

Приложение № 2 к основной профессиональной образовательной программе высшего образования программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации 12.06.01 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии» направленность «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы»

Федеральное агентство научных организаций

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИАиЭ СО РАН
академик А.М. Шалагин



«16» сентября 2014 г.

Рабочая программа дисциплины

«ОПТИЧЕСКИЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

Основная профессиональная образовательная программа высшего образования
Программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации

12.06.01 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии»

направленность «**Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы**»

Форма обучения - очная

Новосибирск 2014 г.

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии (уровень подготовки кадров высшей квалификации) утвержденной приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. №877

Составители рабочей программы

Зав. лабораторией, д.т.н. _____ Лабусов В.А.

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИАиЭ СО РАН

«16» сентября 2014 г., протокол №14-08

Председатель Ученого совета, академик, профессор _____ Шалагин А.М.

Секретарь Ученого совета, д.т.н. _____ Михляев С.В.

СОГЛАСОВАНО:

Зам. директора Института, д.ф.-м.н. _____ Бабин С.А.

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цели:

Дисциплина «Оптический спектральный анализ в научных исследованиях и промышленности» (модуль фотоника, индекс по учебному плану Б1.Б.3) является специальной дисциплиной подготовки аспирантов по направлению подготовки 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии (уровень подготовки кадров высшей квалификации) направленность «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» и имеет своей целью овладение основными принципами системного подхода для разработки спектральных приборов и организации процесса их эксплуатации, знакомство с современным состоянием данной области науки.

Задачи:

1. Углубленное изучение теоретических вопросов оптической спектроскопии в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии».
2. Развитие практических навыков решения задач в области оптической спектроскопии, работа со спектральным оборудованием, получение и анализ спектров, компьютерный расчет оптических систем.
3. Формирование у аспирантов представления о современных фундаментальных и прикладных проблемах оптической спектроскопии, проблемах приложения оптических методов исследования в науке, технике, промышленности и медицине.
4. Формирование у аспирантов представления о физических, аппаратных и методических основах современного атомного спектрального анализа, а так же о вопросах, связанных с метрологическим обеспечением.
5. Ознакомление аспирантов с научно-техническими достижениями в области оптического спектрального анализа.

2 Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура)

Дисциплина «Оптический спектральный анализ в научных исследованиях и промышленности» является обязательной, входит в состав Блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части ООП по направлению подготовки 12.06.01 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии», направленность «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы». Индекс дисциплины - Б1.Б.3 Курс «Оптический спектральный анализ в научных исследованиях и промышленности» изучается на первом курсе аспирантуры (I и II семестры); изложение материала опирается также на знание аспирантами основ физической оптики, квантово-теоретических концепций; обеспечена логическая связь курса «Оптический спектральный анализ в научных исследованиях и промышленности» с другими курсами.

Взаимосвязь курса с другими дисциплинами ООП способствует углубленной подготовке аспирантов к решению специальных практических профессиональных задач и формированию необходимых компетенций

3 Требования к уровню подготовки аспиранта, завершившего изучение данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Оптический спектральный анализ в научных исследованиях и промышленности» направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	уметь анализировать текущие исследовательские задачи и результаты, иметь способность предлагать решение поставленных задач, знать принципы работы оптических измерительных систем.
УК-6	способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Уметь оценивать результаты исследований для дальнейшего планирования работ. Знать основные образовательные программы и их цели;
УК-7	готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования	Уметь объяснить принципы работы основных устройств, применяемых для спектрального анализа. Знать методы обучения работе на основных спектральных приборах.
ОПК-4	способностью планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты	Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • определять структуру построения спектрометров с заданными характеристиками; • прогнозировать изменение характеристик спектрометров при изменении условий функционирования; • выбирать, предусматривать методы снижения уровня рассеянного излучения; <ul style="list-style-type: none"> • осуществлять самооценку и самоконтроль при выполнении профилирования и анализе спектров;
ОПК-5	способностью оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования	Знать основные математические и физические методы, используемые в оптических спектральных системах. Знать физические основы, и основы оптической спектроскопии для постановки и решения задач работы и модернизации спектрального оборудования.
ОПК-6	способностью подготавливать	Уметь излагать содержание выполненных

