



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

УТВЕРЖДЕНА

приказом директора ИАиЭ СО РАН
от 23.05.2024 № 241

Рабочая программа раздела
**«ОПТИЧЕСКИЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ В НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**
дисциплины **«ОПТИЧЕСКИЕ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И
КОМПЛЕКСЫ»**

Научная специальность:
2.2.6 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы
Форма обучения: очная

№	Вид деятельности	Семестр
		2
1	Лекции, час.	18
2	Практические занятия (семинары), час.	26
3	Самостоятельная работа, час.	172
4	Всего зачетных единиц	6

Форма аттестации – дифференцированный зачет

Новосибирск – 2024

1. Аннотация к рабочей программе дисциплины

Целью подготовки по дисциплине «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы», раздел «Оптический спектральный анализ в научных исследованиях и промышленности» программы аспирантуры по научной специальности 2.2.6 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы, является овладение основными принципами системного подхода для разработки спектральных приборов и организации процесса их эксплуатации, знакомство с современным состоянием данной области науки.

Задачи раздела дисциплины:

- углубленное изучение теоретических вопросов оптической спектроскопии;
- развитие практических навыков решения задач в области оптической спектроскопии, работа со спектральным оборудованием, получение и анализ спектров, компьютерный расчет оптических систем;
- формирование у аспирантов представления о современных фундаментальных и прикладных проблемах оптической спектроскопии, проблемах приложения оптических методов исследования в науке, технике, промышленности и медицине;
- формирование у аспирантов представления о физических, аппаратных и методических основах современного атомного спектрального анализа, а так же о вопросах, связанных с метрологическим обеспечением;
- ознакомление аспирантов с научно-техническими достижениями в области оптического спектрального анализа.

Преподавание раздела дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия (семинары), самостоятельная работа.

Общая трудоемкость составляет 6 зачетных единицы, (216 часов).

2. Место дисциплины в образовательной программе

Рабочая программа раздела «Оптический спектральный анализ в научных исследованиях и промышленности» программы аспирантуры по научной специальности 2.2.6 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы относится к образовательному компоненту и направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена, является обязательной для освоения обучающимися в 3 семестре (второй год обучения в аспирантуре). Раздел «Оптический спектральный анализ в научных исследованиях и промышленности» является

базовым для выполнения научно-исследовательской деятельности и подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

3. Образовательные технологии

Технология процесса обучения аспирантов включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- аудиторные занятия (лекции);
- практические занятия (семинары);
- самостоятельная работа аспирантов.

В процессе изучения дисциплины, как лектором, так и обучающимися используется метод проблемного изложения материала, самостоятельное чтение аспирантами учебной, учебно-методической и справочной литературы, анализ информационных ресурсов в научных библиотеках и сети Internet по актуальным проблемам и последующие свободные дискуссии по освоенному ими материалу.

Аудиторные занятия проводятся с использованием информационно-телекоммуникационных технологий: учебный материал представлен также в виде мультимедийных презентаций. Презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- поиск научной информации в открытых источниках с целью ее анализа и выявления ключевых особенностей исследуемых явлений;
- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- решение проблемных задач стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

4. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения раздела «Оптический спектральный анализ в научных исследованиях и промышленности» программы аспирантуры по научной специальности 2.2.6 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы и в соответствии с программой кандидатского экзамена аспирант должен:

знать:

- основные понятия, используемые в оптической спектроскопии;
- основы спектрального анализа, поглощения и испускания спектра атомом, молекулой;

- 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.

уметь

- использовать физические основы, и основы оптической спектроскопии для постановки и решения задач работы и модернизации спектрального оборудования;
- 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;
- прогнозировать изменение характеристик спектрометров при изменении условий функционирования;
- определять характеристики спектральных приборов в ходе контрольных испытаний;
- выбирать, предусматривать методы снижения уровня рассеянного излучения;
- представлять результаты решения отдельных задач, излагать информацию в удобной для восприятия форме;
- осуществлять самооценку и самоконтроль при выполнении профилирования и анализе спектров.

