

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук»
(КНЦ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН)**



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФИЦ КНЦ СО РАН

А.А. Шпедт

«*05*»

июне

2025г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«Оптика»

для поступающих на обучение по образовательной программе высшего
образования – программе подготовки научных
и научно-педагогических кадров в аспирантуре ФИЦ КНЦ СО РАН

по научной специальности

1.3.6 «Оптика»

Красноярск 2025

1 Общие положения

Настоящая программа сформирована на основе федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и определяет общее содержание вступительного испытания по специальной дисциплине «Оптика» при приеме на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Вступительное испытание по специальной дисциплине «Оптика» нацелено на оценку знаний лиц, поступающих на программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, полученных ими в ходе освоения программ специалитета и (или) магистратуры, и на отбор среди поступающих лиц, наиболее способных и подготовленных к научной и научно-исследовательской деятельности, имеющих потенциал в части генерирования новых идей при решении исследовательских задач и подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

2 Форма проведения вступительного испытания

Вступительное испытание проводится на русском языке в устной форме. Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса. Вопросы соответствуют содержанию вступительного испытания.

3 Содержание программы

Введение в оптику.

Волны. Образование волны. Волновое уравнение. Монохроматические колебания и волны. Понятие о разложении Фурье. Энергия, переносимая электромагнитной волной. Классификация волн. Понятие о поляризации волн.

Интерференция света.

Когерентность. Понятие о когерентности. Интерференция колебаний. Интерференция волн. Осуществление когерентных волн в оптике. Различные интерференционные схемы, их основные характеристики. Значение размеров источника света. Пространственная когерентность. Роль поляризации при интерференции поперечных волн. Оптическая длина пути. Таутохронизм оптических систем. Интерференция немонохроматических световых пучков. Частично когерентный свет.

Локализация полос интерференции. Цвета тонких пластинок. Кольца Ньютона. Интерференция в плоскопараллельных пластинках. Полосы равного наклона.

Дифракция света.

Принцип Гюйгенса и его применения. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зонная

пластинка. Графическое вычисление результирующей амплитуды. Простейшие дифракционные проблемы. Спираль Корню и применение ее для графического решения дифракционных задач.

Дифракция в параллельных лучах (дифракция Фраунгофера). Дифракция Фраунгофера от щели. Влияние ширины щели на дифракционную картину. Влияние размеров источника света. Дифракция от прямоугольного и круглого отверстий. Гауссовы пучки. Дифракция на двух щелях. Дифракционная решетка. Наклонное падение лучей на решетку. Характеристики спектральных аппаратов и сравнение их между собой.

Геометрическая оптика.

Основные положения геометрической (лучевой) оптики. Основные определения. Закон преломления и отражения. Принцип взаимности. Преломление (и отражение) на сферической поверхности. Фокусы сферической поверхности. Изображение малых предметов при преломлении на сферической поверхности. Увеличение. Теорема Лагранжа-Гельмгольца. Центрированная оптическая система. Преломление в линзе. Общая формула линзы. Фокусные расстояния тонкой линзы. Изображение в тонкой линзе. Увеличение. Идеальные оптические системы.

Оптические инструменты. Роль диафрагм. Апертурная диафрагма, входной и выходной зрачки. Диафрагма поля зрения. Фотографический аппарат. Глаз как оптическая система. Оптические инструменты, вооружающие глаз. Проекционные устройства. Спектральные аппараты. Восприятие света.

Дифракционная теория оптических инструментов. Разрешающая сила объектива. Разрешающая сила микроскопа. Электронный микроскоп. Метод темного поля (ультрамикроскопия). Метод фазового контраста. Дифракционные явления в спектрографах (хроматическая разрешающая сила).

Поляризация света.

Естественный и поляризованный свет. Поперечность световых волн. Распространение света через турмалин. Поляризация при отражении и преломлении света на границе двух диэлектриков. Ориентация электрического вектора в поляризованном свете. Закон Малюса. Естественный свет.

Поляризация при двойном лучепреломлении. Двойное лучепреломление и поляризация света при прохождении через кристалл исландского шпата. Поляризационные приспособления.