	научно-технические отчеты и публикации по результатам выполненных исследований	исследований, представлять результаты решения отдельных задач. Знать основную терминологию исследуемой области.
ПК-1	Способность к созданию новых методов для физических исследований с использованием оптического излучения, высокоточных измерений, средств передачи и обработки информации	Умение проводить теоретические исследования в области оптической спектроскопии, оптической обработки информации, оптических методов измерения. Знать теоретические основы оптического спектрального анализа.
ПК-2	способность разрабатывать теоретические модели и выполнять численное моделирование оптических процессов в классических и квантовых системах	Знать: •основные понятия, используемые в оптической спектроскопии; •основы спектрального анализа, поглощения и испускания спектра атомом, молекулой
ПК-3	способность к теоретическим и экспериментальным исследованиям в области лазерных систем и лазерных технологий, оптических методов измерения и контроля	Умение проводить экспериментальные исследования в области оптического спектрального анализа. Знать: - основные методы и методики для спектрального анализа веществ, - типы источников возбуждения спектра и детекторов, - методы оценок шумов на выходе спектрального прибора, - показатели качества приборов для спектрального анализа и методы повышения точности.
ПК-4	Способность разрабатывать, совершенствовать и исследовать характеристики приборов, систем и комплексов с использованием электромагнитного излучения оптического диапазона волн, предназначенных для измерения физических величин, контроля параметров различных объектов и сред, а также обработки и отображения информации	Уметь: определять характеристики спектральных приборов в ходе контрольных испытаний; определять структуру построения спектрометров с заданными характеристиками; выбирать, обосновывать свой выбор, и использовать современную номенклатуру элементов в зависимости от особенностей системы, сравнивать результаты расчета, полученные различными методами, оценивать их точность.

4 Объем дисциплины, содержание и структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единицы, 216 часов.

Тема	Лекции, (ч)	Самостоя т. работа, (ч)	Лаб. работа, (ч)	Форм ы контр оля
Год обучения 1				
«Спектроскопия» как научная дисциплина.	4			

Структура курса. Его связь с другими дисциплинами учебного плана. Особенности предмета курса.				
Происхождение оптических атомных спектров. Спектральные линии. Атомные абсорбция, флюоресценция и эмиссия (общие схемы). Спектры элементов. Энергия возбуждения.	6	2	4	
Спектральные приборы. Назначение и классификация. Фокусирующие и диспергирующие элементы. Дифракционные решётки. Голографические и нарезные, профилированные и вогнутые. Преимущества и недостатки призмы и дифракционной решётки. Характеристики спектральных приборов. Популярныe схемы многоканальных спектрометров. Методы ввода излучения в спектральный прибор.	6	6		
Схема Пашена-Рунге. Характеристики вогнутых дифракционных решеток. Методы их исследования. Схема экспериментальной установки. Температурный дрейф спектральных линий. Характеристики спектрометра «Гранд». Комплексы атомно-эмиссионного анализа на основе спектрометра «Гранд».	6			
Схема Эберта-Фасти. Аберрации схемы. Методы расчета. Преимущества и недостатки схемы. Методы снижения уровня рассеянного излучения. Методы подавления «паразитных» порядков спектра. Ввод излучения в спектрометр. Характеристики спектрометра «Колибри».	6	2	4	
Твердотельные детекторы излучения. Классификация. Линейки и матрицы. Методы накопления и считывания сигнала в ПЗС, ПЗИ и фотодиодных структурах. Преимущества и недостатки. Измерение интенсивности спектральной линии. Зависимость выходного сигнала от температуры. Сборки линеек. Анализаторы спектров. Характеристики анализаторов. Профилирование.	6	2	4	Зачет
Квантовая эффективность и спектральная чувствительность линеек фотодиодов. Чем определяется. Методы измерения.	6	4		
Измерительный канал. Схема. Характеристики измерительного канала. Влияние нелинейности измерительного канала на результаты определения концентраций. Метод калибровки измерительного канала. Квантовый шум линеек фотодиодов	6	6		

