

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Утверждаю
Проректор по научной работе
_____ С.Г. Мосин
« ____ » _____ 20 12 г.

ПРОГРАММА
вступительного экзамена в аспирантуру
по специальности 01.04.21. - «Лазерная физика»

Пояснительная записка

Настоящая программа предназначена для поступающих в аспирантуру
кафедры «Физика и прикладная математика»
по специальности 01.04.21 - «Лазерная физика»

шифр и наименование специальности

Программа составлена в соответствии с программой-минимумом кандидатского экзамена по специальности 01.04.21 - «Лазерная физика»

шифр и наименование специальности

утвержденной приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 08.10.2007г. №274 «Об утверждении программ кандидатских экзаменов».

Введение

Программа включает содержание профилирующих учебных дисциплин, входящих в Основную образовательную программу высшего профессионального образования, по которой осуществляется подготовка студентов, в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта.

Поступающий в аспирантуру должен продемонстрировать высокий уровень практического и теоретического владения материалом вузовского курса.

Обязательным предметом обсуждения на экзамене являются реферат или представленные соискателем публикации.

Содержание программы

Тема 1. Оптика

Электромагнитная природа света. Принцип Гюйгенса. Закон отражения и преломления. Абсолютный и относительный показатели преломления. Полное внутреннее отражение. Световоды.

Когерентность и монохромичность световых волн. Время и длина когерентности.

Оптическая длина пути. Оптическая разность хода. Расчет интерферентной картины от двух когерентных источников.

Полосы равной толщины и равного наклона.

Понятие о голографии.

Принцип Гюйгенса - Френеля. Метод зон Френеля. Прямолинейное распространение света. Дифракция Френеля на круглом отверстии и диске.

Дифракция Фраунгофера от бесконечно длинной прямой щели. Дифракция Фраунгофера на одномерной дифракционной решетке.

Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Закон Брюстера. Поляризация при двойном лучепреломлении. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Оптическая роль кристалла. Поляризационные призмы. Закон Малюса.

Оптическая активность вещества. Эффект Фарадея.

Затруднение в электромагнитной теории Максвелла. Нормальная и аномальная дисперсии. Методы наблюдения дисперсии.

Тема 2. Основы физики лазеров и лазерной техники

Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла. Энергия и поток энергии электромагнитных волн. Теорема Умова-Пойнтинга. Поляризация электромагнитных волн. Параметры Стокса.

Уровни энергии атомов, молекул, кристаллов. Поглощение и испускание электромагнитного излучения. Вероятности спонтанных и индуцированных переходов.

Принцип действия лазеров. Методы создания инверсии населенностей. Релаксационные процессы. Ширина линии перехода. Коэффициент усиления. Эффект насыщения.

Оптические резонаторы. Спектр мод резонатора. Добротность резонатора. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Методы модуляции добротности резонатора лазера. Методы активной и пассивной синхронизации мод излучения в лазере.

Основные типы лазеров. Динамика лазерной генерации. Классификация режимов лазерной генерации. Порог генерации.

Флуктуации лазерного излучения. Естественная ширина линии и естественная расходимость лазерного излучения. Предельная пространственная когерентность лазерных пучков.

Стабилизация частоты генерации (активная и пассивная). Стабилизация интенсивности. Перестройка частоты лазерной генерации. Методы измерения длительности лазерных импульсов.

Тема 3. Вещество в лазерном поле. Лазерная диагностика

Отклик вещества на действие электромагнитного поля. Вектора поляризации и намагниченности среды. Разложение поляризации в ряд по степеням поля. Временная (частотная) и пространственная дисперсия. Тензоры линейной и нелинейной восприимчивостей вещества.

Резонансные процессы. Двухуровневый атом. Уравнения Блоха. Многофотонные резонансные процессы. Обобщенная двухуровневая система. Многофотонное поглощение. Вынужденное комбинационное рассеяние. Генерация гармоник. Смещение частот. Параметрическое рассеяние.