Интерференция поляризованных лучей. Опыты Френеля и Араго. Эллиптическая и круговая поляризация света. Внутренняя структура естественного света. Обнаружение и анализ эллиптически-циркулярно-поляризованного света.

Распространение света через границу раздела двух сред.

Отражение и преломление света на границе двух диэлектриков. Формулы Френеля. Поляризация света при прохождении через границу двух диэлектриков. Закон Брюстера.

Полное внутреннее отражение. Явление полного внутреннего отражения. Исследование отраженной волны. Эллиптическая поляризация. Исследование преломленной волны.

Основы металлооптики. Характеристика оптических свойств металла. Оптические постоянные металлов и их определение.

Молекулярная оптика.

Дисперсия и абсорбция света. Дисперсия света. Методы наблюдения и результаты. Основы теории дисперсии. Поглощение (абсорбция) света. Закон Бугера. Ширина спектральных линий и затухание излучения.

Рассеяние света. Прохождение света через оптически неоднородную среду. Молекулярное рассеяние света. Спектры молекулярного рассеяния света. Комбинационное рассеяние света.

Явление Зеемана. Сущность явления Зеемана. Элементарная теория явления Зеемана. Аномальный (сложный) эффект Зеемана. Обратный эффект Зеемана. Его связь с явлением Фарадея. Явление Штарка.

Люминесценция.

Излучение атомов и молекул. Спектральные закономерности. Линейчатые спектры. Постулаты Бора. Атом водорода. Резонансное излучение. Длительность возбужденного состояния. Радиационные процессы в квантовой теории атома. Вывод формулы Планка по Эйнштейну. Возбуждение свечения нагреванием. Полосатые спектры молекул в видимой и ультрафиолетовой областях. Инфракрасные спектры молекул.

Фотолюминесценция. Флуоресценция молекул. Фотолюминесценция жидкостей и твердых тел. Спектральный состав люминесценции. Правило Стокса. Длительность фотолюминесценции. Определение люминесценции и критерий длительности. Излучение Вавилова-Черенкова. Кристаллические фосфоры. Люминесцентный анализ. Люминесцентные источники света.

Лазеры. Нелинейная оптика.

Лазеры. Излучение электромагнитных волн совокупностью когерентных источников. Поглощение и усиление излучения, распространяющегося в среде. Эффект насыщения. Принцип действия оптического квантового генератора. Описание устройства и работы рубинового лазера. Гелий-неоновый лазер непрерывного действия. Спектр излучения лазеров. Конфигурация поля, создаваемого лазерами. Генерация сверхкоротких импульсов света. Полупроводниковые лазеры.

Нелинейная оптика. Самофокусировка. Самодифракция. Распространение группы волн в нелинейной среде. Основы теории нелинейной дисперсии. Генерация кратных, суммарных и разностных гармоник. Отражение волн в нелинейной оптике. Параметрические нелинейные явления. Вынужденное комбинационное рассеяние света.

4 Примерный перечень вопросов

- 1 Основные фотометрические величины и единицы их измерения (энергетические и световые).
- 2 Излучение абсолютно-черного тела. Формула Планка и выводы из нее.
- 3 Интерференция двух монохроматических волн. Пространственная и временная когерентность.
- 4 Двухлучевые интерферометры. Основные идеи Фурье-спектроскопии.
- 5 Многолучевая интерферометрия. Интерферометр Фабри–Перро.
- 6 Основные принципы голографии.
- 7 Общая схема и основные характеристики классического спектрального прибора: дисперсия, разрешающая сила, нормальная ширина щели.
- 8 Квантовомеханическое описание атома водорода. Квантовые числа и энергии стационарных состояний.
- 9 Векторная схема сложения угловых моментов при L-S связи. Спектры атомов и ионов с одним валентным электроном.
- 10 Сверхтонкая структура спектральных линий.
- 11 Расщепление линий в магнитном поле: эффект Зеемана и Пашена–Бака.
- 12 Линейный и квадратичный эффект Штарка.
- 13 Естественная ширина линии. Доплеровское уширение. Уширение, вызванное взаимодействием с частицами.
- 14 Вероятности оптических переходов (коэффициенты Эйнштейна, сила осцилляторов) и связь между ними.
- 15 Вращательные, колебательно-вращательные, электронноколебательно-вращательные и сплошные спектры двухатомных молекул. Линия, ветвь, полоса, система полос, континуум.
- 16 Колебательные спектры молекул.
- 17 Фотофизические процессы в молекулах.
- 18 Люминесценция и ее основные законы.
- 19 Влияние среды и межмолекулярных взаимодействий на оптические спектры молекул.
- 20 Межмолекулярный перенос энергии. Комплексы с переносом заряда и их проявление в спектрах.
- 21 Основные законы фотохимии.
- 22 Элементарные процессы фотоионизации и их характеристики.
- 23 Молекулярная фотоэлектронная спектроскопия.
- 24 Описание состояний атомной системы, матрица плотности.
- 25 Явления пересечения уровней и антипересечения.
- 26 Магнитный резонанс, зависимость формы сигнала от мощности радиочастотного поля.
- 27 Магнитометры на атомных полях. Стандарты частоты.
- 28 Взаимодействие двухуровневой газовой среды с монохроматическим световым полем.