Источники возбуждения атомно-эмиссионного спектра. Дуговой и искровой разряды, дуговой плазматрон, тлеющий разряд. Виды разрядов. Области применения. Электроды и их форма. Влияние газовой среды. Источники с индуктивно-связанной плазмой. Пламенная.	12	44		Реферат
Метрологическое обеспечение атомно-эмиссионного спектрального анализа. Средства измерения. Анализаторы МАЭС и комплексы МАЭС. Поверка средств измерений. Методики выполнения измерений (МВИ) и их аттестация. Прямые и косвенные измерения. Функция распределения случайной величины. Оценка среднего и дисперсии. Оценивание метрологических характеристик.	12	5	6	Зачет
Обзор основных вопросов, рассмотренных в курсе. Перспективы дальнейшего развития оборудования для спектрального анализа	4	4		Экзамен

5 Самостоятельная работа аспирантов

Основной формой деятельности аспирантов по дисциплине является самостоятельная проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение, с помощью основной и дополнительной литературы с привлечением компьютерных средств, а также индивидуальные занятия с преподавателем, направленные на практические исследования по представленным темам. Лабораторные занятия по работе со спектральным оборудованием, расчет оптических систем с помощью программы Zemax.

Темы для самостоятельной работы:

1. Определение преимуществ и недостатков призмы и дифракционной решётки.
2. Знакомство с программой ZEMAX. Освоение методов расчетов оптических систем с различными параметрами.
3. Определение квантовой эффективности и спек-тральной чувствительности линеек фотодиодов.
4. Расчет влияния нелинейности измерительного канала на результаты определения концентраций.
5. Оценка шумовых характеристик различных фотоприемников, в частности квантового шума линеек фотодиодов.
6. Знакомство с программой «Атом». Профилирование
7. Исследование спектров пропускания светофильтров
8. Знакомство с принципом работы спектрометра «Колибри»
9. Снятие спектров различных источников на лабораторном стенде со спектрографом ИСП-30
10. Освоение принципов работы спектрометра «Гранд». Снятие спектров для дальнейшего анализа

11. Расчет оптических систем с помощью программы Zemax

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970. 856 с.
2. Голант В.Е., Жилинский А.П., Сахаров И.Е. Основы физики плазмы. М.: Атомиздат, 1977. 384 с.
3. Фриш, С.Э. Оптические спектры атомов [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 656 с.
4. Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. Основы оптики. «Лань», 2013

Дополнительная литература:

1. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. М.: Техносфера, 2007
2. Золотов Ю.А., Под ред. Золотова Ю.А., Курочкина В.Е. Микрофлюидные системы для химического анализа Физматлит, 2011
3. Бёккер Ю. Спектроскопия. Техносфера 2009

Методическая литература:

1. Васильева, В.И. Спектральные методы анализа. Практическое руководство [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Васильева, О.Ф. Стоянова, И.В. Шкутина [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 413 с.
2. Филичкина, В.А. Методы и средства аналитического контроля материалов: атомно-эмиссионный спектральный анализ: лабораторный практикум, В.А. Филичкина, О.Л. Скорская, А.С. Козлов. — Электрон. дан. — М. : МИСИС, 2015. — 32 с

Научные статьи:

1. В.А. Лабусов, А.Н.Путьмаков, И.А.Зарубин, В.Г.Гаранин, Новые многоканальные оптические спектрометры на основе анализаторов МАЭС. Заводская лаборатория. Диагностика материалов, Т. 78, № 1-2, с. 7-13, 2012
2. Лабусов В.А., Гаранин В.Г., Шелпакова И.Р. Многоканальные анализаторы атомно-эмиссионных спектров. Современное состояние и аналитические возможности // Журнал аналитической химии. 2012. Т. 67, № 7. С. 697-707Е. М. Дианов, Многоэлементные твердотельные детекторы излучения большого размера для атомно-эмиссионного спектрального анализа. Аналитика и контроль, т. 9, № 2, с. 104-109, 2005..