Взаимодействие электромагнитного излучения с кристаллами. Зонная структура энергетических уровней. Энергия Ферми. Диэлектрики, полупроводники, металлы. Возбуждения в кристаллах: фононы, поляритоны, экситоны. Основные нелинейные кристаллы.

Спектроскопия насыщения неоднородно уширенных переходов. Двухфотонная спектроскопия, свободная от доплеровского уширения. Спектроскопия когерентного антистоксова рассеяния света. Спектроскопия многоволнового смещения.

Тема 4. Волновые процессы. Нелинейная волновая оптика. Прикладная нелинейная оптика

Волновая оптика световых пучков и импульсов: уравнения Максвелла, волновое уравнение, уравнения для медленно меняющихся амплитуд. Гауссовы пучки, их преобразование оптическими системами. Дифракционное расплывание, длина дифракции. Волны в световодах. Дифракция случайных волновых полей.

Материальная дисперсия сплошной среды. Распространение импульсов в диспергирующих средах: групповая скорость, дисперсионное расплывание, эффекты дисперсии высших порядков. Спектрально ограниченный импульс.

Волны в пространственно-периодических средах. Запрещенная зона. Фотонные кристаллы и их дисперсионные свойства.

Фурье-оптика волновых пучков и импульсов; пространственная фильтрация. Основы адаптивной оптики: управление фазой световых колебаний в пространстве и во времени, формирование пучков и импульсов с заданной структурой.

Волны в слабонелинейных и диспергирующих средах: методы описания и классификация нелинейных эффектов.

Самовоздействие световых пучков. Природа кубической нелинейности. Самофокусировка в средах с керровской нелинейностью, критическая мощность, длина самофокусиров-

ки. Мелкомасштабная самофокусировка. Филаментация. Пространственные оптические солитоны.

Самовоздействие световых импульсов в средах с кубичной нелинейностью: самомодуляция, солитоны, компрессия и расплывание. Формирование сверхкоротких импульсов методами фазовой самомодуляции и компрессии.

Генерация оптических гармоник. Фазовый синхронизм и его реализация, групповой синхронизм. Спонтанное параметрическое рассеяние света. Параметрическое усиление и генерация. Генерация суммарных и разностных частот. Вынужденное комбинационное рассеяние. Рамановские усилители и генераторы. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Обращение волнового фронта.

Оптические бистабильные и мультистабильные системы. Оптические логические элементы. Продольная неустойчивость в нелинейных резонаторах: от периодических колебаний через удвоение периода к оптическому хаосу.

Тема 5. Воздействие лазерного излучения на вещество. Лазерная фотофизика и фотобиология. Физические основы лазерных технологий

Одно- и многофотонная ионизация атомов и молекул. Туннельная и надбарьерная ионизация атомов и ионов. Пондеромоторное ускорение фотоэлектронов. Уширение спектра. Генерация высоких оптических гармоник и суперконтинуума. Генерация каскада комбинационных частот.

Лазерный пробой газов. Лазерная искра. Лазерная плазма. Лазерный термоядерный синтез.

Многофотонная диссоциация молекул в лазерном поле. Столкновительный и бесстолкновительный режимы многофотонной диссоциации. Лазерное разделение изотопов. Оптическое стимулирование химических реакций.

Лазерное управление движением частиц. Оптическое охлаждение и захват атомов и ионов. Атомные часы. Управление атомными пучками с помощью лазеров. Лазерные методы ускорения частиц.

Поглощение и релаксация энергии лазерного излучения в полупроводниках и металлах. Электрон- электронная, электрон- фононная и фонон- фононная релаксация. Времена релаксации. Нормальный и аномальный скин эффект.

Лазерный нагрев вещества. Лазерное плавление и испарение поверхности. Лазерный отжиг и легирование полупроводников. Лазерная закалка металлов. Процессы абсорбции и десорбции в поле лазерного излучения. Лазерная фотохимия, типы фотохимических реакций.

