



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Спектроскопия плазмы**

Кафедра Физическая электроника

Направление:  
**03.04.02 Физика**

Профиль подготовки

Фундаментальная физика  
**Физика плазмы**

Квалификация (степень) выпускника

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Статус дисциплины: блок Б1.В.ОД.4 вариативная  
(базовая, вариативная, вариативная по выбору)

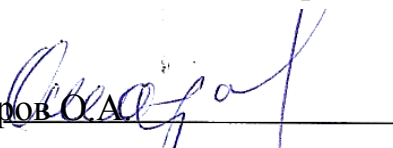
Махачкала, 2017 год

Рабочая программа дисциплины «Спектроскопия плазмы» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 Физика. Профиль подготовки - Физика плазмы (уровень: магистратура) от «28» 08 2015г. № 913.

Разработчики: Омарова Н.О., д.ф.-м.н., проф., Омаров О.А., д.ф.-м.н.,

профессор 


Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физической электроники от «22» марта 2017г., протокол № 8

Зав.кафедрой Омаров О.А. 

на заседании Методической комиссии физического факультета от «30» марта 2017г., протокол № 7.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «30» марта 2017 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Т.

## **Аннотация рабочей программы дисциплины**

Учебно-методический комплекс «Спектроскопия плазмы» составлен в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования с учетом рекомендаций основной образовательной программы по направлению **03.04.02 Физика**

Профиль подготовки

Фундаментальная физика

**Физика плазмы**

Квалификация (степень) выпускника

**Магистр**

Дисциплина блок Б1.В.ОД.4 входит в федеральный компонент цикла общепрофессиональных дисциплин и является обязательной для изучения.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой ФЭ.

Спецкурс базируется на курсах общей и теоретической физики, атомной и ядерной физики, радиотехники и радиоэлектроники, методов математической физики, физики плазмы. Изучение спецкурса позволяет закрепить знания по перечисленным предметам.

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области спектроскопии плазмы, теоретической физики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач.

Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания об основах квантового описания частиц на основе концепции волновых функций, строении атомов и молекул в объеме знаний курса атомной физики, квантовой физики, статистических законах распределения законах движения заряженных и нейтральных частиц, законах сохранения энергии, импульса и момента количества движения.

Данная дисциплина является базовой для дальнейшего изучения физики плазмы, основ физики газовых лазеров, физических основ

плазменных технологий.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

Способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2).

Способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности (ПК-3).

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контроля текущей успеваемости – контрольная работа, коллоквиум, тесты и промежуточный контроль в форме экзамена.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе								
	Контактная работа обучающихся с преподавателем								
	Всего	из них							
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации				
1	144	16		18			74	Экзамен-36	

## **1. Цель изучения дисциплины**

Целью и задачей дисциплины является ознакомление студентов с современным состоянием и перспективами развития спектроскопии плазмы, освоение терминологии, используемой в спектроскопии, основных спектроскопических методов исследования параметров плазмы, расширение и углубление знаний по спектроскопии плазмы, являющейся самостоятельным научным направлением, в рамках которого происходит интенсивное накопление сведений, что вызывает необходимость в их обобщении. Типичные задачи диагностики плазмы включают в себя определения количественного и качественного химического состава, выяснения как общего энергообмена, так и распределение энергии между различными частицами и их состояниями в квантовом и непрерывном спектрах. Важную роль спектроскопия играет в изучении элементарных процессов, реализация которых во многих применениях является целью создания плазменных устройств.

## **2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы**

Дисциплина «Спектроскопия плазмы» блок Б1.В.ОД.4 относится к дисциплинам вариативной части ОД ООП магистра. Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные способностью использовать теоретические знания, умения и практические навыки в области спектроскопии плазмы.

Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания о плазме как объекте спектроскопии; основные понятия и параметры, связанные с описанием излучения, поглощения и рассеяния света плазмой; методы излучения, поглощения и рассеяния для определения плотностей частиц в дискретных состояниях; интенсивности в спектрах и распределение энергии плазмы во внутренних и поступательных степенях свободы атомов и молекул; измерение концентраций атомов и молекул; спектроскопические методы определения электрических и магнитных полей в плазме; определение параметров свободных электронов плазмы.

Данная дисциплина является базовой для дальнейшего изучения электродинамики плазмы, физики газовых лазеров, физических основ плазменных технологий.

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

Студенты должны усвоить основы спектроскопии плазмы, научиться делать количественные оценки и проводить расчеты применительно к задачам из области диагностики, физики и техники плазмы.

Способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2).

Способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности (ПК-3).

По окончании освоения программы по направлению «Физика» выпускник должен продемонстрировать также компетенции, характерные для магистерской программы:

- способность разбираться в современном состоянии проблемы, теоретических работах и результатах экспериментов, входящих в программу,
- способность разбираться в методах исследований в объеме профессиональных дисциплин.

Компетенции магистерских программ должны учитывать региональные особенности и требования работодателей.

В результате изучения дисциплины специалист должен:

- **Получить представление** о преимуществах и недостатках спектроскопических методов исследования плазмы, о современном состоянии и перспективах развития спектроскопии плазмы, как отдельного научного направления;
- **Знать** основы спектроскопии плазмы, основные спектроскопические методы (полного поглощения и его модификации, лазерные абсорбционные методы, методы абсолютных и относительных интенсивностей и т.д.) исследования параметров плазмы (концентрации возбужденных атомов, электронов, сил осцилляторов и т.д.), терминологию, используемую в спектроскопии, основные фотометрические величины и единицы их измерения.
- **Уметь** оценивать по экспериментальным и справочным данным спектральные характеристики различных систем,

- **Приобрести навыки** моделирования ирешения задач по спектроскопии, навыки экспериментальной деятельности, в частности навыки исследования и определения параметров спектра плазмы, работы со специальными приборами, используемыми в спектроскопии плазмы (спектрограф, монохроматор и т.д.).

