

**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  РАН  
академик   
«» И. Долгих  
«» 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 Допплера.

### **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, призменные 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. Пичковый 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