5. Структура и содержание раздела учебной дисциплины

Раздел, тема занятия		Виды аудиторных занятий (час.)		
		Лекции	Семинары	Итого
Семестр 3		18	26	44
1.	<i>Происхождение оптических атомных спектров. Спектральные линии. Атомные абсорбция, флюоресценция и эмиссия (общие схемы). Спектры элементов. Энергия возбуждения.</i>	2		2
2.	<i>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. Популярные схемы многоканальных спектрометров. Методы ввода излучения в спектральный прибор.</i>	2	2	4
3.	<i>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».</i>	2	2	4
4.	<i>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».</i>	2	4	6
5.	<i>Твердотельные детекторы излучения. Классификация. Линейки и матрицы. Методы накопления и считывания сигнала в ПЗС, ПЗИ и фотодиодных структурах. Преимущества и недостатки. Измерение интенсивности спектральной</i>	2	4	6

	<i>линии. Зависимость выходного сигнала от температуры. Сборки линеек. Анализаторы спектров. Характеристики анализаторов. Профилирование.</i>			
6.	<i>Квантовая эффективность и спектральная чувствительность линеек фотодиодов. Чем определяется. Методы измерения.</i>	2	4	6
7.	<i>Измерительный канал. Схема. Характеристики измерительного канала. Влияние нелинейности измерительного канала на результаты определения концентраций. Метод калибровки измерительного канала. Квантовый шум линеек фотодиодов</i>	2	2	4
8.	<i>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.</i>	2	2	4
9.	<i>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.</i>	2	2	4
10.	<i>Обзор основных вопросов, рассмотренных в курсе. Перспективы дальнейшего развития оборудования для спектрального анализа</i>		4	4

Вопросы для самостоятельного изучения:

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 спектральной 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. Литература

Основная литература

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970. 856 с.
2. Зайдель А.Н. Основы спектрального анализа. М.: Наука, 1965. 322 с.
3. Пейсахсон И.В. Оптика спектральных приборов. Изд. 2-е, доп. и пере-раб. Л.: «Машиностроение», 1975. 312 с.
4. Тарасов К.И. Спектральные приборы. Л.: «Машиностроение», 1968. 388 с.
5. Нагибина И.М., Прокофьев В.К. Спектральные приборы и техника спектроскопии. Изд. 2-е, доп. и перераб. Л.: «Машиностроение», 1967. 324 с.
6. Райхбаум Я.Д. Физические основы спектрального анализа. М.: Наука, 1980. 158 с.
7. Юцис А.П., Савукинас А.Ю. Математические основы теории атома. Вильнюс: Минтис, 1973.
8. Никитин А.А., Рудзикас З.Б. Основы теории спектров атомов и ионов. М.: Наука, 1983. 320 с.
9. Стенхольм С. Основы лазерной спектроскопии. М.: Мир, 1987. 312 с.
10. Голант В.Е., Жилинский А.П., Сахаров И.Е. Основы физики плазмы. М.: Атомиздат, 1977. 384 с.

Дополнительная литература

1. Гуторов М.М. Основы светотехники и источники света. Учебное пособие для вузов. 2-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1983. 384 с.
2. Барсуков В.И. Атомный спектральный анализ. М.: Издательство Машиностроение-1, 2005. 132 с.
3. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. М.: Техносфера, 2007
4. Золотов Ю.А. История и методология аналитической химии. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Академия, 2007. 464 с.
5. Дробышев А.И. Основы атомного спектрального анализа. Учеб. пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2005. 200 с.

7. Электронные энциклопедические издания свободного доступа

1. Электронная полнотекстовая библиотека Ихтика
http://ihtik.lib.ru/2011.08_ihtik_nauka-tehnika/
2. Ресурсы Энциклопедия фотоники: <https://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>