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ПК-2	Способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>знать</b> сведения о плазме как объекте спектроскопии; основные понятия и параметры, связанные с описанием излучения, поглощения и рассеяния света плазмой;</li> <li>• <b>уметь</b> измерение концентраций атомов и молекул; интенсивности в спектрах и распределение энергии плазмы во внутренних и поступательных степенях свободы атомов и молекул;</li> <li>• <b>владеть навыками</b> методы излучения, поглощения и рассеяния для определения плотностей частиц в дискретных состояниях; спектроскопические методы определения электрических и магнитных полей в плазме; определение параметров свободных электронов плазмы.</li> </ul>
ПК-3	Способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>знать</b> основы спектроскопии плазмы, основные спектроскопические методы (полного поглощения и его модификации, лазерные абсорбционные методы, методы абсолютных и относительных интенсивностей и т.д.) исследования параметров плазмы (концентрации возбужденных атомов, электронов, сил осцилляторов и т.д.), терминологию, используемую в спектроскопии, основные фотометрические величины и единицы их измерения.</li> <li>• <b>уметь</b> оценивать по экспериментальным и справочным данным спектральные характеристики различных систем, классифицировать плазму, находить и оценивать ее параметры, анализировать движение заряженных частиц при различных условиях, анализировать элементарные процессы;</li> <li>• <b>владеть навыками</b> моделирования ирешения задач по</li> </ul>

		спектроскопии, навыки экспериментальной деятельности, в частности навыки исследования и определения параметров спектра плазмы, работы со специальными приборами, используемыми в спектроскопии плазмы (спектрограф, монохроматор и т.д.).
		Знать: _____ Уметь: _____ Владеть: _____

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4зачетных единиц, 144 часов

№ п/п	Раздел дисциплины	Сем естр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Трудо-емкость	Лекции	Практич. занятия	Сам.раб.	Экзамен	
1	<b>Модуль 1 Введение в спектроскопию плазмы</b> Основные понятия и параметры, связанные с описанием излучения, поглощения и рассеяния света плазмой.	9	<b>36</b>					устный опрос, решение задач, выступления с докладами, презентации
			12	2	2	8		
2	Плазма как объект спектроскопии. Общие понятия.		12	2	2	8		
3	Методы излучения, поглощения и рассеяния для определения		12	2	2	8		устный опрос, выступления с докладами контрольная работа



	плотностей частиц в дискретных энергетических состояниях							
	Итого по модулю		36	6	6	24		
	<b>Модуль 2</b>							
4	Интенсивности в спектрах и распределение энергии плазмы во внутренних и поступательных степенях свободы атомов и молекул		18	2	4	12		устный опрос, презентации, задачи, выступления с докладами
5	Измерение концентраций атомов и молекул		18	3	2	13		устный опрос, презентации, задачи, выступления с докладами
	Итого по модулю		<b>36</b>	5	6	25		
	<b>Модуль 3</b>							
6	Спектральные методы определения электрических и магнитных полей в плазме		18	2	4	12		устный опрос, выступления с докладами контрольная работа
7	Определение параметров свободных электронов плазмы		18	3	2	13		устный опрос, выступления с докладами контрольная работа
	Итого по модулю		36	5	6	25		
	<b>Модуль 4</b>		<b>36</b>				36	<b>Экзамен</b>
	<b>Итого</b>		<b>144</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>74</b>	<b>36</b>	

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

#### 2.2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

##### 1. Введение в спектроскопию плазмы.

Основные понятия и параметры, связанные с описанием излучения, поглощения и рассеяния света плазмой.

Акцентируется внимание на необходимость спектроскопических исследований параметров плазмы, несостоятельность других методов при определении многих параметров плазмы. Дается краткий исторический очерк, также описывается современное состояние спектроскопии плазмы, современное направление в области спектроскопии плазмы. Задачи курса. Перечень необходимой для спецкурса литературы.

Символика энергетических уровней. Типы связи между моментами (нормальная LS - связь, промежуточная, JJ - связь). Правила отбора для оптических переходов.

Понятие энергетического спектра атомов. Основные характеристики спектра, квантовые числа. Основные моменты атомов. Понятие мультиплетности. Типы связи между моментами. Отличительные особенности нормальной LS - связи, промежуточной, JJ – связи. Понятие разрешенных и запрещенных переходов между атомами. Основные правила отбора для оптически -разрешенных переходов. Времена жизни атомов в возбужденных состояниях и методы их определения. Естественное расширение уровней энергии. Понятие ширины спектральной линии.

Спонтанные и вынужденные переходы между квантовыми состояниями атома. Понятие вероятности для спонтанного перехода. Время жизни возбужденных состояний, как характеристика устойчивости возбужденного состояния. Связь времени жизни атомов в возбужденном состоянии с естественной шириной спектральной линии. Соотношение между естественной шириной спектральной линии и естественным расширением уровней энергии. Методы определения времени жизни атомов в возбужденном состоянии.

Основные фотометрические характеристики спектральной линии конечной ширины.