Интернет-ресурсы:

1. Справочник химики <http://chem21.info/>
2. Ресурсы Wikipedia (Оптическая спектроскопия):
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F

3. Оптическая спектроскопия: http://opticview.npk-photonica.ru/content/methods/optic_spektr/

Веб-сайты с электронными ресурсами:

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – URL: <http://www.elibrary.ru>

2. ibooks.ru [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://ibooks.ru>

3. Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://e.lanbook.com/>

4. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: <http://scool-collection.edu.ru>

5. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – URL: <http://window.edu.ru>

6. Znaniium.com [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://znaniium.com>

7. Антиплагиат [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <http://www.antiplagiat.ru/index.aspx>

8. Электронная библиотека СГУ <http://library.sgu.ru/>

9. Электронная библиотека физико-технического института им. А.И. Иоффе. Санкт-Петербург http://www.rasl.ru/b_resours/set/fismat_set/ftispb.php

10. Электронная полнотекстовая библиотека Ихтика http://ihtik.lib.ru/2011.08_ihtik_nauka-tehnika/

Программное обеспечение:

OS MS Windows, Adobe Acrobat Reader, MS Office 2007, Zemax, Atom

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Обучение аспирантов происходит в Учебном центре Института автоматизации и электрометрии СО РАН, созданном совместно Новосибирским университетом. Учебный центр состоит из трех классов, в которых проходят лекционные занятия, а также классы доступны более 30 часов в неделю для самостоятельной подготовки аспирантов. Классы укомплектованы 20 компьютерами, оснащены оборудованием для проведения практических и лабораторных занятий (программирование микроконтроллеров, практикум по схемотехнике с использованием паяльного оборудования) и оборудован системой вентиляции. В классах имеется демонстрационное оборудование (мультимедиа- и оверхед-проекторы) и звуковая система для проведения видеоконференций.

8 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Формы текущего контроля работы аспирантов

Формами текущего контроля работы аспирантов по дисциплине «Оптический спектральный анализ в научных исследованиях и промышленности» являются: зачет по вопросам к самостоятельной работе, реферат.

Порядок осуществления текущего контроля

Текущий контроль выполнения заданий осуществляется регулярно, начиная с 3 недели семестра. Контроль и оценивание выполнения рефератов осуществляется по завершению тем. Система текущего контроля успеваемости служит в дальнейшем наиболее качественному и объективному оцениванию в ходе промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета (2 в первом и 1 во втором семестрах).

Вопросы к зачётам.

1. Спектральные приборы. Назначение и классификация.
2. Дифракционные решётки. Голографические и нарезные, профилированные и вогнутые. Преимущества и недостатки призмы и дифракционной решётки.
3. Характеристики спектральных приборов. Популярны схемы многоканальных спектрометров. Методы ввода излучения в спектральный прибор.
4. Схема Пашена-Рунге. Температурный дрейф спектральных линий. Характеристики спектрометра «Гранд».
5. Схема Эберта-Фасти. Абберации схемы. Методы расчета.
6. Ввод излучения в спектрометр. Характеристики спектрометра «Колибри».
7. Твердотельные детекторы излучения. Классификация. Линейки и матрицы.
8. Методы накопления и считывания сигнала в ПЗС, ПЗИ и фотодиодных структурах. Преимущества и недостатки.
9. Измерение интенсивности спектральной линии. Зависимость выходного сигнала от температуры.
10. Сборки линеек. Анализаторы спектров. Характеристики анализаторов. Профилирование.
11. Метрологическое обеспечение атомно-эмиссионного спектрального анализа. Средства измерения. Анализаторы МАЭС и комплексы МАЭС.
12. Поверка средств измерений. Методики выполнения измерений (МВИ) и их аттестация. Прямые и косвенные измерения. Оценивание метрологических характеристик.

