



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматизации и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской академии наук
(ИАПУ ДВО РАН)

«СОГЛАСОВАНО»

Зам. директора по научно-
образовательной деятельности,
ученый секретарь, к.т.н.

 С.Б. Змеу

«29» декабря 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАПУ ДВО РАН
член-корреспондент РАН

 Р.В. Ромашко

«29» декабря 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)

Статистическая оптика

**Группа научных специальностей 1.3. – «Физические науки»,
научная специальность «Лазерная физика»
Основная образовательная программа «Лазерная физика»**

Форма подготовки (очная)

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК)
ИАПУ ДВО РАН

курс 2 семестр 4
лекции 18 час. / 0,5 з.е.
практические занятия – 18 час. / 0,5 з.е.
лабораторные работы – нет.
всего часов аудиторной нагрузки 36 (час.) / 1,0 з.е.
самостоятельная работа 20 (час.) / 0,56 з.е.
контрольные работы нет
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены
зачет 4 семестр
экзамен _____ семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации и срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся, утвержденными приказом Министерства науки и образования и науки РФ от 20 октября 2021 № 951.

Рабочая программа обсуждена на заседании МК ПКВК ИАПУ ДВО РАН, протокол № 3 от «17» ноября 2021 г.

Заведующий кафедрой: д-р физ.- мат. наук, профессор Н.Г. Галкин
Составитель: профессор, д.ф.-м.н. Витрик О.Б.

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Статистическая оптика» предназначена для аспирантов, обучающихся по основной образовательной программе «Лазерная физика» и входит в число дисциплин по выбору вариативной части учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по группе научных специальностей 1.3. – «Физические науки» и научной специальности 1.3.19 – «Лазерная физика» и учебный план подготовки аспирантов по научной специальности «Лазерная физика».

Цель: овладение навыками построения физико-математических моделей процессов, связанных с распространением в пространстве и обработкой случайно-неоднородных оптических полей.

Задачи:

1. Формирование у аспирантов следующих знаний:

- важнейшие физические процессы, явления и закономерности, определяющие работу оптических систем обработки, передачи и распределения информации;
- методы расчета основных параметров и характеристик основных типов систем обработки, передачи и распределения информации;
- методы экспериментального исследования основных параметров и характеристик основных типов систем обработки, передачи и распределения информации;

2. Формирование у аспирантов следующих умений:

- навыки применения методов расчета основных параметров и характеристик основных типов систем обработки, передачи и распределения информации;

- навыки применения методы экспериментального исследования основных параметров и характеристик основных типов систем обработки, передачи и распределения информации;

3. Формирование у аспирантов следующих **компетенций**:

Универсальные компетенции:

- 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,

Общепрофессиональные компетенции:

- ОПК-1. Способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области лазерной физики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

Профессиональные компетенции:

- ПК-1 Способность самостоятельно ставить и решать задачи в области электродинамики и лазерной физики с применением актуальных аналитических методов и численного моделирования на базе современной компьютерной техники и специализированного программного обеспечения;
- ПК-2 Владение основными методами постановки и проведения экспериментов в области лазерной физики, фотоники и оптоэлектроники;
- ПК-3 Владение навыками разработки и создания функциональных элементов и устройств лазерной физики, фотоники и оптоэлектроники;

СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА(18час.)

Раздел I. Распространение электромагнитных волн (4 час.).

Тема 1. Основные понятия теории информации, её приложение к оптике; оптические сигналы; передача и обработка оптических сигналов (1 час.)

Тема 2. Электромагнитное поле и его свойства (1 час.)

Волновое уравнение, скалярные и векторные волны, распространение оптических волн в свободном пространстве; прохождение света через границу раздела двух сред.

Тема 3. Приближение геометрической оптики (1 час.)

Уравнение эйконала и уравнение переноса излучения. Геометрическая теория построения изображения, идеальные оптические системы, aberrации оптических систем.

Тема 4. Основы скалярной теории дифракции (1 час.)

Дифракция Френеля и Фраунгофера, гауссовы пучки, Фурье-оптика. Дифракционная теория формирования оптического изображения.

Раздел II. Основы статистической оптики. (11 час.)

Тема 5. Случайные величины (1 час.)

Непрерывные и дискретные распределения случайных величин. Относительная частота событий и вероятность. Функция и плотность распределения. Моменты распределений случайных величин. Среднее значение. Дисперсия и среднеквадратичное отклонение (СКО). Моменты высших порядков.

Тема 6. Характеристическая (спектральная) функция для случайных величин. (1 час.)

Разложение характеристической функции в ряд по моментам распределений случайных величин. Плотность распределения преобразованных случайных величин.

Тема 7. Совместное распределение двух и более случайных величин (1 час.)

Зависимые и независимые случайные величины. Смешанные моменты случайных величин. Ковариация случайных величин. Коэффициент корреляции как мера линейной зависимости случайных величин.

Тема 8. Плотность распределения для суммы двух зависимых и независимых случайных величин(1 час.)