Спектральные и интегральные фотометрические характеристики спектральной линии конечной ширины. Спектральный и интегральный поток излучения, яркость, светимость источника излучения. Единицы измерения основных фотометрических величин в различных системах.

Контур спектральной линии. Классическая и квантовая теория естественного уширения спектральных линий. Виды уширения спектральных линий: естественное, доплеровское уширение.

Функция распределения зависимости интенсивности (яркости, светимости и т.д.) от частоты, по виду которой определяют такую характеристику, как контур спектральной линии. Основные механизмы уширения спектральных линий и формирования их контуров. Естественное и доплеровское уширения спектральных линий. Вид функции распределения для естественного и доплеровского механизмов уширения спектральной линии. Понятие доплеровской и лоренцевской частот.

Учет одновременного влияния доплеровского и естественного уширения – контур Фойхта.

Учет тонкой структуры в контурах спектральных линий.

Совместное действие естественного, доплеровского и столкновительного механизмов, приводит к образованию нового контура, который носит название смешанного или Фойхтовского контура. Вид Фойхтовского контура, приближения при которых контур Фойхта переходит в доплеровский и естественный контура. Тонкая структура спектральных линий, связанная с таким параметром, как мультиплетность спектральных линий. Влияние расщепления энергетических уровней на вид контура спектральной линии.

Уширение спектральных линий ионами и электронами. Квазистатистическое и ударное приближение. Корреляционные эффекты и образование сателлитов на крыльях спектральных линий.

Рассматривается расширение спектральных линий, связанное с взаимодействием между атомами. Существует две противоположные теории, описывающие данный механизм уширения спектральных линий: квазистатистическая и ударная. Приближения ударной теории Лоренца и Ленца-Вейскопфа и квазистатистической теории Хольцмарка и Линдхольма. Возникновение сдвига спектральной линии, связанное с воздействием электрических полей соседних атомов и молекул на данный атом. Механизм возникновения сателлитов на крыльях спектральной линии.

Поглощение и излучение спектральных линий. Описание излучения и поглощения с помощью вероятностей перехода. Интенсивность спектральных линий.

Определяя мощность излучения числом элементарных актов испускания, возникает необходимость введения понятия вероятности перехода, соответствующего испусканию или поглощению излучения. Описание поглощения и излучения спектральной линии используя понятие вероятности перехода представляется наиболее правильным, нежели предполагает классическая электродинамика.

Общие сведения о методах расчета вероятностей переходов. Определение вероятностей перехода по излучению и поглощению спектральных линий: ( Методы поглощения, крюков Рождественского, испускания и комбинированные методы).

Подробным образом излагаются методы определения сил осцилляторов и их особенности. Особый интерес представляет метод крюков Рождественского, основанный на исследовании явления аномальной дисперсии величины  $f_{ik}N_i$  и возникновении характерных изгибов интерференционных полос по обе стороны от линии поглощения. Представлены результаты предлагаемых методов определения вероятностей перехода в атомах. Отдельно описываются результаты определения вероятностей переходов в главных сериях, резонансных линиях и т.д.

Интенсивность спектральных линий. Влияние самопоглощения на интенсивность спектральных линий.

Под интенсивностью линии понимают величину пропорциональную мощности излучения единицы объема, если считать, что явления самопоглощения и диффузии излучения в пределах излучающего объема отсутствуют. Рассматривается оценка величин относительных интенсивностей для составляющих PS – мультиплетов и показывается, что если линии возникают при комбинировании между двумя сложными уровнями, то суммарные интенсивности линий, возникающих при слиянии верхних или нижних уровней в один общий, относятся как статистические веса соответствующих верхних или

нижних уровней. Даны оценки влияния самопоглощения на интенсивность спектральных линий, для различных предельных случаев.

## **2. Плазма, как объект спектроскопии. Равновесная плазма. Основные уравнения. Излучение плазмы. Связь излучения с элементарными процессами, происходящими в ней. Излучение равновесной плазмы.**

В оптических спектрах плазмы проявляется необычайно высоко развитая структура ее энергетических состояний, поэтому ее спектроскопическое исследование является одним из основных методов исследования. Однако в характерных для плазмы условиях сильного возбуждения отдельных частиц и их ансамблей число параметров, адекватно описывающих состояние как собственно объекта, так и его оптического спектра, определяется степенью отступления от состояний термодинамического равновесия. Поэтому здесь анализируются различные состояния равновесия плазмы и излучательные свойства плазмы в этих состояниях.

## **3. Методы излучения, поглощения и рассеяния для определения плотностей частиц в дискретных энергетических состояниях**

Эмиссионные методы. Идентификация спектров. Абсолютные измерения. Излучение протяженных неоднородных источников.

Эмиссионные методы сводятся к измерениям интенсивностей в спектрах спонтанного излучения. По определенным соотношениям оценивается связь интенсивности спектральных линий с плотностью излучающих эти линии возбужденных частиц.

Методы поглощения с использованием классических излучателей: поглощение на фоне сплошного спектра, линейчатое поглощение, самопоглощение мультиплетных линий.]

Методы поглощения основаны на измерении поглощения света, прошедшего через однородный объект, что при известной вероятности перехода дает абсолютную величину разности заселенностей уровней. Существуют различные методы поглощения: поглощение на фоне сплошного спектра, линейчатое поглощение, самопоглощение мультиплетных линий. Каждый из перечисленных методов полного поглощения применим к различным видам уширения линий: доплеровское, лоренцовское и фойхтовское.

