



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

**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 спектроскопия**

1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки)

курс 2 семестр 3

лекции 8 час. / (8/36) з.е.

практические занятия 10 час. / (10/36) 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 10 час.

самостоятельная работа 54 час.

в том числе на подготовку к экзамену 0 час.

зачет предусмотрен 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 2021 г.

Директор департамента/заведующий кафедрой Короченцев В.В.

Составитель (ли): к.ф.-м.н., доцент, Голик С.С.

**Оборотная сторона титульного листа**

**I. Рабочая программа актуализирована на заседании департамента/кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента/заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ В.В. Короченцев  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа актуализирована на заседании департамента/кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ В.В. Короченцев  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Аннотация рабочей программы учебной дисциплины «Лазерная спектроскопия»**

Рабочая программа дисциплины «Лазерная спектроскопия» разработана для аспирантов 2 курса по направлению «Физика и астрономия», профиль «Лазерная физика». Трудоемкость – 2 з.е.

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 03.06.01. «Лазерная физика».

**Цель:** освоение навыков применения физических закономерностей для объяснения принципов работы и устройства основных оптоэлектронных компонентов - источников и приемников оптического излучения различных типов, ознакомление с основными направлениями их применения и дальнейшего развития.

### **Задачи:**

- формирование знаний о современных тенденциях развития источников и приемников излучения оптического диапазона;
- формирование знаний об основных физических явлениях и закономерностях, определяющих работу источников и приемников излучения оптического диапазона;
- формирование знаний и умений в области экспериментального исследования параметров источников и приемников излучения оптического диапазона;
- формирование знаний и умений в области расчета и проектирования устройств оптоэлектроники на основе источников и приемников излучения оптического диапазона.

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

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2);

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции.

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>	
Способность самостоятельно	Знает	Интернет-ресурс Scopus для нахождения научных статей по определенной тематике.

ставить и решать задачи в области лазерной физики (ПК-1)	Умеет	Быстро найти информацию по определенной тематике и по определенным критериям.
	Владеет	Умением анализировать информацию с зарубежных научных статей.
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	Основные приборы и методы, необходимые для проведения физических экспериментов в области лазерной спектроскопии.
	Умеет	Анализировать экспериментальные данные в области лазерной спектроскопии.
	Владеет	Способностью самостоятельно делать выводы после непосредственного анализа спектральных данных.
Владение основными методами постановки и проведения экспериментов в области лазерной физики, в том числе нелинейной оптики и лазерной спектроскопии (ПК-2)	Знает	Основную теорию комбинационного рассеяния света.
	Умеет	Анализировать научно-техническую информацию по спектроскопии комбинационного рассеяния света.
	Владеет	Способностью самостоятельно получать и анализировать спектры комбинационного рассеяния света.

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

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**( \_18\_ час., в том числе \_\_\_ час. с использованием методов активного обучения)**

### **Раздел I. Спектроскопия комбинационного рассеяния света (8 час.)**

#### **Тема 1. Теория комбинационного рассеяния света (2 час.)**

Рассеяние, происходящее на флуктуациях плотности. Современная квантовомеханическая теория комбинационного рассеяния. Взаимосвязь Комбинационного рассеяния света с изменением поляризуемости молекул за счет колебаний ядерного скелета молекулы.

#### **Тема 2. Приборы для регистрации спектра комбинационного рассеяния (2 час.)**

ICCD камера - ПЗС камера с электронно-оптическим преобразователем. Монохроматор/спектрограф SpectraPro 2500i

### **Тема 3. Лазерный комплекс для возбуждения спектров комбинационного рассеяния (2 час.)**

Лазеры сверхкоротких (ультра, предельно коротких) импульсов (ски, уки, пки), фемтосекундные лазеры. Характерные черты. Принцип действия лазеров УКИ. Процесс активной синхронизации мод.

### **Тема 4. Метод пассивной синхронизации мод для получения СКИ (2 час.)**

Сложение мод, согласованных по фазе. Многомодовое излучение с широким спектром. Эффект керровской линзы и режим генерации импульсов фемтосекундной длительности.

## **Раздел II. Метод лазерной искровой спектроскопии (10 час.)**

### **Тема 1. Оптический пробой газа (2 час.)**

Оптический пробой в прозрачных средах. Основные черты явления пробоя. Образование плазмы за счет нелинейной ионизации газа. Ионизации газа электронами, ускоренными при столкновениях с атомами в поле излучения. Образование свободных электронов в газе. Ускорение свободных электронов. Развитие электронной лавины.

