ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА»

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор – проректор
по научно-исследовательской работе
_____Прокофьев А.Б.

Программа вступительного испытания в аспирантуру
по специальной дисциплине

Группа научных специальностей 1.3 Физические науки:
1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики;
1.3.3 Теоретическая физика;
1.3.6 Оптика;
1.3.8 Физика конденсированного состояния;
1.3.11 Физика полупроводников;
1.3.17 Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества;
1.3.19 Лазерная физика.

Самара 2022

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по специальной дисциплине разработана в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего образования уровней специалист, магистр.

Разработчики программы:

Скиданов Р.В., профессор кафедры технической кибернетики, доктор физико-математических наук, доцент.

Салеев В.А., заведующий кафедрой общей и теоретической физики, доктор физико-математических наук, профессор.

Котляр В.В., профессор кафедры технической кибернетики, доктор физико-математических наук, профессор.

Осинская Ю.В., заведующая кафедрой физики твердого тела и неравновесных систем, доктор физико-математических наук, доцент.

Коновалов С.В., заведующий кафедрой технологии металлов и авиационного материаловедения, доктор технических наук, профессор.

Азязов В.Н., профессор кафедры физики, доктор физико-математических наук, доцент.

Захаров В.П., заведующий кафедрой лазерных и биотехнических систем, доктор физико-математических наук, профессор.

Директор естественнонаучного института
д.ф.-м.н., профессор И.П. Завершинский

Исполнительный директор
института авиационной
и ракетно-космической техники
к.т.н., доцент И.С. Ткаченко

Директор института
информатики и кибернетики
д.т.н., профессор В.В. Сергеев

Вопросы к вступительному испытанию по специальной дисциплине
«Приборы и методы экспериментальной физики»

I АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Научный эксперимент как средство построения и уточнения математической модели исследуемого объекта или явления. Типовая схема экспериментальных исследований. Типовые задачи исследований. Экспериментальные исследования как объект автоматизации.
2. Понятие АСНИ. Классификация АСНИ, типовые структуры, схемы и основные функции АСНИ.
3. Роль компьютера в АСНИ. Стандарты сопряжения компьютеров с внешними устройствами для измерении и сбора данных. Программное управление внешними устройствами
4. Методы анализа экспериментальных кривых Специфика проблемы и основные подходы к ее решению. Сегментация кривых.

II ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СХЕМЫ

1. Спектрометры. Призменный спектрометр. Дифракционный спектрометр. Разрешающая способность спектрометров. Монохроматоры. Быстрое сканирование монохроматоров.
2. Интерферометры. Двулучевые интерферометры. Интерферометры Майкельсона, твимана-Грина, Маха-Цендера, Вильямса. Интерферометр сдвига. Многолучевые интерферометры. Интерферометры Физо и Фабри-Перо.
3. Поляризаторы. Двулучепреломляющие кристаллы. Фазовые пластинки (полноволновая, полуволновая и четвертьволновая).
4. Компенсаторы. Компенсатор Бабине. Поляризующие светоделители. Деполяризатор Корню.
5. Фильтры. Тепловые фильтры. Интерференционные фильтры. Нейтральные фильтры.

III ДИФРАКЦИОННАЯ ОПТИКА

1. Принципы работы дифракционных оптических элементов.
2. расчет фокусаторов когерентного излучения в фокальные кривые в приближении геометрической оптики.
3. Понятие о компенсаторах для преобразования формы волновых фронтов.
4. Понятие об элементах для преобразования модового состава излучения.

IV ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

1. Оптический пробой газов. Механизм ионизации. Порог пробоя, его зависимость от давления. Роль примесей.
2. испарение металлов лазерным излучением. Лазерная генерация звука в жидкостях, лазерная термохимия.
3. Лазерное разрушение прозрачных диэлектриков. Механизм лавинной ионизации.

