

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИМКЭС СО РАН, д.ф.-м.н.

 Крутиков В.А.

« 6 » 2015 г.



ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

по специальной дисциплине, соответствующей профилю

ОПТИКА

(направление подготовки: 03.06.01 – Физика и астрономия)

г. Томск
2015 г.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ПОДГОТОВКИ ПОСТУПАЮЩИХ В АСПИРАНТУРУ, ПРОВЕРЯЕМЫЕ НА ЭКЗАМЕНЕ

Целью вступительного экзамена в аспирантуру по профилю 01.04.05 - оптика является выявление у поступающих в аспирантуру базовых знаний и представлений об основных физических и математических моделях процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере оптики, а также знаний основных принципов проведения экспериментов в сфере лазерного зондирования атмосферы и определение способности и готовности поступающего к обучению по образовательным программам аспирантуры и последующей сдаче кандидатского экзамена по дисциплине «Оптика».

Поступающий в аспирантуру должен продемонстрировать знание основных естественнонаучных и математических законов, а также представлений по физическим основам взаимодействия оптического излучения с атмосферой как поглощающей и рассеивающей средой, полученных поступающим при изучении общепрофессиональных или специальных дисциплин специалитета, бакалаврской и магистерской подготовки, таких как «Физическая оптика», «Распространение оптических волн в средах», «Методы лазерного зондирования природных сред» и других.

Результаты экзамена позволяют обосновано и целенаправленно сформировать список дисциплин, необходимых для качественной подготовки аспиранта по профилю 01.04.03 - оптика.

Программа вступительного экзамена по оптике разработана в соответствии с требованиями Государственных образовательных стандартов (специалитет), Федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (магистратура).

2. СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ ПО ОПТИКЕ

2.1. Электромагнитная теория света

Уравнения Максвелла. Вектор Умова-Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны. Фазовая и групповая скорости света. Поляризация света. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре. 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 и гиротропных средах. Волновые поверхности в кристаллах. Лучи и волновые нормали. Эллипсоид Френеля. Оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление. Электрооптические эффекты Керра и Поккельса. Оптическая активность. Эффект Фарадея.

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

2.2. Геометрическая оптика

Асимптотическое решение волнового уравнения. Геометро-оптическое приближение. Уравнение эйконала. Область применения лучевого приближения. Принцип Ферма. Гомоцентрические пучки.

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.

2.3. 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. Обратные задачи теории дифракции. Синтез оптических элементов.

2.4. 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. Кооперативные эффекты. Сверхизлучение. Когерентное и комбинационное рассеяния.

Распространение волн в нелинейной среде. Условие синхронизма. Генерация оптических гармоник. Самофокусировка света. Вынужденное комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Четырехволновое взаимодействие. Обращение волнового фронта. Вещество в сверхсильном световом поле.

2.5. Статистическая оптика

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

Распределение Бозе-Эйнштейна. Параметр вырождения поля. Пуассоновская, субпуассоновская и суперпуассоновская статистика фотонов. Связь статистик фотонов и фотоотчетов, формула Мандела для распределения фотоотчетов. Дробовой шум.

Спонтанное параметрическое рассеяние света. Бифотоны. Перепутанные состояния света. Оптическая реализация кубитов и их преобразования. Состояния Белла. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Неравенства Белла.

2.6. Спектроскопия

Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов. Определение набора термов. Мультиплетная структура. Правила отбора. Спектры молекул. Адиабатическое приближение. Группы симметрии молекул. Колебательные спектры. Классификация нормальных колебаний по типам симметрии. Правила отбора в колебательных спектрах поглощения и комбинационного рассеяния. Вращательная структура колебательных полос. Электронные спектры молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул. Принцип Франка-Кондона. Типы связи электронного движения и вращения.

Спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фононной подсистемой. Поглощение света в металлах. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Переходы с остовных уровней. Эффекты Оже и Фано. Эффекты на краях остовного поглощения: EXAFS и XANES. Понятие о поляритонах. Спектроскопия дефектных состояний в кристаллах.

Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Молекулярная и рекомбинационная люминесценция. Закон Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции Левшина. Закон Вавилова. Триплетные состояния молекул и их роль в процессах деградации и миграции энергии электронного возбуждения. Схема Теренина-Льюиса. Тушение люминесценции. Безизлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Люминесценция молекулярных кристаллов.

2.7. 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 информации. Волоконная оптика. Типы волоконных световодов. Волоконные линии связи. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.

2.8. 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, 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.

2.9. Нанофотоника

Ближнеполевые взаимодействия. Оптика затухающих волн. Плазмоника. Распределение поля в системе металл-диэлектрик. Гигантское усиление электромагнитного поля вблизи

металлических наноструктур. Нелинейные свойства наноразмерных структур. Ближнеполевые нелинейные оптические процессы. Фотонные материалы с запрещенной зоной. Фотонные кристаллы. Наноразмерные источники света. Метаматериалы. Суперлинза. Фотовольтаика. Характеризация поверхности. Сканирующая зондовая микроскопия. Электронная микроскопия.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ЭКЗАМЕНУ В АСПИРАНТУРУ ПО ОПТИКЕ

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, электронно-колебательно- 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

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ ПО ОПТИКЕ

Основная литература:

1. Агравал Г. Применение нелинейной волоконной оптики: учеб. пособие. - Спб.:_Лань, 2011.
2. Ландсберг И. Оптика: учебное пособие, 6-е изд., М: Физматлит, 2010.
- 3 Ищенко, Е.Ф. Поляризация оптика: учеб. пособие для вузов.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.
4. Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. М.: Физматлит, 2000
5. Новотный Л., Хехт Б. Основы нанооптики, М.:Физматлит, 2011.

6. Пихтин, А.Н. Квантовая и оптическая электроника: учебник для студ. вузов.-М.: Абрис, 2012.

Дополнительная литература:

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. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Эдиториал УРСС, 2001.
5. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: Изд-во МГУ, 1994.
6. Корниенко Л.С., Наний О.Е. Физика лазеров. Ч.1, 2. М.: Изд-во МГУ, 1996.
7. Матвеев А.Н. Оптика. М.: Высшая школа, 1985.
8. Парыгин В.Н., Балакший В.И. Оптическая обработка информации. М.: Изд-во МГУ, 1987.
9. Скалли М.О., Зубайри М.С. Квантовая оптика, М.: Физматлит, 2003.
10. Ханин Я.И. Основы динамики лазеров. М., 1999.

Программа вступительного экзамена рассмотрена и рекомендована к утверждению решением Ученого Совета ИМКЭС СО РАН.

Протокол УС ИМКЭС СО РАН № 3 от 6.02 2015 года.