



ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по специальности
1.3.6 Оптика

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: электромагнитной теории света, геометрической оптике, физической оптике, взаимодействии света с веществом, оптике лазеров, прикладной оптике, спектроскопии, статистической и квантовой оптике.

Перечень тем для подготовки к кандидатскому экзамену

Тема 1. Электромагнитная теория света.

Уравнения Максвелла. Вектор Умова–Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны. Моды свободного пространства. Фазовая и групповая скорости света. Поляризация света. Вектор Джонса. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре. Расчетные методы Джонса и Мюллера. 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. Волновые поверхности в кристаллах. Лучи и волновые нормали. Эллипсоид Френеля. Оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление. Коническая рефракция. Электрооптические эффекты Керра и Поккельса. Оптическая активность. Эффект Фарадея. Преобразования Лоренца. Продольный и поперечный эффекты Допплера.

Тема 2. Геометрическая оптика Асимптотическое решение волнового уравнения.

Уравнение эйконала. Область применения лучевого приближения. Принцип Ферма. Гомоцентрические пучки. Понятие оптического изображения. Параксиальное приближение. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы. Хроматическая aberrация.

Тема 3. Интерференция и дифракция световых волн.

Интерференция когерентного излучения. Комплексная степень когерентности. Теорема Ван–Циттерта–Цернике. Двухлучевая и многолучевая интерференция. Многослойные покрытия. Дифракция. Дифракционные интегралы Кирхгофа–Гюйгенса. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Влияние дифракции на разрешающую силу систем, образующих изображение. Дифракционная решетка. Гауссовы пучки. Особенности дифракции некогерентного излучения. Основы векторной теории дифракции. Обратные задачи теории дифракции.

Тема 4. Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом.



Классическая теория взаимодействия излучения с веществом. Резонансное приближение. Дисперсионные соотношения Крамерса—Кронига. 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 магнитодипольные переходы. Кооперативные эффекты. Сверхизлучение. Когерентное и комбинационное рассеяния. Нелинейные восприимчивости. Распространение волн в нелинейной среде. Метод медленно меняющихся амплитуд. Условие синхронизма. Генерация оптических гармоник. Трехволновое взаимодействие. Параметрическое преобразование частоты. Самофокусировка света. Вынужденное и комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама—Бриллюэна. Четырехволновое взаимодействие. Обращение волнового фронта. Вещество в сверхсильном световом поле.

Тема 5. Статистическая оптика.

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

Распределение Бозе—Эйнштейна. Параметр вырождения поля. Рассеяние света в биоткани.

Тема 6. Спектроскопия.

Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов. Определение набора термов. Исходные термы. Мультиплетная структура. Правила отбора. Взаимодействие конфигураций. Спектры молекул. Адиабатическое приближение. Группы симметрии молекул. Колебательные спектры. Классификация нормальных колебаний по типам симметрии. Вырождение. Резонанс Ферми. Правила отбора в колебательных спектрах поглощения и комбинационного рассеяния. Вращательная структура колебательных полос. 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. Переходы в электронной подсистеме. Поглощение света в металлах. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Экситоны Ванье—Мотта и Френкеля. Область фундаментального поглощения. Переходы с остовных уровней. Эффекты Оже и Фано. Автолокализация экситонов и дырок в диэлектриках. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция,



фотоэмиссия, дефектообразование под действием света. Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Схема Теренина–Льюиса.

Тема 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. Приборы с зарядовой связью (ПЗС) - линейки, матрицы. 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. Цифровые голограммы. Переходные и передаточные функции оптических систем обработки информации. Изопланарность. Использование методов Фурье-оптики для оптической фильтрации и распознавания образов.

Волоконная оптика. Типы волоконных световодов. Моды оптических волокон. Затухание и дисперсия мод. Направленные ответвители. Волоконные линии связи. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.

Тема 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. Принципы адаптивной оптики; коррекция волнового фронта лазерных пучков.

Тема 9. Волноводная оптоэлектроника/ интегральная оптика.