### **Спектроскопия поглощения с частотно - перестраиваемыми и широкополосными лазерами.**

Спектроскопия плазмы существенно расширила свои возможности благодаря применению лазеров с управляемой частотой генерации. К настоящему времени разработано и реализовано большое число приемов и схем получения лазерной генерации в широкой спектральной области. По сравнению с классическими лазерные источники дают заметные преимущества в ряде, часто совокупных отношений: в лазерах сравнительно легко достигаются спектральные ширины полос излучения  $<10^{-4}$  см<sup>-1</sup>, что для комбинаций классических источников и монохроматоров представляет определенную проблему; применение лазеров с контролируемой перестройкой частоты позволяет унифицировать и автоматизировать измерения; большая мощность и узкая диаграмма направленности лазерного излучения позволяют во многих случаях избавиться от необходимости учета собственного свечения плазмы; и т.д.

## **Непрямые методы регистрации поглощения лазерного излучения. Индуцированная флуоресценция и опто-гальваническая спектроскопия.**

Альтернативной может быть регистрация изменения того или иного параметра объекта, вызванного проходящим через него излучением. На сегодня существуют такие непрямые методы регистрации поглощения лазерного излучения как лазерно-индуцированная флуоресценция и опто-гальваническая спектроскопия.

Многофотонные процессы. Комбинационное рассеяние.

**4. Интенсивности в спектрах и распределение энергии плазмы во внутренних и поступательных степенях свободы атомов и молекул**

**5. Измерение концентраций атомов и молекул**

**Лазерные абсорбционные методы измерения плотности возбужденных атомов. Нестационарные когерентные эффекты, связанные с прохождением сверхкоротких лазерных импульсов через плазму (самоиндуцированная прозрачность, фотонное эхо).**

Все прямые методы поглощения лазерного излучения основаны на выполнении закона Бугера-Берра-Ламберта. При высокой интенсивности излучение может изменять условия равновесия исследуемой системы, перераспределять заселенности уровней частиц. Другим важным свойством излучения является – когерентность – согласованность нескольких периодических процессов. Согласованы они могут быть в пространстве или во времени, таким образом, возникает вопрос о временной и пространственной когерентности. Взаимодействие когерентного излучения с веществом приводит к многочисленным нелинейным эффектам (квантовые биения, фотонное эхо, самоиндуцированная прозрачность, сверхизлучение и др.).

**Спектроскопические методы измерения плотности электронов и их температуры. Метод относительных интенсивностей спектральных линий и спектральной линии к прилегающему континууму.**

Точное измерение абсолютных интенсивностей спектральных линий связано с большими экспериментальными трудностями. Кроме того, во многих случаях известны только относительные значения вероятностей переходов. В основу метода измерения температуры плазмы, разработанного Л.С. Орнштейном, положено спектроскопическое определение температуры по измерениям относительных интенсивностей спектральных линий. Это дает возможность избежать измерения абсолютных значений и не требует знания абсолютных величин концентраций атомов или ионов. Суть метода состоит в следующем. Рассматриваются две спектральные линии, возникающие при переходе между возбужденными уровнями  $k_i$  и  $l_m$  одного сорта частиц (атомов, ионов данной кратности и т. д.).

**Метод измерения температуры электронов по спектральной зависимости рекомбинационного и тормозного континуумов.**

Определение параметров электронной компоненты по спектрам тормозного и рекомбинационного континуумов основано на том, что сечение процессов, приводящих к излучению сплошного спектра зависят от скорости свободных электронов, а интенсивность – от концентрации заряженных частиц. Для нахождения концентрации

электронов следует измерять абсолютные интенсивности, для определения температуры электронов их частотные зависимости.

6. **Спектральные методы определения электрических и магнитных полей в плазме**
7. **Определение параметров свободных электронов плазмы**

### **2.3 ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**Тема.** Поглощение и излучение спектральных линий. Вероятности электронных переходов в атомах (силы осцилляторов). Методы их определения (поглощения, крюков Рождественского, испускания и комбинированные методы)

**Вопросы к теме:**

1. Понятие спектральной линии, контура линии.
2. Виды уширения спектральной линии.
3. Поглощение и излучение спектральных линий. Фотометрические характеристики, используемые при исследовании излучения и поглощения спектральных линий.
4. Вероятности переходов в атомах – силы осцилляторов.
5. Методы определения сил осцилляторов.

**Основные требования, предъявляемые при подготовке к семинарскому занятию:**

1. Подготовка презентации в виде слайдов в специальном пакете MicrosoftPowerPoint, на которых отображены основные моменты выступления, вступительная и заключительная части выступления, литература, использованная при подготовке к семинарскому занятию.
2. Поиск дополнительного материала, не прочитанного в лекции по предлагаемой теме, в современных научных журналах.

**Тема** Определение концентрации атомов и молекул методами поглощения.

**Вопросы к теме:**

1. Методы поглощения с использованием классических излучателей: поглощение на фоне сплошного спектра, линейчатое поглощение, самопоглощение мультиплетных линий.
2. Спектроскопия поглощения с частотно - перестраиваемыми и широкополосными лазерами.
3. Непрямые методы регистрации поглощения лазерного света.
4. Основные модификации методов полного поглощения.

**Тема: « Исследование динамики излучательных процессов, происходящих в низкотемпературной неравновесной плазме, созданной в плазменных волноводах»**

**Задачи:**

1. Ознакомление с экспериментальной установкой получения и регистрации оптического излучения низкотемпературной плазмы.
2. Освоить методику экспериментального исследования спектральных характеристик оптического излучения низкотемпературной плазмы.
3. Построение осциллограмм зависимости интенсивности излучения для данной спектральной линии от давления в разрядной камере, от амплитуды импульса прикладываемого напряжения.