V ЗАПИСЬ И ОБРАБОТКА ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

1. Механизм записи и воспроизведения волновых полей с помощью двумерных и трехмерных голограмм. Голограммы Фурье. Цветное объемное изображение. Цифровые голограммы. Голографическая интерферометрия.
2. Линза как элемент, осуществляющий преобразование Фурье. Пространственная фильтрация изображений, формируемых линзой.
3. Техника голографического эксперимента. Регистрирующие среды. Нелинейная регистрация. Спектры.

VI ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КРИВЫХ

1. Элементы теории сигналов. Сигналы как математические функции. Непрерывное представление сигналов. Система базисных функций. Линейные преобразования по отношению к дискретным базисам.
2. Дискретизация и квантование сигналов. Теорема отсчетов Котельникова. Погрешности дискретизации и квантования.

3. Восстановление сигналов как обратная задача. Регуляризация решения уравнения типа свертки. Оптимальное и квазиоптимальное восстановление. Оптимальный фильтр Винера. Вычислительные аспекты восстановления сигналов.

4. Статистическая обработка данных. Ошибка эксперимента. Величина и доверительный интервал. Нахождение статистической закономерности.

5. Интерполяция и сглаживание данных. Приближенные формулы. Линейная и нелинейная интерполяция. Интерполяция сплайнами. Аппроксимация функций. Суммирование рядов Фурье.

VII ОСНОВЫ ФИЗИКИ ЛАЗЕРОВ

1. Индуцированные и спонтанные переходы. Поглощение и усиление. Инверсия.

2. Принцип работы лазеров. Схемы накачки. Теория Лэмба.

3. Открытый резонатор. Прореживание спектра. Гауссовы пучки. Преобразование гауссовых пучков линзой.

4. Оптические резонаторы устойчивой и неустойчивой конфигурации. Моды резонаторов. Селекция продольных и поперечных мод.

5. Основные типы лазеров. Твердотельные лазеры на примесных кристаллах и стеклах. Лазеры на центрах окраски. Газовые лазеры на нейтральных атомах, ионные, молекулярные, на парах металлов. Лазеры на эксимерах. Лазеры на красителях. Химические лазеры. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на свободных электронах. Плазменные лазеры.

6. Пичковый режим генерации. Модуляция добротности и генерация гигантских импульсов. Синхронизация мод. Генерация сверкоротких импульсов. Стабилизация и перестройка частоты генерации.

VIII НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА И ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

1. Оптоэлектронные элементы. Светоиды и инжекционные лазеры. Фотоприемники. Модуляторы и дефлекторы света. Система оптической памяти.

2. Волоконная оптика. Моды оптического волокна со ступенчатым профилем показателя преломления. Типы волоконных светоидов. Градиентные волокна.

3. Фурье-оптика волновых пучков и импульсов: управление фазой световых колебаний в пространстве и во времени, формирование пучков и импульсов с заданной структурой. Фурье-оптика и оптическая обработка информации.

4. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР) света. Модель ВКР, коэффициент усиления,порог ВКР. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Обращение волнового фронта, нелинейная адаптивная оптика.

Основная литература

1. Дифракционная нанофотоника. /Под ред. В.А.Сойфера. –М.: Физматлит, 2011. -680 с.

2. Дифракционная оптика. /Под ред. В.А.Сойфера. –М.: Физматлит, 2007. -736 с.

3. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность [Текст] / В. Н. Лозовский, Г. С. Константинова, С. В. Лозовский. - 2-е изд.. - Б.м. : Лань, 2008. - 336 с_.-ISBN 978-5-8114-0827-6, Б.ц- 33 экз.

4. Кирилловский В. К. Современные оптические исследования и измерения [Текст] / В. К. Кирилловский. - Б.м. : Лань, 2010_, Б.ц -15 экз

5. Таиров Ю. М. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов [Текст] / Ю. М. Таиров, В. Ф. Цветков. - 3-е изд., стер.. - Б.м., Б.г.. - 424 с_.-ISBN 5-8114-0438-7, Б.ц – 15 экз.

6. Валиев К. А. Наноэлектроника [Текст] / К. А. Валиев ; ред. А. А. Орликовский. -М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана , 2009. -(Электроника в техническом университете. Прикладная электроника)_, Б.ц -20 экз.

