


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, учений секретарь, к.т.н.

 С.Б. Змеу
«14» марта 2022 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАПУ ДВО РАН
член-корреспондент РАН

 Р.В. Ромашко
«14» марта 2022 г.



ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

по специальной дисциплине

Научная специальность 1.3.19 Лазерная физика

Форма подготовки (очная)

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК)

Программа вступительных испытаний составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки по программам специалитета и магистратуры).

Программа вступительных испытаний обсуждена на заседании МК ПКВК, протокол № 2 от «14» марта 2022 г.

Заведующий кафедрой: д-р физ.-мат. наук, профессор Н.Г. Галкин

Составители: д.ф.-м.н., профессор О.Б. Витрик, к.ф.-м.н. А.В. Дышлюк

АННОТАЦИЯ

Программа вступительных испытаний предназначена для поступающих на образовательную программу высшего образования - программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.3.19 «Лазерная физика».

Цель вступительных испытаний - выявление среди поступающих в аспирантуру наиболее способных и подготовленных к освоению образовательных программ высшего образования - программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Вступительные испытания проводятся в форме устного экзамена.

Особенность построения программы связана с тем, что фактически подготовка аспирантов проходит по двум направлениям: фундаментальная подготовка в области лазерной физики, фотоники, оптоэлектроники, нанооптики и наноплазмоники, а также развитие навыков разработки и создания функциональных элементов и устройств в указанных областях. Этим и обусловлен перечень вопросов, вынесенных на вступительный экзамен.

Программа вступительных испытаний включает в себя:

- аннотацию;
- требования к поступающим;
- содержание вступительных испытаний;
- вопросы к экзамену;
- список рекомендуемой литературы и источников.

I. ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТУПАЮЩИМ

Поступающий в аспирантуру должен продемонстрировать знания и умения по лазерной физике, соответствующие предшествующему уровню

подготовки. Иметь определенный научный задел по данной научной специальности, который будет учтен при участии в конкурсе, в случае одинакового количества баллов поступающих.

II. СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

МОДУЛЬ 1. ВОЛНОВОДНЫЕ СТРУКТУРЫ И ЭЛЕМЕНТЫ

1. Планарные волноводные структуры

Распространение света в волноводах с точки зрения геометрической и волновой оптики.

Потери в оптически прозрачных диэлектриках.

Дисперсия в световодах.

Направляемые лучи и моды планарных световодов, их классификация.

Основные параметры и функциональные характеристики планарных световодов.

2. Интегрально-оптические волноводные структуры

Представление об основных элементах интегральной оптики.

Полосковые волноводы. Волноводные линзы.

Элементы связи. Мультиплексоры и ответвители.

Волноводные переходы и рупоры. Кольцевые и дисковые резонаторы.

Основные концепции теории связанных мод.

Направленные ответвители. Волноводы с периодической модуляцией параметров. Решёточные элементы связи. Спектральные фильтры. Фотонные кристаллы.

3. Волоконные световоды

Цилиндрические оптические волноводы.

Ступенчатые и градиентные волоконные световоды.

Скалярное приближение и метод линейно поляризованных мод.

Границы применимости скалярного приближения.

Векторные моды волоконных световодов. Поляризационные поправки к скалярному приближению.

4. Волоконно-оптические системы связи

Цифровые иерархии систем передачи информации.

Методы повышения пропускной способности линий оптических линий связи.

Частотное уплотнение. Модовое уплотнение. Уплотнение по поляризации.

Временное мультиплексирование сигналов.

Многоволновое уплотнение оптических несущих (спектральное уплотнение).

Принципы построения систем WDM/DWDM. Элементная база.

Оптическое кодовое мультиплексирование цифровых потоков.

Излучатели и фотоприемники современных волоконно-оптических систем связи.

Понятие об оптических элементах современных волоконно-оптических систем связи. Соединители, разветвители, мультиплексоры, коммутаторы, изоляторы.

Внешние оптические модуляторы. Оптические усилители.

МОДУЛЬ 2. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ

1. Основные понятия математической статистики и теории вероятности.