**Тема. Методика и техника измерения концентрации возбужденных атомов по методу полного поглощения.**

**Задачи:**

4. Ознакомиться с экспериментальной установкой измерения концентрации возбужденных атомов.
5. Освоить технологические особенности работы с лазерами. Технические характеристики эксимерного лазера, используемого для накачки лазера на красителях.
6. Определить область максимального поглощения излучения от лазера на красителе в плазменной среде.
7. По известным формулам и полученным экспериментальным данным оценить значение концентрации возбужденных атомов, соответствующих различным переходам.
8. Построить зависимости концентрации возбужденных атомов от времени при трех различных давлениях и оценить зависимость концентрации возбужденных атомов от давления.

## **5. Образовательные технологии**

---

*(Указываются образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы.)*

*В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебных курсов должны быть предусмотрены встречи с российскими и зарубежными учеными, экспертами и специалистами.)*

С целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий:

- во время лекционных занятий используется презентация с применением слайдов с графическим и табличным материалом, что повышает наглядность и информативность используемого теоретического материала;

- практические занятия предусматривают использование групповой формы обучения, которая позволяет студентам эффективно взаимодействовать в микрогруппах при обсуждении теоретического материала;

- использование кейс–метода (проблемно–ориентированного подхода), то есть анализ и обсуждение в микрогруппах конкретной деловой ситуации из практического опыта товароведной деятельности отечественных и зарубежных компаний;

- использование тестов для контроля знаний во время текущих аттестаций и промежуточной аттестации;

- решение задач;

- подготовка рефератов и докладов по самостоятельной работе студентов и выступление с докладом перед аудиторией, что способствует формированию навыков устного выступления по изучаемой теме и активизирует познавательную активность студентов.

Предусмотрены также встречи и мастер-классы специалистов.

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах					
Методы	Формы	Лекции (час)	Практические /семинарские Занятия (час)	СРС (час)	Всего
Работа в команде	решение задач		2		2
«Мозговой штурм» (атака)	опрос студентов, решение задач		2		2
Дискуссия	лекция	4			4
Работа в группах	решение задач контрольная работа		2		2
Выступление в роли обучающего,	Лекция		1		1
Итого интерактивных занятий		4	7		11



## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

*(Приводятся виды самостоятельной работы обучающегося, порядок их выполнения и контроля, дается учебно-методическое обеспечение (возможно в виде ссылок) самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.*

**Тестовые задания по дисциплине «Спектроскопия плазмы» для студентов 4-го курса специальности «Физика плазмы».**

**1. Энергетический спектр атома может быть задан с помощью вполне определенного набора внутренних характеристик атома – его квантовых чисел. К данному набору чисел относятся:**

- А) главное квантовое число, орбитальное квантовое число, спиновое квантовое число;
- Б) главное квантовое число, орбитальное квантовое число и магнитный момент атома;
- В) главное квантовое число, орбитальное квантовое число, мультиплетность атома, определяемая спиновым квантовым числом и внутреннее квантовое число.

**2. Основные разделы современной спектроскопии подразделены на:**

- А) Эмиссионная спектроскопия, основанная на методах излучения, штарковская спектроскопия, спектроскопия поглощения;
- Б) Эмиссионная спектроскопия, спектроскопия поглощения, спектроскопия рассеяния (томсоновского, комбинационного и т.д.);
- В) Спектроскопия поглощения, абсорбционная спектроскопия.

**3. Под спектральной линией понимается:**

- А) Определенная часть спектра;
- Б) Участок спектра, отвечающий переходу между связанными состояниями частиц;
- В) Линия определенной частоты, длины волны.

**4. Доплеровское уширение спектральной линии обусловлено:**

- А) Естественным затуханием излучения;
- Б) Движением излучающей частицы;
- В) Взаимодействием излучающих частиц.

**5. Уширение спектральной линии, обусловленное совместным действием естественного, доплеровского и столкновительного уширения называется:**

- А) Штарковским уширением;
- Б) уширением за счет эффекта Зеемана;
- В) Фойхтовским уширением.

**6. Одним из наиболее распространенных методов определения сил осцилляторов спектральных линий атомов, суть которого заключается во введении компенсационной пластинки в интерферометр, за счет чего вблизи линии поглощения интерференционные полосы принимают характерную форму является :**

- А) метод поглощения;
- Б) метод лучеиспускания;
- В) метод крюков Рождественского.

**7. Какое обстоятельство, не связанное с ограничениями по условиям равновесия в плазме лежит в основе методов поглощения**

- А) Измерение поглощения света, прошедшего через однородный объект, дает, при известной вероятности перехода, абсолютную величину разности заселенностей уровней, связанных переходом;
- Б) В основе метода поглощения лежит определение коэффициента поглощения, измерение которого не имеет ограничений.