Поверхностные волны в однородных планарных оптических волноводах. Поверхностные волны в неоднородных планарных оптических волноводах. Связанные волны в оптических волноводах. Фокусирующие элементы интегральной оптики. Интегрально оптические элементы на основе дифракционно-решетчатых структур. Основные типы трехмерных оптических волноводов. Методы расчета трехмерных оптических волноводов. Метод эффективного показателя преломления. Выбор параметров канальных и полосковых оптических волноводов. Соединения трехмерных оптических волноводов на общей подложке. Волноводные переходы и рупоры. Изгибы и изломы оптических волноводов. Волноводные направленные ответвители. Разветвления и пересечения трехмерных



1920

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

оптических волноводов. Элементы ввода излучения в оптические волноводы. Базовые элементы для оптических интегральных схем и основные технологические методы получения волноводных структур. Приёмники излучения интегрально-оптических схем, Фотойды на p-n переходах. Источники излучения интегрально-оптических схем. Методы согласования оптических волноводов и волоконных световодов. Оптические согласующие элементы. Согласование источников излучения с оптическими волноводами и волоконными световодами. Основные характеристики оптических волноводных модуляторов и переключателей. Электрооптические модуляторы интерференционного типа. Акустооптические модуляторы и дефлекторы. Полупроводниковые фотодетекторы. Оптоэлектронные интегральные схемы. Лазерные диоды на p-n переходы. Лазерные диоды на гетероструктурах. Принципы и методы оптической волноводной обработки информации. Виды и основные классы оптических интегральных схем для обработки информации.

Вопросы для подготовки к сдаче кандидатского экзамена

1. Оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление.
2. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фоновой подсистемой.
3. Поверхностные волны в однородных и неоднородных планарных оптических волноводах.
4. Электрооптические эффекты Керра и Погкельса. Оптическая активность. Эффект Фарадея.
5. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Экситоны Ванье-Мотта и Френкеля. Область фундаментального поглощения.
6. Связанные волны в оптических волноводах.
7. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы. Образование каустик в оптических системах.
8. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция, фотоэмиссия, дефектообразование под действием света.
9. Фокусирующие элементы интегральной оптики.
10. Однофотонные и многофотонные процессы. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна.
11. Источники оптического излучения. Тепловые, газоразрядные и лазерные источники.
12. Интегрально-оптические элементы на основе дифракционно-решетчатых структур.
13. Электрооптический эффект в кристаллах.
14. Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения.



15. Основные типы трехмерных оптических волноводов и методы их расчета.
16. Когерентное и комбинационное рассеяние.
17. Тушение (температурное, концентрационное, посторонними веществами) люминесценции. Кооперативные процессы в люминесценции.
18. Элементы ввода излучения в оптические волноводы.
19. Распространение волн в нелинейной среде. Условие синхронизма. Генерация оптических гармоник.
20. Синхротронное излучение. Оптические материалы.
21. Базовые элементы для оптических интегральных схем и основные методы получения волноводных структур.
22. Трехволновое взаимодействие. Параметрическое преобразование частоты.
23. Характеристики приемников излучения: спектральная и интегральная чувствительность, шумы, инерционность. Приборы с зарядовой связью (ПЗС) – линейки, матрицы.
24. Методы согласования оптических волноводов и волоконных световодов.
25. Временная и пространственная когерентность световых полей.
26. Светофильтры, призмные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры. Фурье-спектроскопия.
27. Согласование источников излучения с оптическими волноводами и волоконными световодами.
28. Спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле.
29. Основные характеристики приборов: аппаратная функция, разрешение, светосила, дисперсия. Лазерная спектроскопия.
30. Основные характеристики оптических волноводных модуляторов и переключателей.
31. Запись и обработка оптической информации. Механизм записи и воспроизведения волновых полей с помощью двумерных и трехмерных голограмм.
32. Принцип работы полупроводникового лазера. Схемы накачки.
33. Электрооптические модуляторы оптического излучения.
34. Моды оптических волокон. Затухание и дисперсия мод. Волоконные линии связи.
35. Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов. Свойства лазерных пучков.
36. Акустооптические модуляторы и дефлекторы.
37. Волновое уравнение. Поляризация света.
38. Энергетический спектр атома водорода в нерелятивистском приближении.
39. Туннельный эффект.