### **Тема 2. Основные схемы метода лазерной искровой спектроскопии (2 час.)**

Метод лазерной искровой спектроскопии. Преимущества и недостатки метода лазерной искровой спектроскопии.

### **Тема 3. Динамика оптического пробоя жидкости (2 час.)**

Понятие динамики оптического пробоя жидкости. Возможность реализации оптического пробоя в жидкости

Физический сценарий фемтосекундного взрыва, условно разделенные на три последовательные фазы:

1. фаза плазмообразования во внутренних областях;
2. фаза вскипания этих областей (нуклеации пара);
3. фаза фрагментации.

Возникновение плазмы в среде при распространении.

Фотоионизация нейтральных молекул.

### **Тема 4. Способ регистрации аналитического сигнала с помощью техники временного стробирования (2 час.)**

Способ регистрации аналитического сигнала с помощью техники временного стробирования. Характеристика метода. Зависимость свойств плазмы с характеристиками спектральных линий. Ширины

### **Тема 5. Спектрохимический анализ вещества методом лазерной искровой спектроскопии (2 час.)**

Основное назначение метода лазерной искровой спектроскопии. Достоинства метода.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

( 18 час., в том числе      час. с использованием методов активного обучения)

### **Практические занятия (18 час.).**

#### **Раздел I. Спектроскопия комбинационного рассеяния света (10 часов)**

##### **Занятие 1. Изучение лазерного комплекса (2 часа.)**

1. Изучение схемы комплекса.
2. Изучение двух порогов генерации.

##### **Занятие 2. Изучение ICCD камеры (2 часа.)**

1. Устройство электронно-оптического преобразователя.
2. Медленно и быстро стробируемые ЭОП

##### **Занятие 3. Проведение измерений на экспериментальной установке (2 часа.)**

Выполнить практическую часть работы в следующей последовательности:

Порядок выполнения работы.

1. Включить лазер при закрытой заслонке выходного излучения.
2. Включить компьютер.
3. Включить питание монохроматора и ICCD камеры.
4. Запустить программу управления монохроматором и ICCD.

Установить ширину щели 20 мкм. Выбрать решетку 1200 штрих/мм.

Установить длину волны 400 нм.

5. Установить следующие параметры камеры:

- CCD GAIN – 800 V
- exp. time = 1000 мкс.
- internal trigger

6. Открыть заслонку лазера, включить генерацию лазерного излучения.

7. Зарегистрировать и сохранить спектр комбинационного рассеяния

воды.

8. Выключить режим генерации лазера.

9. Закрыть заслонку и выключить питание лазера.

10. Включить ртутную лампу и записать спектр ртутной лампы.

Сохранить калибровочный спектр.

11. Выключить ртутную лампу

12. Закрыть программы управления монохроматором и ICCD

камерой.

13. Включить питание монохроматора и затем ICCD камеры.

14. Сохранить данные на съемный диск и выключить компьютер.

##### **Занятие 4. Расчет параметров стоксовых сателлитов комбинационного рассеяния (2 часа.)**

Используя MathCad, определите положения и интенсивности стоксовых сателлитов комбинационного рассеяния. Вычислите отстройку сателлитов от

возбуждающей линии в Ангстремах, Гц и см<sup>-1</sup>. По полученным длинам волн определите частоты собственных колебаний молекул исследованного вещества. Оцените температуру вещества в кювете. Если полученная температура отличается от комнатной, то объясните почему.

### **Занятие 5. Подготовка отчетности по проделанной работе. (2 часа.)**

По полученным результатам из задания 4 подготовить отчетность по проделанной работе. Подготовка к ответу на контрольные вопросы:

1. Релеевское рассеяние света.
2. Комбинационное рассеяние света. Стоксовы и антистоксовы компоненты.
3. Принцип действия камеры ICCD.
4. Принцип работы фемтосекундного лазера.
5. Описание установки.