Вопросы к вступительному испытанию по специальной дисциплине
«Теоретическая физика»

1. Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа. Связи.Уравнения Гамильтона. Функция Гамильтона. Каноническое уравнение Гамильтона; фазовое пространство. Канонические преобразования.
2. Теорема Лиувилля. Скобки и теорема Пуассона. Уравнение Гамильтона-Якоби. Ковариантная запись уравнений Максвелла. Тензор поля. Уравнение Минковского. Лагранжиан заряженной частицы во внешнем электромагнитном поле. Тензор энергии – импульса.
3. Квантовомеханический формализм и преобразования симметрии. Симметрия и вырождение уровней энергии. Правила отбора. Теоретико-групповая классификация стационарных состояний квантовых систем.
4. Взаимодействие квантовой системы с излучением. Двухуровневый атом в классическом поле.
5. Гамильтонова форма уравнений Максвелла и квантование электромагнитного поля.
6. Глауберовские когерентные состояния. Модель Джейнса - Каммингса и ее свойства. Модель Дикке и сверхизлучение. Сжатый свет и коррелированные когерентные состояния.
7. Связь кооперативных и нелинейных процессов. Квантовое уравнение Лиувилля. Условия необратимости. Марковские процессы.
8. Квантовое уравнение релаксации неравновесной системы. Основное обобщенное кинетическое уравнение.
9. Атомные конденсаты и атомный лазер. Основные положения квантовой информатики. Квантовые вычисления и квантовый когерентный компьютер.
10. Оператор эволюции в представлении взаимодействия. S-матрица, разложение в ряд теории возмущений. T-матрица. Сечение рассеяния. Амплитуда рассеяния. Унитарность S-матрицы. Оптическая теорема.
11. Электромагнитные взаимодействия. Элементы квантовой электродинамики. Лагранжианы взаимодействия и принципы симметрии. Симметрия между частицами и античастицами. CPT – теорема.
12. Амплитуды и вероятности процессов взаимодействия частиц. Представление S-матрицы в виде Виковской и Дайсоновской T-экспонент.
13. Правила Фейнмана для вычисления матричных элементов S-матрицы в квантовой электродинамике. Основные квантово – электродинамические процессы и процессы с участием адронов.
14. Сильные взаимодействия и структура адронов. Кварки и глюоны, их основные характеристики. Проявление кварк - глюонной структуры адронов в процессах глубокого неупругого рассеяния лептонов. Кварковая структура мезонов и барионов.
15. Квантовая хромодинамика. Асимптотическая свобода и конфайнмент. Основные процессы с участием адронов.
16. Слабые взаимодействия. Универсальность слабого взаимодействия. Промежуточные векторные бозоны. Модель Вайнберга - Салама. Основные типы превращений элементарных частиц, вызванных слабым взаимодействием.
17. Основные понятия Фурье-оптики. Пространственная фильтрация изображения. Голография. Восстановление волновых фронтов. Применение голографии.
18. Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах. Тензор диэлектрической проницаемости в анизотропной среде.
19. Распространение плоской волны в анизотропной среде. Дисперсия. Эллипсоид показателей преломления. Классификация анизотропных сред (кристаллов).
20. Распространение света в одноосных кристаллах. Двойное лучепреломление на границе раздела. Распространение света в двухосных кристаллах.

21. Оптическая активность. Фарадеевское вращение плоскости поляризации. Распространение волн в периодических средах. Оптические модуляры.

22. Лазеры. Коэффициенты Эйнштейна. Ширина линии. Спонтанное и вынужденное излучение в квантовых системах. Усиление излучения. Эффект насыщения. Мощность генерации лазера.

23. Однородное и неоднородное уширение линии усиления. Спектр генерации: одномодовое и многомодовое излучение лазера, соотношение между длительностью импульса и шириной спектра. Синхронизация мод лазера и генерации сверхкоротких световых импульсов. Частота и ширина линии генерации. Применение лазеров.

24. Элементы нелинейной оптики. Взаимодействие излучения с веществом. Нелинейная поляризация сред. Укороченное уравнение. Генерация оптических гармоник.