40. Энергия и импульс оптических волн, световое давление.
41. Излучение света атомами и молекулами.
42. Когерентность. Интерференция. Принцип голографии.
43. Звуковые и ударные волны.
44. Поглощение и рассеяние света.
45. Нелинейные оптические явления.
46. Рассеяние электромагнитных волн на зарядах.
47. Усиление света, лазеры.
48. Принцип Паули. Таблица Менделеева.
49. Акустооптический эффект.
50. Интерференция света, временная и пространственная когерентность, интерферометры.
51. Физические основы работы п/п лазеров на гетеропереходах.
52. Законы преобразования энергии и импульса, связь энергии, импульса, массы и скорости релятивистской частицы.
53. Распространение оптических волн в анизотропных средах.
54. Квантовые генераторы и усилители. Методы создания инверсной населенности.
55. Уравнения Максвелла в среде, материальные уравнения и граничные условия.
56. Излучение Вавилова-Черенкова.
57. Оптические резонаторы для лазеров.
58. Дисперсия диэлектрической проницаемости, физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости.
59. Дифракция Френеля и Фраунгофера.
60. Уравнение Шредингера (стационарное, нестационарное), волновая функция.
61. Естественная ширина спектральной линии. Доплеровское уширение.
62. Интерферометр Фабри-Перо. Многолучевая интерференция.
63. Фотоэффект и его виды. Уравнения Эйнштейна для фотоэффекта и их анализ.
64. Люминесценция и ее основные законы.
65. Уравнение Пауссона и Лапласа.
66. Дифракция Френеля и Фраунгофера.
67. Подвижность электронов и дырок в полупроводниках.
68. Уравнение Шредингера для кристалла в общем виде.
69. Поляризация преломленных лучей. Двойное лучепреломление.
70. Механизмы пробоя n-p перехода.
71. Связь между импульсом и длиной волны свободного электрона, волновое число.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы



Основная литература

1. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика / В. П. Вейко, М. Н. Либенсон, Г. Г. Червяков, Е. Б. Яковлев; под ред. В. И. Конова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 309 с.
2. Лазерная рефрактография // Евтихиева, Ольга Анатольевна, И. Л. Расковская, Б. С. Ринкевичюс; О. А. Евтихиева, И. Л. Расковская, Б. С. Ринкевичюс; под ред. Б. С. Ринкевичюса. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 174 с.
3. Лазерная электродинамика. Элементарные и когерентные процессы при взаимодействии лазерного излучения с веществом // Быков, Владимир Павлович; В. П. Быков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 380 с.
4. Лазерные резонаторы / Быков, Владимир Павлович, О. О. Силичев; В.П. Быков, О. О. Силичев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 319 с.
5. Многоходовые системы в оптике и спектроскопии / Чернин, Семен Моисеевич; Чернин С. М. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 239 с.
6. Оптические солитоны / Кившарь, Юрий Сергеевич, Анравал Г.П. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 648 с.
7. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта // Дмитриев, Валентин Георгиевич; В. Г. Дмитриев. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 256 с.
8. Оптика анизотропных сред / Федоров, Федор Иванович; Ф. И. Федоров. – Изд. 2-е, испр. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 380 с.
9. Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы / Янг, Матт; М. Янг; пер. с англ. Н. А. Липуновой, О. К. Нания, В. В. Стратонович; под ред. В. В. Михайлина. – М.: Мир, 2005. – 541 с.
10. Основы фемтосекундной оптики / Козлов, Сергей Аркадьевич, В. В. Самарцев; С. А. Козлов, В. В. Самарцев. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. –291 с.
11. Фемтосекундные импульсы: введение в новую область лазерной физики / Крюков, Петр Георгиевич; П. Г. Крюков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 205 с.
12. Физика лазера / Тарасов, Лев Васильевич; Л. В. Тарасов. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: URSS: [ЛИБРОКОМ], 2010. – 439 с.
13. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. М.: Техносфера, 2003.
14. Васильев В.Н., Павлов А.В. Оптические технологии искусственного интеллекта. СПб: СПбГУ ИТМО, 2005.
15. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2007.
16. Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов. – М.: Техносфера, 2006.
17. Ушаков В.Н. Оптические устройства в радиотехнике. – М.: Радиотехника, 2005.-240с.
18. Гринёв А.Ю. Основы радиооптики. – М.: Сайнс-Пресс, 2003.
19. Месхеде П. Современная оптика и нанофотоника. – М.: Интеллект, 2008.
20. Салех Б., Тейх М. Основы фотоники.-М.: Интеллект, 2008.