Плотность распределения для суммы двух величин, распределенных по экспоненциальному закону (задача об распределении интенсивности в спекловом поле, сформированном когерентным излучением с эллиптической и круговой поляризациями). Плотность распределения для произведения и частного двух зависимых и независимых случайных величин.

Тема 9. Гауссовские случайные величины (1 час.)

Одномерная плотность распределения для гауссовской случайной величины. Совместная плотность распределения двух зависимых гауссовских случайных величин с одинаковым СКО. Признак независимости для гауссовских случайных величин.

Тема 10. Плотность распределения для суммы случайных фазоров (1 час.)

Средние значения и коэффициент корреляции для случайных фазоров. Распределение амплитуды случайно-неоднородного когерентного светового поля. Распределение интенсивности случайно-неоднородного когерентного светового поля. Распределение интенсивности случайно-неоднородного квазикогерентного светового поля.

Тема 11. Случайные процессы (1 час.)

Стационарные в широком и узком смыслах случайные процессы. Среднее по времени и среднее по ансамблю. Эргодические процессы. Моменты эргодических процессов.

Тема 12. Спектральный анализ случайных процессов. (1 час.)

Спектральные плотности энергии и мощности случайных процессов

Тема 13. Взаимные корреляционные функции случайных процессов(1 час.)

Автокорреляционные функции случайных процессов

Тема 14. Корреляционные и автокорреляционные функция стационарных случайных процессов(1 час.)

Корреляционные и автокорреляционные функция стационарных случайных процессов. Теорема Виннера-Хинчина.

Тема 15. Случайные оптические поля и их основные свойства. (1 час.)

Раздел. III. Теория когерентности оптических волн. (2 час.)

Тема 16. Компьютерная оптика. Интерференция и голография. Интерферометры. Когерентность световых полей. (1 час.)

Временная когерентность оптических волн. Пространственная когерентность оптических волн. Теорема Ван Циттерта-Цернике. Спектральная чистота источника.

Тема 17. Основы голографии. Голографическая интерферометрия. (1 час.)

Раздел IV. Оптика спеклов (2 час.).

Тема 18. Оптика спеклов (2 час.).

Спекловое поле, создаваемое диффузным объектом, пространственное распределение амплитуд и интенсивностей в спекловом поле. Средняя

интенсивность. Статистика интенсивностей спеклов. Оценка размера спекла. Спеклы наблюдаемые при смещении диффузного объекта в поперечном направлении.

Раздел V. Корреляционная обработка случайно-неоднородных оптических полей (5 час.)

Тема 19. Спекл-интерферометрия (1 час.)

Метод двухэкспозиционной регистрации спекл полей диффузных объектов. Формирование интерференционных полос при освещении записанной фотопластинки плоской волной. Спекл-интерферометрия. Измерение поперечных сдвигов. Корреляционная спекл-интерферометрия. Формирование «полос корреляции».

Тема 20. Спекловое поле, создаваемое диффузным объектом (2 час.)

Спекловое поле, создаваемое диффузным объектом, и корреляционные свойства интенсивностей. Корреляция интенсивностей в спекловом поле, созданном диффузным объектом в случае освещения источником с равномерным распределением интенсивности по световому пятну. Корреляция интенсивностей в спекловом поле, созданном диффузным объектом в случае освещения источником с гауссовым распределением интенсивности по световому пятну.

Тема 21. Спекловое поле, создаваемое многомодовым волоконным световодом (1 час.)

Спекловое поле, создаваемое многомодовым волоконным световодом, распределение амплитуд и интенсивностей в спекловом поле. Корреляция интенсивностей в спекловом поле, созданном многомодовым волоконным световодом.

Тема 22. Спекловое поле, создаваемое при пропускании излучения из маломодового волоконного световода через диффузный объект (1 час.)

Спекловое поле, создаваемое при пропускании излучения из маломодового волоконного световода через диффузный объект, распределение амплитуд и интенсивностей в спекловом поле. Корреляция интенсивностей в спекловом поле, созданном маломодовым волоконным световодом.

СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 часов)

Занятие 1. Одномерные случайные величины (2 час.).

Занятие 2. Корреляция одномерных случайных величин (2 час.).

Занятие 3. Расчет основных параметров оптических случайных величин (2 час.).

Занятие 4. Случайные процессы (2 час.).

Занятие 5. Расчет основных параметров оптических случайных процессов. (2 час.).

Занятие 6. Случайные поля (2 час.).

Занятие 7. Расчет основных параметров оптических случайных полей. (2 час.).

Занятие 8. Пространственная и временная когерентность оптических волн (2 час.).

Занятие 9. Расчет степени пространственной и временной когерентности оптических волн. (2 час.).

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА АСПИРАНТОВ (20 ЧАСОВ)

1. Знакомство с научными периодическими изданиями, посвященными статистической оптике.
2. Овладение методиками применения методов статистической оптики для анализа оптических явлений и эффектов.

3. Изучение фундаментальных принципов теории вероятностей и математической статистики.

КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Вопросы к дифференцированному зачету:

Основы статистической оптики.