## **Раздел II. Метод лазерной искровой спектроскопии (8 часов)**

### **Занятие 6. Ti-сапфировый лазер (2 часа.)**

1. Устройство регистрации оптических сигналов
2. Оптический разделитель луча
3. Усиление изображения
4. Фотокатод
5. Микроканальная пластина (MCP)
6. Люминофорный экран

### **Занятие 7. Метрологические характеристики метода лазерной искровой спектроскопии (2 час.)**

1. Восприимчивость
2. Предел обнаружения
3. Правильность
4. Метод внутреннего стандарта

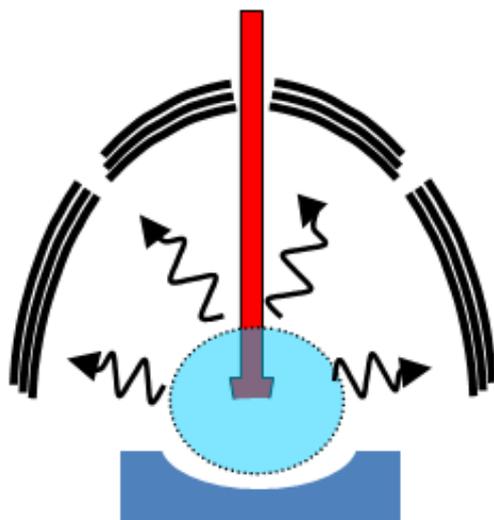
### **Занятие 8. Калибровка оборудования и подготовка эксперимента (2 час.)**

Диэлектрическое зеркало нужно чтобы направить лазерный пучок на кювету с исследуемым водным раствором. Коэффициент отражения зеркала равен 99,6%. Такой высокий коэффициент отражения нужен чтобы интенсивность лазерного пучка, попадающего в пробу, была максимальной.

Собирающая линза необходима для фокусировки лазерного излучения на поверхность жидкости. Точность фокусировки определяется фокусным расстоянием линзы.

1. Необходимо провести калибровочные работы. Система линз необходимо настроить так, чтобы лазерный луч попадал точно в центр линзы. Для этого необходимо выбрать минимальная интенсивность лазерного излучения, и на поверхность линзы положить лист бумаги и по положению лазерного пятна на этом листе произвести юстировку.

2. Следует учитывать динамику разлета плазмы. Она показана на рисунке 9. Между поверхностью образца и линзой делается небольшой угол (около  $3^\circ$ ). Это нужно для того, чтобы плазма, разлетевшаяся после взаимодействия, не попала на аппаратуру. Во время проведения эксперимента она собирается специальным прибором.



**Рис. 11.** Динамика разлета плазмы.

Между входным окном спектрографа и образцом должно быть двойное фокусное расстояние, той линзы, которая собирает излучение от плазмы. Это нужно для того, чтобы размер изображения плазменного факела совпал с его реальным размером. Таким образом, изображение плазмы будет попадать на камеру перевернутым. Это следует из классической оптики.

### **Занятие 9. Расчет концентраций образца (2 час.)**

1. Используя полученные ранее знания определить неизвестную концентрацию химического элемента в водном растворе с помощью метода лазерной искровой спектроскопии.

2. Подготовить отчетность по проделанной работе.

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Лазерная спектроскопия» 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 ЦЕЛЕЙ КУРСА

##### 1 семестр

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Теория комбинационного рассеяния света	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 1
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	
2	Приборы для регистрации спектра комбинационного рассеяния	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 2
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	
3	Лазерный комплекс для возбуждения спектров комбинационного рассеяния	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 3
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	
4	Метод пассивной синхронизации мод для получения СКИ	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 4
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	

##### 2 семестр

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Оптический пробой газа	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 1
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	
2	Основные схемы метода лазерной искровой спектроскопии	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 2
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	
3	Динамика оптического пробоя жидкости	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 3
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	

4	Способ регистрации аналитического сигнала с помощью техники временного стробирования	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 4
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	
5	Спектрохимический анализ вещества методом лазерной искровой спектроскопии	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 5
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении 2.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Ведринский Р.В. Квантовая теория рассеяния: учебник / Ведринский Р.В. – Ростов-на-Дону : Издательство ЮФУ, 2008. 192 с. ISBN 978-5-9275-0626-2 – Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog/product/553275>

2. Лидер А. М. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики : учеб. пособие / С.И. Кузнецов, А.М. Лидер. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2018. – 212 с. – Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog/product/950965>

3. Литвин В. В. Молекулярная спектроскопия: основы теории и практика: Учебное пособие / Под ред. проф. Ф.Ф. Литвина. – М. : НИЦ Инфра-М, 2013. – 263 с.: 60x88 1/16. – (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-16-005727-9 – Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog/product/352873>

### Дополнительная литература

1. Неверов К. В. Молекулярная спектроскопия: основы теории и практика: Учебное пособие / Ф.Ф. Литвин, В.Т. Дубровский и др.; Под ред. Ф.Ф.Литвина – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 263 с.: 60x88 1/16. – (Высшее образование: Бакалавриат). (о) ISBN 978-5-16-005727-9 – Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog/product/444657>

2.