**8. Величина полного поглощения, определяемая для того, чтобы связать измеряемое экспериментально поглощение с заселенностями уровней определяется формулой:**

А)

Б) 
$$A = \frac{I_0 - I}{I_0} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{\ln 2}} \cdot \Delta \vartheta_d$$

В) 
$$A_G = \Delta \nu \cdot \frac{\Phi_0 - \Phi_l}{\Phi_0} = \Delta \nu \cdot \frac{\int_{\nu_1}^{\nu_2} f_0(\nu) d\nu - \int_{\nu_1}^{\nu_2} f_l(\nu) d\nu}{\int_{\nu_1}^{\nu_2} f_0(\nu) d\nu}$$

**9. Какие классические методы определения сил осцилляторов и концентрации атомов по самопоглощению излучения известны на сегодняшний день:**

- А) Метод двух трубок, метод одного плоского зеркала за трубкой, метод различных длин;
- Б) Метод двух трубок, метод одного плоского зеркала за трубкой, метод двух зеркал с трубкой между ними, метод различных длин;
- В) Метод абсорбционной спектроскопии, метод усиления излучения.

**10. Каковы преимущества лазерных источников излучения перед классическими в прямых измерениях поглощения:**

- А) Только большая мощность и узкая диаграмма направленности лазерного излучения;
- Б) Большая мощность и узкая диаграмма направленности, возможность получения более узких спектральных полос излучения, возможность перестройки излучения;
- В) Сочетание высокой интенсивности и пространственно-временной когерентности лазерного излучения.

**11. В каком случае взаимодействия лазерного излучения с веществом плазмы нарушается закон Бера-Бугера-Ламберта:**

- А) Если проходящее через плазменную среду лазерное излучение имеет длину когерентности намного меньше межатомного расстояния;
- Б) Если проходящее через плазменную среду лазерное излучение имеет длину

когерентности больше межатомного расстояния;

В) Закон Бера-Бугера – Ламберта не нарушается не при каких обстоятельствах.

**Экзаменационные вопросы для проведения промежуточной и итоговой аттестации**

1. Введение в спектроскопию плазмы. Символика энергетических уровней. Типы связи между моментами (нормальная LS - связь, промежуточная, JJ - связь). Правила отбора для оптических переходов.
2. Времена жизни атомов в возбужденных состояниях и методы их определения. Естественное расширение уровней энергии. Понятие ширины спектральной линии
3. Основные фотометрические характеристики спектральной линии конечной ширины Контур спектральной линии
4. Классическая и квантовая теория естественного уширения спектральных линий. Виды уширения спектральных линий: естественное, доплеровское уширение.
5. Учет одновременного влияния доплеровского и естественного уширения – контур Фойхта. Учет тонкой структуры в контурах спектральных линий
6. Уширение спектральных линий ионами и электронами. Квазистатистическое и ударное приближение. Корреляционные эффекты и образование сателлитов на крыльях спектральных линий.
7. Поглощение и излучение спектральных линий. Вероятности электронных переходов в атомах (силы осцилляторов). Методы их определения (поглощения, крюков Рождественского, испускания и комбинированные методы)
8. Интенсивность спектральных линий. Влияние самопоглощения на интенсивность спектральных линий.
9. Плазма, как объект спектроскопии. Равновесная плазма. Основные уравнения. Излучение плазмы. Связь излучения с элементарными процессами, происходящими в ней. Излучение равновесной плазмы
10. Излучение плазмы, находящейся в состоянии ЛТР и ЧЛТР. Излучение неравновесной плазмы
11. Эмиссионные методы. Идентификация спектров. Абсолютные измерения. Излучение протяженных неоднородных источников.
12. Методы поглощения с использованием классических излучателей: поглощение на фоне сплошного спектра, линейчатое поглощение, самопоглощение мультиплетных линий
13. Методы определения концентрации возбужденных атомов. Метод полного поглощения и его модификации (метод одного плоского зеркала за трубкой, метод

двух трубок, многоходовая кювета)
14. Спектроскопия поглощения с частотно - перестраиваемыми и широкополосными лазерами.
15. Непрямые методы регистрации поглощения лазерного излучения. Индуцированная флуоресценция и оптогальваническая спектроскопия.
16. Лазерные абсорбционные методы измерения плотности возбужденных атомов. Нестационарные когерентные эффекты, связанные с прохождением сверхкоротких лазерных импульсов через плазму (самоиндуциров. прозрачность, фотонное эхо).
17. Спектроскопические методы измерения плотности электронов и их температуры. Метод относительных интенсивностей спектральных линий и спектральной линии к прилегающему континууму..
18. Метод измерения температуры электронов по спектральной зависимости рекомбинационного и тормозного континуумов .

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

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ПК-2 Способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных	<ul style="list-style-type: none"> <li>• знать сведения о плазме как объекте спектроскопии; основные понятия и параметры, связанные с описанием</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос, тестирование

<p>исследований в инновационной деятельности</p> <p>ПК-3 Способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности</p>	<p>излучения, поглощения и рассеяния света плазмой;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>знать</b> основы спектроскопии плазмы, основные спектроскопические методы (полного поглощения и его модификации, лазерные абсорбционные методы, методы абсолютных и относительных интенсивностей и т.д.) исследования параметров плазмы (концентрации возбужденных атомов, электронов, сил осцилляторов и т.д.), терминологию, используемую в спектроскопии, основные фотометрические величины и единицы их измерения.</li> </ul>	
<p>ПК-2</p> <p>ПК-3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>уметь</b> измерение концентраций атомов и молекул; интенсивности в спектрах и распределение энергии плазмы во внутренних и поступательных степенях свободы атомов и молекул;</li> <li>• <b>уметь</b> оценивать по экспериментальным и справочным данным спектральные характеристики различных систем, классифицировать плазму, находить и оценивать ее параметры, анализировать движение заряженных частиц при различных условиях, анализировать элементарные процессы;</li> </ul>	<p>Письменный опрос, тестирование</p>

ПК-2 ПК-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>владеть навыками</b> методы излучения, поглощения и рассеяния для определения плотностей частиц в дискретных состояниях; спектроскопические методы определения электрических и магнитных полей в плазме; определение параметров свободных электронов плазмы.</li> <li>• <b>владеть навыками</b> моделирования решения задач по спектроскопии, навыки экспериментальной деятельности, в частности навыки исследования и определения параметров спектра плазмы, работы со специальными приборами, используемыми в спектроскопии плазмы (спектрограф, монохроматор и т.д.).</li> </ul>	Круглый стол Участие во всероссийских и международных конференциях
	Владеть ...	