1920

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

21. Соيفер В.А. Методы компьютерной оптики.-Издание 2. – М.:Изд. группа URSS, 2003. – 688с.
22. Васильев В.Н., Павлов А.В. Оптические технологии искусственного интеллекта. Уч. по. в 2-х т. - т.1 Основы оптических информационных технологий и теории искусственных нейронных сетей. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – т.2 Когнитивные системы и оптические логические процессы. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008.
23. Дмитриев А.Л. Оптические методы обработки информации. –Уч. пос. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2005.
24. Акаев А. Оптические методы обработки информации. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2005. – 240с.
25. Ермаков О.Н. Прикладная оптоэлектроника. М.: Техносфера, 2004. – 416 с.
26. Анаев А. Оптические методы обработки информации. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2005.
27. Беспалов В.Г., Крылов В.Н. Основы оптоинформатики. -Уч. пос. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008.
28. Белов П.А. Оптические процессоры: достижения и новые идеи. – Сб. «Проблемы когерентной и нелинейной оптики»/Под ред. И.П. Гурова .СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006.
29. Розенштер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. – М.: Техносфера, 2004. – 592 с.
30. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых диэлектрических материалов. – СПб.: Лань, 2002. – 424с.
31. Янг М. Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы. – М.: Мир, 2005. – 544 с.
32. Гончаренко А.М., Карпенко В.А. Основы теории оптических волноводов. – Изд.2. -Издательская группа URSS, 2004. – 240 с.
33. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах/Под ред. Нефедова В.И.-М.: Высш. школа, 2005.
34. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоэлектронных сетей связи. – М.: Радио и связь, 2003.
35. Боридько С.И. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. – М.: Вильямс, 2004. – 640 с.
36. Бакланов И.Г. Технологии измерений первичной сети. ч.1 Системы E1, PDH, SDH. – М.: Эко-Трендз, 2002; ч.2 Системы синхронизации B-ISDN, ATM: – М.: Эко-Тренд, 2002.
37. Веселовский К. Системы подвижной радиосвязи- М.: Радио и связь, 2006. – 460 с.
38. Зыряев А.В. Защита информации в сетях мобильной связи. – М.: Гор. линия – телеком, 2005.
39. Ларкин А.И. Когерентная фотоника. – Бином.ЛЗ, 2007. – 319 с.



40. Кристаллы квантовой и нелинейной оптики. – 2-е изд.-МИСИС, 2007. – 432 с.
41. Ерсиков О. Прикладная оптоэлектроника. – М.: Техносфера, 2004. – 416 с.
42. Дмитриев В.Г. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта. – М.: Физматлит, 2003. – 256 с.
43. Рыжонков Д.И. Наноматериалы. – Бином, ЛЗ, 2008. – 365 с.
44. Дубровский В.Г. Теория формирования эпитаксиальных наноструктур. – Серия «Фундаментальная и прикладная физика». – М.: Физматлит, 2009. – 352 с.
45. Кожитов Л.В. Технология материалов микро- и наноэлектроники. – М.: МИСИС, 2007. – 544 с.
46. Кларк Э.Р. Микроскопические методы исследования материалов. – М.: Техносфера, 2007. – 376 с.
47. Мартинес-Дуарт Дж.М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. – М.: Техносфера, 2007. – 368 с.
48. Маломед Б.А. Контроль солитонов в периодических средах. – М.: Физматлит, 2009. – 192 с.

Дополнительная литература

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970.
2. Матвеев А.Н. Оптика. М.: Высшая школа, 1985.
3. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Физмат-гиз, 1962.
4. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров. М.: Физматгиз, 1963.
5. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
6. Васильев А.Н., Михайлин В.В. Введение в спектроскопию твердого тела. М.: Изд-во МГУ, 1987.
7. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: Изд-во МГУ, 1994.
8. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М., Наука, 1988.
9. Корниенко Л.С., Наний О.Е. Физика лазеров. Ч.1, 2. М.: Изд-во МГУ, 1996.
10. Ханин Я.И. Основы динамики лазеров. М., 1999.
11. Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М.: Наука, 1990.
12. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999.
13. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. М.: Радио и связь, 2000.
14. Барыбин А.А., Сидоров В.Г. Физико-технологические основы электроники. – СПб.: Лань, 2001. – 271 с.



1920

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

15. Мартинес-Дуарт Дж.М. Нанотехнологии для микро- и нанооптоэлектроники. – М.: Техносфера, 2007.
16. Ипатов В.П. Системы мобильной связи.и – М.: Гор.линия – телеком, 2003.
17. Комашинский В.И. Системы подвижной радиосвязи с пакетной передачей информации. Основы моделирования. -Радиосвязь, 2007. – 176 с.
18. Маковеева М.М., Максимов А.В. Система связи с подвижными объектами. -М.: Радиосвязь, 2009. – 440 с.

Перечень ресурсов сети «Интернет»:

1. <http://e.lanbook.com/>
2. <http://www.sciencedirect.com/>
3. <http://www.scopus.com/>
4. <http://www.nature.com/siteindex/index.html>
5. <http://www.scirus.com>
6. <http://www.elibrary.ru/>
7. <http://iopscience.iop.org/>
8. <http://online.sagepub.com>
9. <http://scitation.aip.org>
10. <http://www.annualreviews.org/ebvc>
11. <http://www.uspto.gov/patft>