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

#### «Интернет»

1. Научная электронная библиотека. – Режим доступа <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

2. Газета "Физика" издательского дома "Первое сентября" – Режим доступа <http://window.edu.ru/resource/879/34879>

3. <http://e.lanbook.com/> – Электронно-библиотечная система;
4. <http://www.studentlibrary.ru/> - Студенческая электронная библиотека;
5. <http://znanium.com/> – Электронно-библиотечная система;
6. <http://www.nelbook.ru/> – Электронная библиотека;

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Приступить к освоению дисциплины следует в самом начале учебного семестра. Рекомендуются 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 и практическим 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.

Основной целью проведения практических занятий является систематизация и закрепление знаний по изучаемой теме, формирование умений самостоятельно работать с дополнительными источниками информации, аргументировано высказывать и отстаивать свою точку зрения.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:

- повторить теоретический материал по заданной теме;
- продумать формулировки вопросов, выносимых на обсуждение;
- использовать не только конспект лекций, но и дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем.

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

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения практических занятий используется оборудование научных лабораторий, оснащенных оптическими столами, оптическими компонентами для создания экспериментальных установок с использованием источников и приемников оптического излучения, большое количество измерительных приборов, персональные компьютеры.

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 спектроскопия»**  
*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 течение семестра	Изучение разделов теоретической части курса	15 час.	Собеседование (УО-1)
2.	В течение семестра	Подготовка к практическим занятиям	30 час.	Тест (ПР-1) Контрольная работа (ПР-2)
3.	В течение семестра	Подготовка к экзамену	9 час.	Зачет

## 2 семестр

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	В течение семестра	Изучение разделов теоретической части курса	12 час.	Собеседование (УО-1)
2.	В течение семестра	Подготовка к практическим занятиям	24 час.	Тест (ПР-1) Контрольная работа (ПР-2)
3.	В течение семестра	Подготовка к экзамену	18 час.	Зачет

### Методические указания по выполнению самостоятельной работы по дисциплине

Самостоятельная работа включает в себя три вида работ: изучение разделов теоретической части курса, подготовка к практическим занятиям, подготовка к экзамену.

Изучение разделов теоретической части курса и подготовка к практическим занятиям осуществляется аспирантом в период между посвященной данной теме лекцией и соответствующим практическим занятием. Задание и литературу для изучения разделов теоретической части курса преподаватель сообщает в конце лекции. Подготовка к практическим занятиям осуществляется студентом по лекциям и литературе, использовавшейся при изучении разделов теоретической части курса.

Подготовку к экзамену рекомендуется осуществлять в течение семестра непосредственно после окончания изучения очередной темы по вопросам, представленным в приложении 2.

## **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Контроль выполнения работы по изучению разделов теоретической части курса осуществляется на практических занятиях выборочно в форме собеседования. Оформление ответов на вопросы не требуется.

Контроль выполнения работы по подготовке к практическим занятиям осуществляется на практических занятиях в форме контрольной работы.

Контрольные работы завершают изучение разделов учебной дисциплины. Количество работ – 9. Вопросы контрольных работ представлены в приложении 2.

### **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»**  
(ДВФУ)

---

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

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

## ПАСПОРТ ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
	Способность самостоятельно ставить и решать задачи в области лазерной физики (ПК-1)	Знает
Умеет		Быстро найти информацию по определенной тематике и по определенным критериям.
Владеет		Умением анализировать информацию с зарубежных научных статей.
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	Основные приборы и методы, необходимые для проведения физических экспериментов в области лазерной спектроскопии.
	Умеет	Анализировать экспериментальные данные в области лазерной спектроскопии.
	Владеет	Способностью самостоятельно делать выводы после непосредственного анализа спектральных данных.
Владение основными методами постановки и проведения экспериментов в области лазерной физики, в том числе нелинейной оптики и лазерной спектроскопии (ПК-2)	Знает	Основную теорию комбинационного рассеяния света.
	Умеет	Анализировать научно-техническую информацию по спектроскопии комбинационного рассеяния света.
	Владеет	Способностью самостоятельно получать и анализировать спектры комбинационного рассеяния света.

