовые лазеры
2. Гелий-неоновый лазер
3. Ширина линии излучения. Однородное и неоднородное уширения
4. Лазерные усилители
5. Генерация излучения
6. Полупроводниковые лазеры

Примеры практических вопросов для контроля самостоятельной работы аспирантов

Тема 3. Поглощение и усиление в квантовых генераторах. (6 час.)

Вопросы и задания для самопроверки:

1. Пусть молекулы в CO₂-лазере находятся при таком давлении, что преобладает столкновительный механизм уширения линии генерационного перехода между колебательными состояниями 00⁰1 и 10⁰0 (10,6 мкм). Ширина линии составляет 1 ГГц. Оцените спонтанное время жизни верхнего лазерного уровня, если сечение перехода составляет $9,5 \cdot 10^{-18} \text{ см}^2$.

2. Оцените время жизни верхнего лазерного уровня рубинового лазера (0,69 мкм) если при эффективном сечении генерационного перехода $2.5 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$ интенсивность насыщения составила 2 кВт/ см^2

Тема 4. Лазерные усилители (6 часов)

1. Оцените время жизни верхнего лазерного уровня рубинового лазера (0,69 мкм) если при эффективном сечении генерационного перехода $2.5 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$ интенсивность насыщения составила 2 кВт/ см^2
2. Оцените ширину полосы пропускания рубинового лазера с длиной активного элемента 5 см, плотность инверсии $5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$, и сечением перехода $2,5 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$. Ширина линии перехода 330 ГГц.

Тема 5. Генерация излучения (6 часов)

1. При какой длине резонатора He-Ne-лазер с шириной линии генерации $\Delta\nu_D=1 \text{ ГГц}$ еще будет работать в одномодовом режиме?
2. Оценить максимальный энергосъем с единицы объема активного вещества неодимового лазера, если плотность инверсной населенности составляет 10^{14} см^{-3} .
3. При оптимальной прозрачности зеркала лазера выходная интенсивность генератора составляет 5% от интенсивности насыщения. Определите коэффициент отражения выходного зеркала, если ненасыщенное усиление равно 2. коэффициент усиления $a_0=0.1 \text{ см}^{-1}$

Тема 6. Оптические резонаторы

1. Оцените число Френеля, разность частот между соседними продольными и поперечными модами для $l = 1 \text{ мкм}$, $L = 1 \text{ м}$, $2a = 1 \text{ см}$
2. Оцените число всех возможных мод в резонаторе для Ar-лазера со следующими параметрами $l = 488 \text{ нм}$, $L = 1 \text{ м}$, $a = 1 \text{ см}$, $\Delta\nu = 3.5 \text{ ГГц}$