- 29 Взаимодействие монохроматической волны с трехуровневой газовой средой.
- 30 Нестационарные эффекты: оптическая нутация, затухание свободной индукции, световое эхо.
- 31 Определение лэмбовского и изотопического сдвигов, СТС, фундаментальных констант методами лазерной спектроскопии.
- 32 Типы молекулярных спектров. Приближение Борна-Оппенгеймера.
- 33 Явление комбинационного рассеяния света.
- 34 Вращательные спектры двухатомных молекул. Интенсивности во вращательных спектрах поглощения.
- 35 Гармонический и ангармонический осцилляторы.
- 36 Колебательные и колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул. Обертоны.
- 37 Колебания многоатомных молекул. Нормальные колебания.
- 38 Колебательно-вращательные спектры линейных молекул.
- 39 Принцип Франка-Кондона. Диаграммы Фортра.
- 40 Точность и чувствительность фотометрических измерений. Абсолютные измерения фотометрических величин путем сравнения с излучением эталонных источников.
- 41 Голографическая интерферометрия.
- 42 Спин-орбитальное взаимодействие и спин электрона. Тонкая структура спектральных линий водородоподобных атомов и ионов.
- 43 Уравнение Шредингера для атома водорода.
- 44 Спектры атомов и ионов с двумя валентными электронами.
- 45 Возбуждение и дезактивация атомов и молекул при столкновениях. Сечения и константы скорости элементарных процессов, оптические функции возбуждения спектральных линий.
- 46 Газоразрядная плазма как объемный источник света. Роль реабсорбции и пленения излучения.
- 47 Инверсно-заселенная среда как усилитель света. Методы создания инверсной заселенности.
- 48 Основные типы оптических квантовых генераторов и их характеристики.
- 49 Основы полуклассической теории взаимодействия лазерного излучения с веществом. Уравнения Максвелла. Вектор Умова-Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны.
- 50 Поляризация света. Вектор Джонса. Типы поляризационных устройств.
- 51 Ближнеполевые взаимодействия. Оптика затухающих волн. Плазмоника. Распределение поля в системе металл-диэлектрик. Гигантское усиление электромагнитного поля вблизи металлических наноструктур.
- 52 Отражение и преломление света на границе раздела изотропных сред. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение.
- 53 Классификация электронных состояний двухатомных молекул. Принцип Франка-Кондона. Типы связи электронного движения и вращения.

- 54 Комплексная диэлектрическая проницаемость. Отражение света от поверхности проводника. Глубина проникновения.
- 55 Двухлучевая и многолучевая интерференция. Сдвиговая и спекл-интерферометрия. Многослойные покрытия.
- 56 Фотонные материалы с запрещенной зоной. Фотонные кристаллы
- 57 Дифракция. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Влияние дифракции на разрешающую силу систем, образующих изображение. Дифракционная решетка.
- 58 Атомные спектры и спектральные закономерности. Формула Бальмера. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов.
- 59 Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект. Эффект Комптона. Законы излучения черного тела.
- 60 Принцип работы лазера. Теория Лэмба. Схемы накачки.

5 Критерии оценивания ответов поступающих

Результаты вступительного испытания определяются по 50-бальной шкале (от 0 до 50 баллов). Максимальное количество баллов подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 50 баллов. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 20 баллов.