### 1 семестр

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Теория комбинационного рассеяния света	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 1
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	
2	Приборы для регистрации спектра комбинационного рассеяния	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 2
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	

3	Лазерный комплекс для возбуждения спектров комбинационного рассеяния	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 3
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	
4	Метод пассивной синхронизации мод для получения СКИ	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 4
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	

## 2 семестр

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Оптический пробой газа	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 1
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	
2	Основные схемы метода лазерной искровой спектроскопии	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 2
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	
3	Динамика оптического пробоя жидкости	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 3
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	
4	Способ регистрации аналитического сигнала с помощью техники временного стробирования	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 4
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	
5	Спектрохимический анализ вещества методом лазерной искровой спектроскопии	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос 5
			умеет, владеет	Собеседование (УО-1)	

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
Способность самостоятельно ставить и решать задачи в области лазерной физики (ПК-1)	знает (пороговый уровень)	Интернет-ресурс Scopus для нахождения научных статей по определенной тематике.	Проблема раскрыта не полностью. Выводы не сделаны или выводы не обоснованы. Представляемая информация не систематизирована или не последовательна.	Способность самостоятельного поиска научных статей в базе данных Scopus.
	умеет (продвинутый)	Быстро найти информацию по определенной тематике и по определенным критериям.	Проведен анализ проблемы. Не все выводы сделаны и/или обоснованы.	Способность анализировать найденную информацию в российских и зарубежных научных изданиях и делать из нее выводы.
	владеет (высокий)	Умением анализировать информацию с зарубежных научных статей.	Проблема раскрыта полностью. Проведен анализ проблемы. Выводы обоснованы.	Способность использовать выводы, сделанные из анализа научных статей базы данных Scopus для написания собственных курсовых/дипломных работ.
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 лазерной спектроскопии.	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 спектроскопии. Ответы на элементарные вопросы по устройству и методах работы данных приборов.
	умеет (продвинутый)	Анализировать экспериментальные данные в области лазерной спектроскопии.	Проблема раскрыта. Проведен анализ проблемы. Не все выводы сделаны и/или обоснованы.	Умение анализировать экспериментальные данные в области лазерной спектроскопии.
	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 области лазерной физики, в том числе нелинейной оптики и лазерной спектроскопии	знает (пороговый уровень)	Основную теорию комбинационного рассеяния света.	Проблема раскрыта не полностью. Выводы не сделаны или выводы не обоснованы. Представляемая информация не систематизирована или не последовательна.	Способность воспроизвести теоретическую часть комбинационного рассеяния света.
	умеет (продвинутый)	Анализировать научно-техническую информацию по спектроскопии	Проблема раскрыта. Проведен анализ проблемы. Не все выводы сделаны и/или обоснованы.	Умение анализировать спектральные данные комбинационного рассеяния света.

(ПК-2)		комбинационного рассеяния света.		
	владеет (высокий)	Способностью самостоятельно получать и анализировать спектры комбинационного рассеяния света.	Проблема раскрыта полностью. Проведен анализ проблемы. Выводы обоснованы.	Способность самостоятельно получать и анализировать спектры комбинационного рассеяния света.

### Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в форме экзамена в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

#### Критерии выставления оценки на экзамене по дисциплине

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
«отлично»	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»	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»	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 «не 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 экзамену

### 1 семестр

1. Теория комбинационного рассеяния света.
2. Приборы для регистрации спектра комбинационного рассеяния.
3. Лазерный комплекс для возбуждения спектров комбинационного рассеяния.
4. Метод пассивной синхронизации мод для получения СКИ.

### 2 семестр

1. Оптический пробой газа.
2. Основные схемы метода лазерной искровой спектроскопии.
3. Динамика оптического пробоя жидкости.
4. Способ регистрации аналитического сигнала с помощью техники временного стробирования.
5. Спектрохимический анализ вещества методом лазерной искровой спектроскопии.

### Оценочные средства для текущего контроля

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения аспирантов и осуществляется преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, посещаемость всех видов занятий;
- степень усвоения теоретических знаний – контролируется двумя контрольными работами в течении семестра;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы – навыки работы с измерительным лабораторным оборудованием;
- результаты самостоятельной работы – по результату самостоятельной работы студенты обязаны подготовить и защитить реферат, написанный на основе статей, найденных в научной базе Scopus.