1. Случайные величины. Непрерывные и дискретные распределения случайных величин. Относительная частота событий и вероятность. Функция и плотность распределения. Моменты распределений случайных величин. Среднее значение. Дисперсия и среднеквадратичное отклонение (СКО). Моменты высших порядков.
2. Характеристическая (спектральная) функция для случайных величин. Разложение характеристической функции в ряд по моментам распределений случайных величин.
3. Плотность распределения преобразованных случайных величин.
4. Совместное распределение двух и более случайных величин. Зависимые и независимые случайные величины. Смешанные моменты случайных величин.
5. Ковариация случайных величин. Коэффициент корреляции как мера линейной зависимости случайных величин.
6. Плотность распределения для суммы двух зависимых и независимых случайных величин. Плотность распределения для суммы двух величин, распределенных по экспоненциальному закону (задача об распределении интенсивности в спекловом поле, сформированном когерентным излучением с эллиптической и круговой поляризациями).
7. Плотность распределения для произведения и частного двух зависимых и независимых случайных величин.

8. Гауссовские случайные величины. Одномерная плотность распределения для гауссовской случайной величины. Совместная плотность распределения двух зависимых гауссовских случайных величин с одинаковым СКО. Признак независимости для гауссовских случайных величин.
9. Плотность распределения для суммы случайных фазоров. Средние значения и коэффициент корреляции для случайных фазоров. Распределение амплитуды случайно-неоднородного когерентного светового поля. Распределение интенсивности случайно-неоднородного когерентного светового поля.
10. Распределение интенсивности случайно-неоднородного квазикогерентного светового поля.
11. Случайные процессы. Стационарные в широком и узком смысле случайные процессы. Среднее по времени и среднее по ансамблю. Эргодические процессы. Моменты эргодических процессов.
12. Спектральный анализ случайных процессов. Спектральные плотности энергии и мощности случайных процессов.
13. Взаимные корреляционные функции случайных процессов. Автокорреляционные функции случайных процессов
14. Корреляционные и автокорреляционные функции стационарных случайных процессов. Теорема Виннера-Хинчина.

Теория когерентности оптических волн.

15. Временная когерентность оптических волн.
16. Пространственная когерентность оптических волн. Теорема Ван Циттерта-Цернике
17. Спектральная чистота источника.

Оптика спеклов.

18. Случайные оптические поля и их основные свойства. Спекловое поле, создаваемое диффузным объектом, пространственное распределение амплитуд и интенсивностей в спекловом поле. Средняя интенсивность. Статистика интенсивностей спеклов. Оценка размера спекла. Спеклы наблюдаемые при смещении диффузного объекта в поперечном направлении.

Корреляционная обработка случайно-неоднородных оптических полей.

19. Метод двухэкспозиционной регистрации спекл полей диффузных объектов. Формирование интерференционных полос при освещении записанной фотопластинки плоской волной. Спекл-интерферометрия. Измерение поперечных сдвигов.
20. Корреляционная спекл-интерферометрия. Формирование «полос корреляции».
21. Спекловое поле, создаваемое диффузным объектом, и корреляционные свойства интенсивностей.
22. Корреляция интенсивностей в спекловом поле, созданном диффузным объектом в случае освещения источником с равномерным распределением интенсивности по световому пятну.
23. Корреляция интенсивностей в спекловом поле, созданном диффузным объектом в случае освещения источником с гауссовым распределением интенсивности по световому пятну.
24. Спекловое поле, создаваемое многомодовым волоконным световодом, распределение амплитуд и интенсивностей в спекловом поле. Корреляция интенсивностей в спекловом поле, созданном многомодовым волоконным световодом.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. О.Б.Витрик. Основы информационной оптики: оптика спеклов и многомодовых интерферометров: учеб. пособие. – Владивосток: Изд. ДВГТУ. 2008. - 92 с.
2. Кульчин Ю.Н., Витрик О.Б., Камшилин А.А., Ромашко Р.В. Адаптивные методы обработки спекл-модулированных оптических полей. – М.: Физматлит, 2009.– 299 с.

Дополнительная литература

1. Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. Основы оптики. СПб.: Питер, 2006.- 336 с.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. Издатель: М.: Издательство МГУ, 2004.- 654 с.
3. Ахманов С. А., Никитин С. Ю. Физическая оптика. Основы оптики. Издатель: М.: Издательство МГУ, 2004.– 654 с.

Интернет-источники

1. Чивилихин С.А. Квантовая информатика: Учебное пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 80 с. <http://window.edu.ru/resource/390/67390>
2. Звягин В.Ф., Фёдоров С.В. Параллельные вычисления в оптике и оптоинформатике: Учебное пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 109 с. <http://window.edu.ru/resource/359/66359>
3. Цой В.И., Голубенцева Л.И. Оптика. Выпуск десятый. Фильтрация пространственных частот оптических изображений: Руководство к лабораторным работам по курсу общей физики. - Саратов: Саратовский гос. ун-т, 2004. – 15 с. <http://window.edu.ru/resource/948/29948>