Вопросы к экзамену.

1. Атомные абсорбция, флюоресценция и эмиссия. Дуговой плазматрон.
2. Характеристики вогнутых дифракционных решёток. Методы их исследования.
3. Квантовая эффективность и спектральная чувствительность линеек фото-диодов.
4. Источники возбуждения атомно-эмиссионного спектра. Схема Пашена-Рунге.
5. Дуговой и искровой разряды, тлеющий разряд. Виды разрядов. Области применения.
6. Спектральные линии. Энергия возбуждения. Схема Эберта-Фасти.

7. Дифракционные решётки. Голографические и нарезные. Профилированные. Электроды и их форма.
8. Методы подавления «паразитных» порядков спектра. Твердотельные детекторы излучения. Классификация.
9. Спектральные приборы. Назначение и классификация. Источники с индуктивно-связанной плазмой.
10. Пламенна. Сборки линеек. Анализаторы спектров.
11. Характеристики анализаторов. Профилирование. Методы ввода излучения в спектральный прибор.
12. Температурный дрейф спектральных линий. Измерение интенсивности спектральной линии.
13. Проверка средств измерений. Происхождение оптических атомных спектров.
14. Преимущества и недостатки призмы и дифракционной решётки. Характеристики спектрометра «Гранд».
15. Методы ввода излучения в спектральный прибор. Характеристики измерительного канала.
16. Квантовый шум линеек фотодиодов. Популярные схемы многоканальных спектрометров.
17. Схема Эберта-Фасти. Аберрации схемы. Методы расчета. Преимущества и недостатки схемы.
18. Характеристики спектрометра «Колибри». Оценивание метрологических характеристик.
19. Влияние нелинейности измерительного канала на результаты определения концентраций. Метод калибровки измерительного канала.
20. Метрологическое обеспечение атомно-эмиссионного спектрального анализа. Спектральные линии.

Темы рефератов.

1. Физические принципы атомной спектроскопии. Основные методы.
2. Особенности молекулярной абсорбционной спектроскопии. Поглощающие свойства молекул.
3. Люминесцентная спектрофотометрия: механизмы, измерение, виды и время жизни флуоресценции. Поляризация и анизотропия.
4. Фото-акустическая спектроскопия: основной принцип, теория и экспериментальные методы.
5. Рассеяние, преломление и отражение. Упругое рассеяние. Рамановское рассеяние и инфракрасная спектроскопия. Спектроскопия отражения.
6. Круговой дихроизм и оптическое вращение: теоретические основы и применение в спектрометрии.

7. Спектроскопия ближнего инфракрасного диапазона: теория, применения.
Инфракрасный спектрометр.