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>знать</b> сведения о плазме как объекте</li> </ul>	Имеет неполное представление об	Допускает неточности в знании	Демонстрирует четкое представление об

	<p>спектроскопии; основные понятия и параметры, связанные с описанием излучения, поглощения и рассеяния света плазмой;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>уметь</b> измерение концентраций атомов и молекул; интенсивности в спектрах и распределение энергии плазмы во внутренних и поступательных степенях свободы атомов и молекул;</li> <li>• <b>владеть навыками</b> методы излучения, поглощения и рассеяния для определения плотностей частиц в дискретных состояниях; спектроскопические методы определения электрических и магнитных полей в плазме; определение параметров свободных электронов плазмы.</li> </ul>	<p>сведения о плазме как объекте спектроскопии; основные понятия и параметры, связанные с описанием излучения, поглощения и рассеяния света плазмой;</p> <p>Демонстрирует слабое умение анализировать измерение концентраций атомов и молекул; интенсивности в спектрах и распределение энергии плазмы во внутренних и поступательных степенях свободы атомов и молекул;</p> <p>Слабо владеет методы излучения, поглощения и рассеяния для определения плотностей частиц в дискретных состояниях; спектроскопические методы определения электрических и магнитных полей в плазме; определение параметров свободных электронов плазмы.</p>	<p>сведения о плазме как объекте спектроскопии; основные понятия и параметры, связанные с описанием излучения, поглощения и рассеяния света плазмой;</p> <p>Может анализировать измерение концентраций атомов и молекул; интенсивности в спектрах и распределение энергии плазмы во внутренних и поступательных степенях свободы атомов и молекул;</p> <p>Владеет методы излучения, поглощения и рассеяния для определения плотностей частиц в дискретных состояниях; спектроскопические методы определения электрических и магнитных полей в плазме; определение параметров свободных электронов плазмы.</p>	<p>сведения о плазме как объекте спектроскопии; основные понятия и параметры, связанные с описанием излучения, поглощения и рассеяния света плазмой;</p> <p>Может правильно анализировать измерение концентраций атомов и молекул; интенсивности в спектрах и распределение энергии плазмы во внутренних и поступательных степенях свободы атомов и молекул;</p> <p>Эффективно владеет методы излучения, поглощения и рассеяния для определения плотностей частиц в дискретных состояниях; спектроскопические методы определения электрических и магнитных полей в плазме; определение параметров свободных электронов плазмы.</p>
--	---	---	---	--

### ПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>знать</b> основы спектроскопии плазмы, основные спектроскопические методы (полного поглощения и его модификации, лазерные абсорбционные методы, методы абсолютных и относительных</li> </ul>	Имеет неполное представление основы спектроскопии плазмы, основные спектроскопические методы (полного поглощения и его модификации, лазерные	Допускает неточности в знании основы спектроскопии плазмы, основные спектроскопические методы (полного поглощения и его модификации,	Демонстрирует четкое представление основы спектроскопии плазмы, основные спектроскопические методы (полного поглощения и его модификации,

<p>интенсивностей и т.д.) исследования параметров плазмы (концентрации возбужденных атомов, электронов, сил осцилляторов и т.д.), терминологию, используемую в спектроскопии, основные фотометрические величины и единицы их измерения.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>уметь</b> оценивать по экспериментальным и справочным данным спектральные характеристики различных систем, классифицировать плазму, находить и оценивать ее параметры, анализировать движение заряженных частиц при различных условиях, анализировать элементарные процессы;</li> <li>• <b>владеть навыками</b> моделирования ирешения задач по спектроскопии, навыки экспериментальной деятельности, в частности навыки исследования и определения параметров спектра плазмы, работы со специальными приборами, используемыми в спектроскопии плазмы (спектрограф, монохроматор и т.д.).</li> </ul>	<p>абсорбционные методы, методы абсолютных и относительных интенсивностей и т.д.) исследования параметров плазмы (концентрации возбужденных атомов, электронов, сил осцилляторов и т.д.), терминологию, используемую в спектроскопии, основные фотометрические величины и единицы их измерения.</p> <p>Демонстрирует слабое умение оценивать по экспериментальным и справочным данным спектральные характеристики различных систем, классифицировать плазму, находить и оценивать ее параметры, анализировать движение заряженных частиц при различных условиях, анализировать элементарные процессы;</p> <p>Слабо владеет <b>навыками</b> моделирования ирешения задач по спектроскопии, навыки экспериментальной деятельности, в частности навыки исследования и</p>	<p>лазерные абсорбционные методы, методы абсолютных и относительных интенсивностей и т.д.) исследования параметров плазмы (концентрации возбужденных атомов, электронов, сил осцилляторов и т.д.), терминологию, используемую в спектроскопии, основные фотометрические величины и единицы их измерения.</p> <p>Может оценивать по экспериментальным и справочным данным спектральные характеристики различных систем, классифицировать плазму, находить и оценивать ее параметры, анализировать движение заряженных частиц при различных условиях, анализировать элементарные процессы;</p> <p>Владеет <b>навыками</b> моделирования ирешения задач по спектроскопии, навыки</p>	<p>лазерные абсорбционные методы, методы абсолютных и относительных интенсивностей и т.д.) исследования параметров плазмы (концентрации возбужденных атомов, электронов, сил осцилляторов и т.д.), терминологию, используемую в спектроскопии, основные фотометрические величины и единицы их измерения.</p> <p>Может правильно оценивать по экспериментальным и справочным данным спектральные характеристики различных систем, классифицировать плазму, находить и оценивать ее параметры, анализировать движение заряженных частиц при различных условиях, анализировать элементарные процессы;</p> <p>Эффективно владеет <b>навыками</b> моделирования ирешения задач по спектроскопии, навыки экспериментальной деятельности, в</p>
--	--	---	--