25. Многофотонное поглощение. Лазерная атомно-молекулярная технология. Многофотонные процессы и виртуальные переходы.

26. Двухфотонные процессы: двухфотонное поглощение, двухфотонное испускание, комбинационное рассеяние света. Трехфотонные процессы: трехфотонное поглощение, трехфотонное испускание, трехфотонное комбинационное рассеяние.

27. Когерентные многофотонные процессы: генерация второй гармоники, параметрическое рассеяние света. Самофокусировка лазерного излучения.

28. Силы связи и структура твердых тел. Силы Ван-дер-Ваальса. Виды связи (ионная, атомная, металлическая). Кристаллическая решетка (индексы узлов, направления плоскости).

29. Классическая теория теплоемкости твердых тел. Квантовая теория теплоемкости твердых тел по Эйнштейну. Теория Дебая. Тепловое расширение твердых тел.

30. Нейтронография – дифракционный метод изучения атомной и магнитной структуры кристаллов, аморфных материалов и жидкостей с помощью рассеяния нейтронов. Нейтроны в современной физике.

31. Взаимодействие нейтронов с веществом. Дифференциальное сечение магнитного рассеяния. Упругое и неупругое рассеяние неполяризованных нейтронов кристаллами. Преимущества и недостатки метода нейтронного рассеяния.

32. Обменное взаимодействие и его роль в возникновении ферромагнетизма. Энергия обменного взаимодействия. Закон Кюри-Вейсса. Магнитная кристаллографическая анизотропия. Доменная структура ферромагнетика. Поверхностное натяжение доменной стенки. Температурная зависимость размеров доменов и доменных стенок. Движение доменных стенок.

33. Ферромагнитный резонанс. Магнитный резонанс в антиферромагнетиках и слабых ферромагнетиках. Резонанс и релаксация доменных границ. Спиновые волны. Магнитостатические волны. Обменные спиновые волны. Стоячие спиновые волны. Спиновые волны в антиферромагнетиках. Магноны. Параметры возбуждения спиновых волн.

34. Зонная теория твердых тел. Теория свободных электронов. Методы описания поведения электронов в твердом теле (приближения сильной и слабой связи). Энергетические зоны, внутренняя структура энергетических зон кристалла. Эффективная масса электрона. Понятие о дырках. Заполнение зон электронами.

35. Статистика электронов и дырок в полупроводниках Примесный полупроводник. Собственный полупроводник. Удельная электрическая проводимость полупроводников. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Эффект Холла. Эффект Холла в полупроводниках с двумя типами носителей заряда. Термоэлектрические явления. Теплопроводность полупроводников. Свойства полупроводников Ge, SiC и GaAs.

36. Контактные явления в полупроводниках. Полупроводник во внешнем электрическом поле. Контакт металл — металл. Контактная разность потенциалов. Контакт металл — полупроводник.

37. Контакт электронного и дырочного полупроводников. Выпрямление тока в p-n переходе. Гетеропереходы. Контакт вырожденных электронного и дырочного полупроводников. Туннельные диоды.

38. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Внутренний фотоэффект. Фотопроводимость. Фотопроводимость при наличии поверхностной рекомбинации и диффузии носителей заряда.

39. Фотоэффект в p-n переходе Фотоэффект на барьере Шоттки. Внешний фотоэффект.

40. Оптические свойства низкоразмерных систем. Гетеропереходы. Квантовые ямы, квантовые провода и квантовые точки в полупроводниках.. Межзонное поглощение света в квантовой яме. Правила отбора для межзонных оптических переходов.

41. Коэффициент межзонного поглощение в квантовой яме. Особенности экситонных эффектов в квантовых ямах.

42. Межзонное поглощение в квантовых ямах. Деполяризационный сдвиг. Модуляторы света на квантовых ямах. Фотоприемники на квантовых ямах.