8 Критерии оценивания

<i>Зачтено</i>	<i>Не зачтено</i>
<p>Успешное и системное владение навыками:</p> <ul style="list-style-type: none">- определение структуры построения спектрометров с заданными характеристиками;- выбор, обоснование своего выбора, и использование современной номенклатуры элементов в зависимости от особенностей системы, сравнение результатов расчета, полученных различными методами, оценка их точности;- прогнозирование изменения характеристик спектрометров при изменении условий функционирования;- определение характеристик спектральных приборов в ходе контрольных испытаний;- выбор методов снижения уровня рассеянного излучения;- представление результатов решения отдельных задач, изложение информации в удобной для восприятия форме; <p>Сформированные и системные умения применять:</p> <ul style="list-style-type: none">- физические основы и основы оптической спектроскопии для постановки и решения задач работы и модернизации спектрального оборудования; <p>- математический аппарат, компьютерные программные средства для теоретического и численного моделирования оптических систем;</p> <ul style="list-style-type: none">- теоретические положения физических процессов в оптических системах в экспериментальных исследованиях; <p>Сформированные и системные знания:</p> <ul style="list-style-type: none">- основных физических принципов, лежащих в основе спектрального анализа, методов и методик, применяемых для спектрального анализа веществ;- физических и математических основ теоретического и численного моделирования оптических процессов в классических и квантовых системах;- физических основ функционирования компонентов и оптических элементов спектральных приборов;	<p>Фрагментарное владение навыками:</p> <ul style="list-style-type: none">- определение структуры построения спектрометров с заданными характеристиками;- выбор, обоснование своего выбора, и использование современной номенклатуры элементов в зависимости от особенностей системы, сравнение результатов расчета, полученных различными методами, оценка их точности;- прогнозирование изменения характеристик спектрометров при изменении условий функционирования;- определение характеристик спектральных приборов в ходе контрольных испытаний;- выбор методов снижения уровня рассеянного излучения;- представление результатов решения отдельных задач, изложение информации в удобной для восприятия форме; <p>Фрагментарные умения применять:</p> <ul style="list-style-type: none">- физические основы и основы оптической спектроскопии для постановки и решения задач работы и модернизации спектрального оборудования; <p>- математический аппарат, компьютерные программные средства для теоретического и численного моделирования оптических систем;</p> <ul style="list-style-type: none">- теоретические положения физических процессов в оптических системах в экспериментальных исследованиях; <p>Фрагментарные знания:</p> <ul style="list-style-type: none">- основных физических принципов, лежащих в основе спектрального анализа, методов и методик, применяемых для спектрального анализа веществ;- физических и математических основ теоретического и численного моделирования оптических процессов в классических и квантовых системах;- физических основ функционирования компонентов и оптических элементов спектральных приборов;

Отметка «зачтено» ставится аспирантам, успешно выполнившим в процессе обучения все текущие задания, полностью и обоснованно ответившие на вопросы промежуточной аттестации в соответствии с нижеприведенными критериями оценивания результатов обучения.

Сформированные знания:

- современных способов использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности;

- основных физических положений оптической спектроскопии;

- физических и математических основ теоретического и численного моделирования оптических процессов в классических и квантовых системах;

- физических основ функционирования компонентов и оптических элементов спектральных приборов;

Сформированные умения:

- выделять и систематизировать основные идеи в научной литературе;

- применения физических основ оптической спектроскопии для постановки и решения задач работы и модернизации спектрального оборудования;

- применения математического аппарата, компьютерных программных средств для теоретического и численного моделирования оптических процессов;

- анализировать варианты решения исследовательских задач.

Успешное и системное владение и применение навыков:

- сбора, обработки и анализа информации, ориентации в источниках и научной литературе, логики и терминологии научного исследования;

- выбора методов решения теоретических задач, сбора, обработки, анализа и систематизации знаний о физических явлениях в оптической спектроскопии, оптических методов измерения и контроля;

- постановки и проведения экспериментальных исследований с использованием оптических систем, аналоговых и цифровых систем записи и обработки сигналов и изображений.

Отметка «не зачтено» ставится аспиранту, не выполнившему в полном объеме все текущие задания или допустившие существенные неточности при ответе на вопросы, не сумевшие обосновать ответы в соответствии с ниже приведенными критериями оценивания результатов обучения.

Фрагментарные знания:

- современных способов использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности;

- основных физических положений оптической спектроскопии;

- физических и математических основ теоретического и численного моделирования оптических процессов в классических и квантовых системах;

- физических основ функционирования компонентов и оптических элементов спектральных приборов;

Фрагментарные умения:

- выделять и систематизировать основные идеи в научной литературе;

- применения физических основ оптической спектроскопии для постановки и решения задач работы и модернизации спектрального оборудования;

- применения математического аппарата, компьютерных программных средств для теоретического и численного моделирования оптических процессов;

- анализировать варианты решения исследовательских задач.

Фрагментарное владение и применение навыков:

- сбора, обработки и анализа информации, ориентации в источниках и научной литературе, логики и терминологии научного исследования;

- выбора методов решения теоретических задач, сбора, обработки, анализа и систематизации знаний о физических явлениях в оптической спектроскопии, оптических методов измерения и контроля;

- постановки и проведения экспериментальных исследований с использованием оптических систем, аналоговых и цифровых систем записи и обработки сигналов и изображений.