Лазерная фотобиология. Фотобиологические реакции: энергетические (фотосинтез), информационные (зрение), биосинтетические, деструктивно- модифицирующие (фотосенсибилизация, фотоионизация) и лазерные методы излучения. Лазерная микро- и макродиагностика биомолекул, клеток и биотканей.

Тема 6. Элементы квантовой оптики

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

Пространственная и временная когерентность. Корреляционные функции первого и второго порядка. Когерентность высших порядков. Фоковское, когерентное и сжатое состояния поля. Пуассоновская, субпуассоновская и суперпуассоновская статистика фотонов. Группировка и антигруппировка фотонов. Счет фотонов. Дробовой шум. Связь статистики фотонов и фотоотсчетов, формула Мандела.

Перепутанные состояния света. Оптическая реализация кубитов и их преобразования. Состояния Белла. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Неравенства Белла. Квантовая криптография. Квантовая телепортация.

Перечень экзаменационных вопросов

1. Электромагнитная природа света. Принцип Гюйгенса. Закон отражения и преломления и его следствия. Полное внутреннее отражение. Световоды.
2. Когерентность и монохромичность световых волн.
3. Оптическая длина пути. Оптическая разность хода. Расчет интерферентной картины от двух когерентных источников.
4. Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Закон Брюстера. Двойное лучепреломление. Закон Малюса.
5. Нормальная и аномальная дисперсии. Методы наблюдения дисперсии.
6. Уравнения Максвелла. Теорема Умова-Пойнтинга. Поляризация электромагнитных волн.
7. Коэффициенты Эйнштейна. Принцип действия лазеров. Методы создания инверсии населенностей. Ширина линии перехода.
8. Оптические резонаторы.
9. Основные типы лазеров.
10. Флуктуации лазерного излучения. Предельная пространственная когерентность лазерных пучков.
11. Отклик вещества на действие электромагнитного поля.
12. Резонансные процессы. Многофотонные резонансные процессы. Обобщенная двухуровневая система. Многофотонное поглощение. Вынужденное комбинационное рассеяние.
13. Взаимодействие электромагнитного излучения с кристаллами. Энергия Ферми. Диэлектрики, полупроводники, металлы. Возбуждения в кристаллах Основные нелинейные кристаллы.
14. Спектроскопия насыщения неоднородно уширенных переходов.
15. Волновая оптика световых пучков и импульсов: уравнения Максвелла, волновое уравнение, уравнения для медленно меняющихся амплитуд.
16. Гауссовы пучки, их преобразование оптическими системами. Дифракционное расплывание, длина дифракции.
17. Распространение импульсов в диспергирующих средах.
18. Волны в пространственно-периодических средах.
19. Фотонные кристаллы и их дисперсионные свойства.
20. Фурье-оптика волновых пучков и импульсов; пространственная фильтрация.
21. Основы адаптивной оптики: управление фазой световых колебаний в пространстве и во времени, формирование пучков и импульсов с заданной структурой.
22. Волны в слабонелинейных и диспергирующих средах: методы описания и классификация нелинейных эффектов.
23. Самовоздействие световых пучков. Природа кубической нелинейности. Самофокусировка в средах с керровской нелинейностью.
24. Самовоздействие световых импульсов в средах с кубической нелинейностью: самомодуляция, солитоны, компрессия и расплывание. Формирование сверхкоротких импульсов методами фазовой самомодуляции и компрессии.
25. Генерация оптических гармоник. Фазовый синхронизм и его реализация, групповой синхронизм.
26. Спонтанное параметрическое рассеяние света. Параметрическое усиление и генерация. Генерация суммарных и разностных частот.
27. Вынужденное комбинационное рассеяние. Рамановские усилители и генераторы. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Обращение волнового фронта.
28. Оптические бистабильные и мультистабильные системы. Оптические логические элементы.
29. Одно- и многофотонная ионизация атомов и молекул. Туннельная и надбарьерная ионизация атомов и ионов. Пондеромоторное ускорение фотоэлектронов.
30. Лазерный пробой газов. Лазерная искра. Лазерная плазма. Лазерный термоядерный синтез.