		определения параметров спектра плазмы, работы со специальными приборами, используемыми в спектроскопии плазмы (спектрограф, монохроматор и т.д.).	экспериментальной деятельности, в частности навыки исследования и определения параметров спектра плазмы, работы со специальными приборами, используемыми в спектроскопии плазмы (спектрограф, монохроматор и т.д.).	частности навыки исследования и определения параметров спектра плазмы, работы со специальными приборами, используемыми в спектроскопии плазмы (спектрограф, монохроматор и т.д.).
--	--	---	---	---

### 7.3. Типовые контрольные задания

*(Указываются темы эссе, рефератов, курсовых работ и др. Приводятся примерные тестовые задания, контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.)*

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

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

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий,
- участие на практических занятиях,
- выполнение лабораторных заданий,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос,
- письменная контрольная работа,
- тестирование.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### **а) основная:**

1. Очкин В.Н. Спектроскопия низкотемпературной плазмы. М.:Физматлит, 2006г.
2. Спектроскопия газоразрядной плазмы. \ \ Сб. ст. под ред. С.Э.Фриша. Л.1970.
3. Грим Г. Спектроскопия плазмы. М.1972.
4. Плазма в лазерах. \ \Сб. ст. под ред. Дж. Бекефи. М., 1982г.
5. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука.1987 г.
6. Фриш С.Э. Оптические спектры атомов. М.: Наука 1969г.

### **б) дополнительная:**

7. Методы исследования плазмы. Под ред. Лохте-Хольтгревена. М.: Мир. 1971г.
8. //Оптика и спектроскопия.
9. // Журнал прикладной спектроскопии.
10. // Лазерная физика.

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

Система дистанционного образования для сопровождения самостоятельной работы студентов (методические материалы: текстовые, аудио и видеофайлы, индивидуальные задания, тесты и т.д.).

### **программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Международная база данных Scopus по разделу физика столкновений и элементарные процессы <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике элементарные процессы <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fepo.ru](http://www.fepo.ru)).

4. Физика [Электронный ресурс]: реф. журн. ВИНТИ. № 7 - 12, 2008 / Всерос. ин-т науч. и техн. информ. - М.: [Изд-во ВИНТИ], 2008. - 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). - 25698-00.
5. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
6. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
7. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru)).
8. Федеральный центр образовательного законодательства. <http://www.lexed.ru>

<http://www.exponenta.ru/>

[http://www.matburo.ru/sub\\_subject.php?p=ag](http://www.matburo.ru/sub_subject.php?p=ag)

<http://www.twirpx.com/>

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

### Критерии оценок

В основе оценки знаний по предмету лежат следующие основные требования:

- освоение всех разделов теоретического курса Программы;
- умение применять полученные знания к решению конкретных задач.

Ответ заслуживает *отличной оценки*, если экзаменуемый показывает знания, в полной степени, отвечающие предъявляемым к ответу требованиям: это требование основных понятий и приемов решения задач. Отличная оценка характеризует свободную ориентацию экзаменуемого в предмете. Ответы на вопросы, в том числе и дополнительные, должны обнаруживать уверенное владение терминологией, основными умениями и навыками.

*Хорошая оценка* характеризует тот ответ, который не в полной степени удовлетворяет вышеперечисленным критериям, однако, экзаменуемый обнаруживает прочные знания в объеме курса. Ответ должен быть достаточно аргументирован, вопросы глубоко и осмысленно изложены.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется за то, что ответ экзаменуемого соотносится с основными требованиями, т.е. имеются в виду твердые знания в объеме учебной программы и умение владеть терминологией. Удовлетворительная оценка выставляется за знание в целом, однако, отдельные детали могут быть упущены.

**Неудовлетворительная оценка** выставляется, если ответ не удовлетворяет хотя бы одному из требований или отсутствуют знания основных понятий и методов решения задач.

<b>Вид учебных занятий в соответствии с пунктом 4</b>	<b>Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) по видам учебных занятий</b>
Лекции	Конспектирование лекций, работа с конспектом
Практические (семинарские)	Конспектирование тем, выносимых на семинарские занятия, работа с конспектом лекций, решение контрольных индивидуальных заданий
Самостоятельная работа обучающихся	Использование методических указаний по изучению тем, выносимых на самостоятельное изучение, подготовка рефератов
Виды промежуточной аттестации:	Тесты, контрольная работа
Подготовка к зачету	Работа с конспектами лекций, семинарских занятий, а также материалами самостоятельной подготовки