Случайные величины. Функция распределения вероятности и плотность распределения вероятности.

Моменты случайных величин. Дисперсия и среднее квадратичное отклонение.

Среднее значение.

Характеристическая функция.

Статистически зависимые и независимые случайные величины. Коэффициент корреляции.

Понятие о случайных процессах.

2. Основы теории когерентности электромагнитного излучения

Временная когерентность электромагнитного излучения.

Пространственная когерентность электромагнитного излучения.

Основные принципы голографии.

3. Спеклы в оптике

Картина рассеяния когерентного света на диффузном объекте. Спеклы, формируемые многомодовыми световодами. Основные характеристики спекловой картины. Трансляция и кипение спеклов.

Основные методы обработки случайно-неоднородных спекловых сигналов.

МОДУЛЬ 3. ОСНОВЫ ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ

1. Основные понятия нелинейной оптики

Условия нелинейно-оптического взаимодействия света с веществом. Основные виды нелинейно-оптических эффектов.

Взаимодействие интенсивных оптических волн с нелинейными средами.

Генерация гармоник.

Эффект Керра в нелинейной среде.

Фазовая самомодуляция. Расширение спектра фемтосекундных импульсов в нелинейных средах. Компрессия лазерных импульсов.

Понятие о генерации суперконтинуума.

Нелинейные эффекты в оптических волноводах.

2. Лазеры на основе волоконных световодов

Принцип работы волоконного лазера.

Активные волоконные световоды.

Непрерывные и импульсные волоконные лазеры.

Дисперсия в волоконных лазерах и методы ее компенсации.

Понятие о волоконных лазерах ультракоротких импульсов.

Технологические волоконные лазеры. Применение волоконных лазеров для сварки, сверления и обработки материалов.

3. Современные тенденции в фотонике

Нелинейная фотоника наноструктурированных сред.

Методы лазерного охлаждения, пленения и управления атомами.

Фотоника самоорганизующихся природных объектов.

Биомиметические технологии в фотонике.

Основные принципы динамической голографии.

Адаптивные оптические методы мониторинга природных и техногенных объектов.

МОДУЛЬ 4. ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

1. Амплитудные волоконно-оптические датчики

Датчики абсолютных и относительных перемещений.

Оптические методы измерения углового положения.

Методы обработки сигналов амплитудных оптических измерительных преобразователей. Методы повышения метрологических характеристик амплитудных волоконно-оптических измерительных преобразователей.

2. Спектральные волоконно-оптические датчики

Измерительные преобразователи на основе спектральной модуляции оптических сигналов.

Датчики на основе волоконных решеток показателя преломления.

Брэгговские и длиннопериодные волоконные решетки.

Спектральные датчики на основе интерферометров Фабри-Перо.

3. Поляризационные волоконно-оптические датчики

Феноменологическое описание эффектов, связанных с поляризацией оптического излучения.

Сфера Пуанкаре. Матричный формализм Мюллера и Джонса.

Эффект фотоупругости. Поляризационные датчики на основе эффекта фотоупругости.

Методы оптического кодирования.

Шумы в поляризационных оптических датчиках.

Датчики на основе двулучепреломляющих пластин.

4. Оптическая интерферометрия

Оптические интерферометры Майкельсона и Маха-Цендера.

Волоконно-оптические интерферометрические датчики.

Интерферометр Саньяка. Волоконно-оптические гироскопы.

Методы мультиплексирования оптических измерительных преобразователей.

Физические принципы, основные особенности и применения адаптивных оптических интерферометров.

МОДУЛЬ 5. ОСНОВЫ ОПТИКИ БЛИЖНЕГО ПОЛЯ

1. Электромагнитные волны в металлах

Уравнения Максвелла и распространение электромагнитных волн. Оптические свойства идеализированных и реальных металлов.

Комплексная диэлектрическая проницаемость. Вклад в диэлектрическую проницаемость свободных и связанных электронов, межзонные переходы. Объемные плазмоны.

Поверхностные плазмоны.

Методы возбуждения поверхностных плазмонов.

Рефрактометрия на основе поверхностного плазмонного резонанса.