50 – бальная шкала	Общая характеристика ответа	Критерии оценки
41–50 баллов	Ответ отличный	Ясный, достаточно точный, уверенный ответ на все вопросы экзаменационного билета, дополнительные и уточняющие вопросы. Глубокое знание материала. Свободное владение понятийным аппаратом, научным языком и терминологией. Логически правильное и убедительное изложение ответа. Ответ на вопрос достаточно аргументирован и обоснован, приведены убедительные примеры по каждому вопросу экзаменационного билета.
31-40 баллов	Ответ хороший	Ясный и уверенный ответ на все вопросы билета. Знание ключевых проблем и основного содержания материала. Умение оперировать понятиями по своей тематике. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение

		ответа. Допущены незначительные ошибки в терминологии и при использовании фактического материала. Ответ на дополнительные и уточняющие вопросы.
20-30 баллов	Ответ удовлетвори- тельный	Ответ на все вопросы билета, требующий существенных дополнений. Недостаточно логичное и аргументированное изложение ответа. Фрагментарные, поверхностные знания материала. Затруднения с использованием понятийного аппарата и терминологии. Отсутствуют ответы на дополнительные и уточняющие вопросы.
0 – 19 баллов	Ответ неудовлетвори- тельный	Отсутствие ответа на вопросы билета; ответ только на один из вопросов; попытка ответа на все вопросы без раскрытия основного содержания; подмена ответа на вопросы экзаменационного билета ответом на смежные вопросы. Полное незнание либо отрывочное представление о материале. Неумение оперировать понятиями по своей тематике. Неумение логически определенно и последовательно излагать ответ.

6 Список рекомендуемой литературы

1. Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М.: Наука, 1990.
2. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. М.: Изд-во МГУ, 1998.
3. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970.
4. Васильев А.Н., Михайлин В.В. Введение в спектроскопию твердого тела. М.: Изд-во 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. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Эдиториал УРСС, 2001.

9. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т. 1,2. М.: Мир, 1981.
10. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М., Наука, 1988.
11. Клышко Д.Н. Физические основы квантовой электроники. М.: Наука, 1986.
12. Корниенко Л.С., Наний О.Е. Физика лазеров. Ч.1, 2. М.: Изд-во МГУ, 1996.
13. Ландсберг Оптика: учебное пособие, 6-е изд., М: Физматлит, 2010.
14. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: Изд-во МГУ, 1994.
15. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Ч.1: Молекулярная спектроскопия. М.: Изд-во МГУ, 1994.
16. Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. М.: Физматлит, 2000.
17. Матвеев А.Н. Оптика. М.: Высшая школа, 1985.
18. Молекулярная спектроскопия: основы теории и практика: Учебное пособие / Под ред. проф.Ф.Ф. Литвина. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 263 с.
19. Новотный Л., Хехт Б. Основы нанооптики, М.:Физматлит, 2011.
20. Оптика и фотоника. Принципы и применения: учебное пособие: / Б. Салех, М. Тейх; пер. с англ. В. Л. Дербова. Долгопрудный: Интеллект, Т. 1, 2 . 2012 . 780 с.
21. Осадько И.С. Флукутирующая флуоресценция наночастиц М.: "Физматлит", 2011, 320 стр.
22. Парыгин В.Н., Балакший В.И. Оптическая обработка информации. М.: Изд-во МГУ, 1987.
23. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.: Оптика 2003. Изд-во АСТ, 2006.
24. Скалли М.О., Зубайри М.С. Квантовая оптика, М.: Физматлит, 2003.
25. Фриш С.Э. Оптические спектры атомов: Учебное пособие. - СПб.: Издательство "Лань", 2010. - 656 с.
26. Ханин Я.И. Основы динамики лазеров. М., 1999.
27. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. М.: Наука, 1989.
28. Шпольский Э.В. Атомная физика, т.1. Введение в атомную физику. - СПб.: Издательство "Лань", 2010.

Согласовано:

Заведующий кафедрой фундаментальных
дисциплин и методологии науки



О.В. Александрова

Заведующий аспирантурой



Е.В. Нефедова

Декан факультета подготовки кадров



А.Н. Кокорин