

Минобрнауки России  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт сильноточной электроники  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИСЭ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ  
директор ИСЭ СО РАН  
академик РАН



*Ратахин* Н. А. Ратахин  
« 24 » августа 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**вступительного экзамена**  
**по специальности**  
**01.04.05 – оптика**

основной профессиональной образовательной программы высшего образования  
— программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по  
направлениям подготовки кадров высшей квалификации

№ п/п	Направление подготовки	Наименование ОПОП (профиль подготовки)
1	03.06.01 Физика и астрономия	Оптика

## 1. Общие положения

1.1. Программа кандидатского экзамена разработана на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 867;

- паспорта специальностей научных работников 01.04.05 – оптика;

- программы-минимум по специальности 01.04.05 — оптика, утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 г. № 274.

1.2. Вступительный экзамен проводится в устной форме.

## 2. Содержание программы

### 2.1. Электромагнитная теория света

Уравнения Максвелла. Вектор Умова-Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны. 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.

Распространение света в анизотропных и гиротропных средах. Оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление. Электрооптические эффекты Керра и Поггеля. Оптическая активность. Эффект Фарадея.

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

### 2.2. Геометрическая оптика

Приближение геометрической оптики, область его применения. Уравнение эйконала. Принцип Ферма.

Понятие оптического изображения. Параксиальное приближение. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы. Хроматическая аберрация. Типы оптических приборов.

### 2.3. Интерференция и дифракция световых волн

Интерференция частично-когерентного излучения. 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.

### 2.4. Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом

Классическая теория взаимодействия излучения с веществом. Дисперсионные соотношения Крамерса—Кронига. Оптические нутации. Оптический эффект Штарка. Фотонное эхо и самоиндуцированная прозрачность. Солитоны. Релаксационные процессы. Эффект насыщения.

Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект.

Однофотонные и многофотонные процессы. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Кооперативные эффекты. Сверхизлучение. Когерентное и комбинационное рассеяние.

Распространение волн в нелинейной среде. Генерация оптических гармоник. Трехволновое взаимодействие. Параметрическое преобразование частоты. Самофокусировка света. Вынужденное и комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Манделштама—Бриллюэна.

Четырехволновое взаимодействие. Обращение волнового фронта. Вещество в сверхсильном световом поле.

### **2.5. Статистическая оптика**

Временная и пространственная когерентность световых полей. Корреляционные функции. Спектральное представление.

Интерферометрия интенсивностей. Опыт Брауна-Твисса.

Квантовые свойства световых полей. Фоковское, когерентное и сжатое состояние поля.

Распределение Бозе-Эйнштейна. Параметр вырождения поля. Статистики фотонов. Дробовой шум.

Закон Кирхгофа и шумы квантовых усилителей света.

Корреляционная спектроскопия. Эффекты группировки и антигруппировки фотонов.

Статистика частично поляризованного излучения.

Распространение волн в случайно неоднородной среде. Корреляционные и структурные функции амплитуды и фазы.

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

### **2.6. Спектроскопия**

Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов. Термы. Правила отбора.

Спектры молекул. Группы симметрии молекул. Колебательные спектры. Классификация нормальных колебаний по типам симметрии. Вырождение. Вращательная структура колебательных полос. Электронные спектры молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул. Принцип Франка-Кондона.

Спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фоновой подсистемой. Переходы в электронной подсистеме. Поглощение света в металлах. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Область фундаментального поглощения. Переходы с основных уровней. Эффекты Оже и Фано.

Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Молекулярная и рекомбинационная люминесценция. Закон Вавилова. Тушение (температурное, концентрационное, посторонними веществами) люминесценции. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Люминесценция молекулярных кристаллов. Зонная модель люминесценции диэлектриков. Применение люминесцентных кристаллов в науке, технике и медицине.

### **2.7. Экспериментальная и прикладная оптика**

Источники оптического излучения. Тепловые, газоразрядные и лазерные источники.

Оптические материалы.

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 информации. Механизм записи и воспроизведения волновых полей с помощью двумерных и трехмерных голограмм.

Коррекция и реконструкция изображений. Методы компьютерной оптики.

Волоконная оптика. Типы волоконных световодов. Моды оптических волокон, их затухание и дисперсия.

### **2.8. Оптика лазеров**

Принцип работы лазера. Схемы накачки.

Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов.

Свойства лазерных пучков.

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

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

### 3. Литература

1. Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М.: "Наука", 1990.
2. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М.: "Наука", 1981.
3. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: "Наука", 1970.
4. Васильев А.Н., Михайлин В.В. Введение в спектроскопию твердого тела. М.: Издательство МГУ, 1987.
5. Воронцов М.А., Шмальгаузен В.И. Принципы адаптивной оптики. М.: "Наука", 1985.
6. Гудмен Дж. Введение в Фурье-оптику. М.: "Мир", 1970.
7. Гудмен Дж. Статистическая оптика. М.: "Мир", 1988.
8. Гурвич А.М. Введение в физическую химию кристаллофосфоров. М.: "Высшая школа", 1971.
9. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Физматгиз, 1962.
10. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т. 1,2. М.: Мир, 1981.
11. Карлов Н.В.. Лекции по квантовой электронике. М., Наука, 1988
12. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
13. Клышко Д.Н. Физические основы квантовой электроники. М.: "Наука", 1986.
14. Корниенко Л.С., Наний О.Е. Физика лазеров. Ч.1, 2. М.: Издательство МГУ, 1996.
15. Королев Ф.А. Теоретическая оптика. М.: "Высшая школа", 1966.
16. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: Издательство МГУ, 1994.
17. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения. (Молекулярная люминесценция). М.: Издательство МГУ, 1989.
18. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Ч.1. Молекулярная спектроскопия. М.: Издательство МГУ, 1994.
19. Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. М.: Физматлит, 2000.
20. Матвеев А.Н. Оптика. М.: "Высшая школа", 1985
21. Мэйтленд А., Данн М. Введение в физику лазеров. М.: "Наука". 1978.
22. Пантел Р., Путхоф Г. Основы квантовой электроники. М.: "Мир", 1972.
23. Парыгин В.Н., Балакший В.И. Оптическая обработка информации. М.: Издательство МГУ, 1987.
24. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Оптика. М.: "Наука", 1980.
25. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров. М.: Физматгиз, 1963.
26. Солимено С., Крозиньяни Б., Порто П. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения. М.: "Мир", 1989.
27. Тернов И.М., Михайлин В.В. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. М.: Энергоатомиздат, 1986.
28. Ханин Я.И.. Основы динамики лазеров. М., 1999.
29. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. М.: "Наука", 1989.
30. Шерклиф У. Поляризованный свет. М.: "Мир", 1965.
31. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах, М.: Мир.
32. Ярив А. Введение в оптическую электронику. М.: "Высшая школа", 1983.

Составитель программы  
д.ф.-м.н., профессор

В. Ф. Лосев