2. Наноантенны

Дипольные антенны и наноантенны. Электромагнитное поле в ближней и дальней зонах. Квазистатическое приближение для нанообъектов.

Нанообъекты в электростатическом поле.

Локальный плазмонный резонанс.

Основные понятия теории Ми.

Плазмонный резонанс для нанообъектов с высоким аспектным отношением.

Димерные наноантенны. Наноантенны «галстук-бабочка».

Наноантенны сложной формы. Применения наноантенн.

3. Ближние поля и их применения.

Фокусировка световых полей. Функция рассеяния точки. Предел разрешения оптического микроскопа.

Принципы конфокальной микроскопии.

Преодоление предела разрешения за счет эванесцентных полей.

Дифракция на сверхмалом отверстии.

Принципы оптической микроскопии ближнего поля.

Апертурные и безапертурные зонды для оптической микроскопии ближнего поля.

Методы регистрации ближнеполевых сигналов.

Предел разрешения оптического микроскопа ближнего поля.

Зонды-наноантенны, поддерживающие локальные плазмонные резонансы.

Применение оптических микроскопов ближнего поля.

III. ВОПРОСЫ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ

1. Потери излучения в кварце. Релеевское рассеяние. Примесное поглощение. Окна прозрачности.

2. Планарные волноводы. Закон преломления применительно к оптическим волноводам. Критический угол. Классификация лучей в волноводах.

3. Время распространения лучей в световодах. Уширение импульсов и межлучевая дисперсия.

4. Градиентные световоды. Оптимальный профиль показателя преломления.

5. Фазовая и групповая скорость распространения луча. Материальная и волноводная дисперсия в одномодовых световодах.

6. Методы изготовления световодов.

7. Моды оптических волноводов.
8. TEM и LP моды слабонаправляющих волноводов.
9. Решение скалярного волнового уравнения для планарного световода.
10. Решение скалярного волнового уравнения для волоконного световода.
11. Случайные величины. Непрерывные и дискретные распределения случайных величин.
12. Относительная частота событий и вероятность. Функция и плотность распределения.
13. Характеристическая (спектральная) функция для случайных величин.
14. Плотность распределения преобразованных случайных величин.
15. Совместное распределение двух и более случайных величин.
16. Зависимые и независимые случайные величины.
17. Ковариация случайных величин. Коэффициент корреляции случайных величин.
18. Плотность распределения преобразованных случайных величин.
19. Гауссовские случайные величины.
20. Суммы случайных фазоров.
21. Случайные процессы.
22. Спектральный анализ случайных процессов. Спектральные плотности энергии и мощности случайных процессов.
23. Взаимные корреляционные функции случайных процессов.
Автокорреляционные функции случайных процессов
24. Корреляционные и автокорреляционные функции стационарных случайных процессов. Теорема Виннера-Хинчина.
25. Временная когерентность оптических волн.
26. Пространственная когерентность оптических волн.
27. Спекловые картины и их свойства.
28. Какие физические процессы приводят к образованию филаментов?

29. Примеры использования излучения суперконтинуума.
30. Что такое фотонный кристалл?
31. Какие процессы приводят к образованию запрещенных состояний для фотонов в фотонных кристаллах?
32. Дефекты в фотонном кристалле.
33. Классификация фотонно-кристаллических волоконных световодов.
34. Каким типом нелинейности определяются нелинейно-оптические свойства волоконных световодов?
35. Что служит причиной волноводного усиления эффективности нелинейно-оптических процессов в волоконных световодах?
36. К каким эффектам приводит процесс фазовой самомодуляции импульсного излучения в волоконных световодах?
37. Какие нелинейно-оптические процессы наблюдаются в волоконных световодах?
38. Принципы работы волоконных лазеров.
39. Методы генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах.
40. Что обуславливает фотонно-кристаллические свойства спикул морских стеклянных губок?
41. Что такое динамическая голография?
42. Какие типы волоконно-оптических датчиков Вам известны?
43. Примеры использования лазерных методов охлаждения атомов.
44. Принцип работы и типы амплитудных волоконно-оптических измерительных преобразователей.
45. Волоконные интерферометры Фабри-Перо.
46. Многомодовые датчики на основе интерферометров Фабри-Перо: история развития, принципы работы, конструкция, методы считывания сигнала. Одномодовые датчики на основе интерферометров Фабри-Перо. Варианты считывающих устройств.