31. Многофотонная диссоциация молекул в лазерном поле. Столкновительный и бесстолкновительный режимы многофотонной диссоциации.
32. Лазерное управление движением частиц. Оптическое охлаждение и захват атомов и ионов. Управление атомными пучками с помощью лазеров.
33. Поглощение и релаксация энергии лазерного излучения в полупроводниках и металлах. Электрон- электронная, электрон- фононная и фонон- фононная релаксация.
34. Лазерный нагрев вещества. Лазерные технологические процессы.
35. Лазерная фотобиология. Фотобиологические реакции. Лазерная микро- и макродиагностика биомолекул, клеток и биотканей.
36. Квантование поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Гамильтониан квантованного поля. Коммутационные соотношения для операторов поля.
37. Пространственная и временная когерентность. Корреляционные функции первого и второго порядка. Когерентность высших порядков.
38. Фоковское, когерентное и сжатое состояния поля. Пуассоновская, субпуассоновская и суперпуассоновская статистика фотонов. Группировка и антигруппировка фотонов. Счет фотонов. Дробовой шум. Связь статистики фотонов и фотоотчетов, формула Мандела.
39. Перепутанные состояния света. Оптическая реализация кубитов и их преобразования.
40. Состояния Белла. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Неравенства Белла.
41. Квантовая криптография. Квантовая телепортация.

Литература

1. Н.В.Карлов. Лекции по квантовой электронике. М., 1988
2. И.Р.Шен. Принципы нелинейной оптики. М., 1989
3. О.Звелто. Принципы лазеров. М., 1989
4. Я.И.Ханин. Основы динамики лазеров. М., 1999
5. Л.Аллен, Дж.Эберли. Оптический резонанс и двухуровневые атомы. М., 1978
6. С.А.Ахманов, С.Ю.Никитин. Физическая оптика. М., 1998
7. М.Б.Виноградова, О.В.Руденко, А.П.Сухоруков. Теория волн. М., 1979
8. Ю.А.Ильинский, Л.В.Келдыш. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. М., 1989
9. Д.Н.Клышко. Физические основы квантовой электроники. М., 1986
10. С.А.Ахманов, В.А.Выслоух, А.С.Чиркин. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М., 1988
11. Л.Манделъ, Э.Вольф. Оптическая когерентность и квантовая оптика. М. 2000
12. В.М.Акулин, Н.В.Карлов. Интенсивные резонансные взаимодействия в квантовой электронике. М., 1987
13. Дж.Гудмен. Введение в Фурье-оптику. М., 1970
14. Дж.Гиббс. Оптическая бистабильность. М., 1988
15. А.П.Сухоруков. Нелинейные волновые взаимодействия в оптике и радиофизике. М., 1988
16. В.С.Летохов, В.П.Чеботаев. Принципы нелинейной лазерной спектроскопии. М., 1990
17. А.В.Приезжев, В.В.Тучин, Л.П.Шубочкин. Лазерная диагностика в биологии и медицине». М., 1989
18. В.В.Тучин. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях». Саратов. 1998
19. В.П.Жарков, В.С.Летохов. Лазерная оптико-акустическая спектроскопия. М., 1984
20. А.В.Андреев, В.И.Емельянов, Ю.А.Ильинский. Кооперативные явления в оптике. М., 1988
21. В.Э.Гусев, А.А.Карабутов. Лазерная оптоакустика. М., 1991
- 22.

Программу подготовил А.П.Алоджанц, д.ф.-м.н., профессор кафедры ФиПМ.
(ф.и.о. ученая степень, учебное звание, должность)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Физика и прикладная математика» протокол № _____ «___» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой ФиПМ

С.М. АРАКЕЛЯН

Согласовано
Директор Института ПМИБНТ _____ /В.Г.Прокошев/
« _____ » _____ 2012г.