

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева
Дальневосточного отделения Российской академии наук**

СОГЛАСОВАНО

Ученым советом ТОИ ДВО РАН
протокол № 11 от «06» октября 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ТОИ ДВО РАН
академик РАН


Г.И. Долгих
« 06 » октября 2022 г.

ПРОГРАММА

**вступительного экзамена в аспирантуру
по научной специальности 1.3.6. Оптика**

Владивосток

2022

Настоящая программа разработана на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры, паспорта научной специальности, разработанного экспертным советом ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

1. Электромагнитная теория света

Уравнения Максвелла. Вектор Умова-Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны. Параболическое приближение. Моды свободного пространства. Фазовая и групповая скорости света. Поляризация света. Типы поляризационных устройств.

Отражение и преломление света на границе раздела изотропных сред. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Отражение света от поверхности проводника. Глубина проникновения при отражении света.

Распространение света в анизотропных средах. Волновые поверхности в кристаллах. Лучи и волновые нормали. Эллипсоид Френеля. Оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление.

Оптика движущихся сред. Опыты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Продольный и поперечный эффекты Доплера.

2. Геометрическая оптика

Асимптотическое решение волнового уравнения. Геометро-оптическое приближение. Уравнение эйконала. Область применения лучевого приближения. Образование каустик в оптических системах.

Понятие оптического изображения. Параксиальное приближение. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы. Образование каустик в оптических системах. Геометрические аберрации третьего и более высоких порядков. Хроматическая аберрация. Типы оптических приборов.

3. Интерференция и дифракция световых волн

Интерференционные явления в оптике. Комплексная степень когерентности. Теорема Ван-Циттерта-Цернике.

Двухлучевая и многолучевая интерференция. Сдвиговая и спекл-интерферометрия. Многослойные покрытия.

Дифракция. Дифракционные интегралы Кирхгофа-Гюйгенса. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Влияние дифракции на разрешающую силу систем, образующих изображение. Дифракционная решетка.

4. Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом

Классическая теория взаимодействия излучения с веществом. Резонансное приближение. Дисперсионные соотношения Крамерса-Кронига. Оптические нутации. Оптический эффект Штарка.

Фотонное эхо и самоиндуцированная прозрачность. Солитоны.

Релаксационные процессы. Уравнение для матрицы плотности. Самосогласованные уравнения для поля, поляризации и разности заселенностей. Эффект насыщения.

Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект.

Квантование поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Гамильтониан квантованного поля. Коммутационные соотношения для операторов поля.

Однофотонные и многофотонные процессы. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Квадрупольные и магнито-дипольные переходы.

Распространение волн в нелинейной среде. Условие синхронизма. Генерация оптических гармоник. Самофокусировка света. Вынужденное комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.

5. Статистическая оптика

Временная и пространственная когерентность световых полей; корреляционные функции первого и высших порядков. Спектральное представление. Теорема Винера-Хинчина.

Интерферометрия интенсивностей. Опыт Брауна-Твисса.

Квантовые свойства световых полей. Фоковское, когерентное и сжатое состояние поля. Распределение Бозе-Эйнштейна. Пуассоновская, субпуассоновская и суперпуассоновская статистика фотонов. Связь статистик фотонов и фотоотсчетов, формула Мандела для распределения фотоотсчетов. Дробовой шум.

Статистические свойства лазерного излучения. Флуктуационно-диссипационная теорема.

Корреляционная спектроскопия. Эффекты группировки и антигруппировки фотонов.

Распространение волн в случайно неоднородной среде. Корреляционные и структурные функции амплитуды и фазы. Оптические модели атмосферной турбулентности.

Рассеяние света в дисперсной среде; уравнение переноса, диффузионное приближение.

Спонтанное параметрическое рассеяние света. Перепутанные состояния света. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Неравенства Белла.

6. Спектроскопия

Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов. Определение набора термов. Исходные термы. Мультиплетная структура. Правила отбора.

Спектры молекул. Адиабатическое приближение. Группы симметрии молекул. Колебательные спектры. Правила отбора в колебательных спектрах поглощения и комбинационного рассеяния. Вращательная структура колебательных полос. Электронные спектры молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул.

Спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фононной подсистемой. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Переходы с основных уровней.

Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Молекулярная и рекомбинационная люминесценция.

Триплетные состояния молекул и их роль в процессах деградации и миграции энергии электронного возбуждения. Схема Теренина-Льюиса. Тушение люминесценции. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Люминесценция молекулярных кристаллов.

7. Экспериментальная и прикладная оптика

Источники оптического излучения. Тепловые, газоразрядные и лазерные источники. Синхротронное излучение. Оптические материалы.

Характеристики приемников излучения: спектральная и интегральная чувствительность, шумы, инерционность.

Техника спектроскопии. Светофильтры, призмные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры. Фурье-спектроскопия. Основные характеристики приборов: аппаратная функция, разрешение, светосила, дисперсия. Лазерная спектроскопия. Запись и обработка оптической.

8. Оптика лазеров

Принцип работы лазера. Схемы накачки. Теория Лэмба. Эффекты затягивания частоты и выгорания дыр. Лэмбовский провал.

Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов. Свойства лазерных пучков.

Типы лазеров. Твердотельные лазеры. Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные лазеры, молекулярные лазеры. Химические лазеры. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на центрах окраски.

Режимы работы лазеров. Непрерывные и импульсный режимы. Пиковый режим. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М.: Наука, 1981.
2. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. М.: МГУ, 1998.
3. Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М.: Наука, 1990.
4. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970.
5. Гудмен Дж. Введение в фурье-оптику. М.: Мир, 1970.
6. Гудмен Дж. Статистическая оптика. М.: Мир, 1988.
7. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Эдиториал УРСС, 2001.
8. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т. 1, 2. М.: Мир, 1981.
9. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М.: Наука, 1988.
10. Клышко Д.Н. Физические основы квантовой электроники. М.: Наука, 1986.
11. Корниенко Л.С., Наний О.Е. Физика лазеров. Ч.1, 2. М.: МГУ, 1996.
12. Ландсберг Оптика: учебное пособие, 6-е изд. М.: Физматлит, 2010.
13. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: МГУ, 1994.
14. Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. М.: Физматлит, 2000.
15. Матвеев А.Н. Оптика. М.: Высшая школа, 1985.
16. Мэйтленд А., Данн М. Введение в физику лазеров. М.: Наука, 1978.
17. Новотный Л., Хехт Б. Основы нанооптики, М.: Физматлит, 2011.
18. Скалли М.О., Зубайри М.С. Квантовая оптика, М.: Физматлит, 2003.
19. Ханин Я.И. Основы динамики лазеров. М.: Наука, 1999.
20. Courjon D. Near-field microscopy and near-field optics. Imperial College Press, 2003.
21. Kawata S. Near-field optics and surface plasmon polaritons. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2001.
22. Kawata S., Ohtsu M., Irie M. Nano-Optics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002.
23. Prasad P.N. Nanophotonics. John Wiley & Sons Inc., 2004.

Программа рассмотрена, обсуждена и одобрена на семинаре Отдела спутниковой океанологии ТОИ ДВО РАН «28» сентября 2022 г.

Председатель семинара
зав. лаб., к.ф.-м.н., доцент



П.А. Салюк