47. Многомодовые дифракционные волоконно-оптические измерительные преобразователи.
48. Датчики, основанные на относительном перемещении дифракционных решеток.
49. Принцип работы и типы поляризационных волоконно-оптических измерительных преобразователей.
50. Принцип работы и типы интерферометрических волоконно-оптических измерительных преобразователей.
51. Уравнения Максвелла и распространение электромагнитных волн в металлах. Оптические свойства идеализированных и реальных металлов.
52. Поверхностные плазмоны. Возбуждение плазмонов пучком заряженных частиц. Призмный и решеточный ввод. Возбуждение в фокальных пучках.
54. Поверхностные плазмоны в многослойных системах. Удержание энергии и эффективная длина волны.
55. Датчики на основе поверхностных плазмонов.
56. Дипольная антенна и нанопантена.
57. Квазистатическое приближение для нанобъектов. Наносфера в электростатическом поле. Локальный плазмонный резонанс для наносферы.
58. Основные понятия теории Ми. Резонансы высоких порядков.
59. Плазмонный резонанс для нанобъектов с высоким аспектным отношением.
60. Димерные нанопантены. Нанопантены «галстук-бабочка».
61. Нанопантены сложной формы.
62. Основные методы изготовления наноструктур.
63. Принципы конфокальной микроскопии.
64. Принципы оптической микроскопии ближнего поля.
65. Применение оптических микроскопов ближнего поля.

IV. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

Основная литература

1. Оптические волноводы: [учебное пособие] /О. Б. Витрик.- Владивосток : Изд-во Дальневосточного технического университета, 2008. - 110 с.
2. Гончаренко, А.М. Основы теории оптических волноводов / А.М.Гончаренко, В.А.Карпенко. - М: МВТУ им. Баумана, 2004.– 542 с.
3. Гончаренко А.М. Основы теории оптических волноводов [Электронный ресурс]: монография/ Гончаренко А.М., Карпенко В.А., Гончаренко И.А.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2009.— 296 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10062>. — ЭБС «IPRbooks»
4. О.Б.Витрик. Основы информационной оптики: оптика спеклов и многомодовых интерферометров: учеб. пособие. – Владивосток: Изд. ДВГТУ. 2008. - 92 с.
5. Кульчин Ю.Н., Витрик О.Б., Камшилин А.А., Ромашко Р.В. Адаптивные методы обработки спекл-модулированных оптических полей. – М.: Физматлит, 2009. – 299 с.
6. Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. Основы оптики. СПб.: Питер, 2006.- 336 с.
7. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. - М.: Изд. МГУ, 1998.
8. Шполянский Ю.А. Сценарии развития фемтосекундного спектрального суперконтинуума. — В кн.: Проблемы когерентной и нелинейной оптики. СПб. 2000. С. 136-152.
9. Агравал Г.П. Оптические солитоны. От световодов к фотонным кристаллам.// М. Физматлит, 2005.-648 с.
10. П.Г.Крюков «Фемтосекундные импульсы», М., Физматлит, 2008. –М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011, - 296.

Дополнительная литература

1. Воронин В. Г., Наний О. Е. Основы нелинейной волоконной оптики.// М.: «Университетская книга», 2011. - 128 с.
2. Окоси Т. и др. Волоконно-оптические датчики. – 1990.
3. Удд Э. Волоконно-оптические датчики //М.: Техносфера. – 2008.
4. Бусурин В. И., Носов Ю. Р. Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения. – Энергоатомиздат, 1990. – Т. 256.
5. Новотный Л., Хехт Б. Основы нанооптики. Пер. с англ / Под ред В В Самарцева. М .. ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 484 с.
6. Климов В.В. Наноплазмоника. ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 482 с.
7. Майер С.А. Плазмоника: теория и приложения. Пер. с англ / Под ред С.С. Савинского.