Основная литература

1. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков. М., Изд-во МГУ, 1978.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. М.: Наука.1988.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М.: Наука, 1973.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М., Физматгиз, 1974.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, 1976
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1982.
7. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н. Современная электродинамика. Ч. 1. Микроскопическая теория. Москва. Ижевск. 2005.
8. Топтыгин И.Н. Современная электродинамика. Ч. 2. Теория электромагнитных явлений в веществе. Москва. Ижевск. 2005.
9. Денисов В.И. Введение в электродинамику сплошных сред. М, Изд-во МГУ, 1989.
10. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. М.: Наука. 2004.
11. Калитеевский Н.И. Волновая оптика, М., Высшая школа. 1978.
12. Давыдов А.С. Квантовая механика. СПб: БХВ-Петербург, 2011.
13. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики. М., Наука, 1983.
14. А. Мессиа. Квантовая механика. Т.1,2. М., Наука, 1978.
15. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем. М.: Изд-во МГУ, 1991
16. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика, кн.1.2., М., Энергоатомиздат, 1993.

Дополнительная литература

1. Вайнберг С. Квантовая теория поля. Т.1. Общая теория. Т.2. Современные приложения. М., ФИЗМАТЛИТ, 2003.
2. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность. Москва. Ижевск. НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2001.
3. Шляйх В.П. Квантовая оптика в фазовом пространстве. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2005.
4. Боровик Е.С., Еременко В.В., Мильнер А.С. Лекции по магнетизму. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
5. Игнатович В.К. Нейтронная оптика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.
6. Зветло О. Принципы лазеров.- М., Мир, 1990.
7. Делоне Н.Б.. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Курс лекций.- М., Наука, 1989.
8. Грасюк А.З. Взаимодействие излучения с веществом (Курс лекций по лазерной физике). Изд-во ФИАН. Москва. 2004.
9. Алешкин В.Я. Современная физика полупроводников. Нижний Новгород. 2013.

Вопросы к вступительному испытанию по специальной дисциплине «Оптика»

I. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ТЕОРИЯ СВЕТА

1. Уравнения Максвелла. Векторы электрической и магнитной напряженности и индукции, связь между ними в изотропных средах. Вектор Умова - Пойнтинга. Понятие о показателе преломления и его связи с диэлектрической постоянной и магнитной проницаемостью. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны.. Свойства гауссова пучка.

2. Поляризация света. Различные состояния поляризации. Частично поляризованный и естественный свет. Степень поляризации.

3. Законы отражения и преломления света на границе двух изотропных диэлектрических сред. Формулы Френеля для коэффициентов отражения и пропускания. Полное внутреннее отражение. Двойное лучепреломление. Коническая рефракция.

4. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Отражение света от поверхности проводника.

II. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА И ТЕОРИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

1. Общие свойства лучей. Основные теоремы геометрической оптики. Параксиальная оптика. Хроматическая аберрация. Фотометрия. Апертуры оптических систем. Метод построения хода лучей. Метод построения хода лучей.

2. Волновые и лучевые аберрации; функция аберраций. Первичные аберрации (аберрации Зайделя). Хроматическая аберрация произвольной центрированной системы линз. Зрачки, люки, апертурные и полевые диафрагмы.

3. Глаз и его свойства. Основные оптические приборы: зрительная труба, микроскоп. Основные элементы оптических устройств: объективы, окуляры.

4. Методы расчета оптических систем, включающих градиентные и дифракционные элементы: расчет хода лучей.

III. КОГЕРЕНТНОСТЬ СВЕТА И ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ

1. Классические интерференционные опыты. Влияние размеров источника света. Пространственная когерентность. Влияние немонохроматичности света. Временная когерентность. Взаимная функция когерентности и комплексная степень когерентности. Теорема Ван-Циттера - Цернике.

2. Двухлучевая и многолучевая интерференция. Сдвиговая и спекл-интерферометрия. Интерферометр Фабри - Перо.

IV. ДИФРАКЦИЯ СВЕТА

1. Теория дифракции Кирхгофа. Дифракция Френеля. Дифракция Фраунгофера на отверстиях различной формы. Дифракционная решетка. Особенности дифракции некогерентного излучения.

2. Обратные задачи теории дифракции. Синтез оптических элементов. Дифракционные оптические элементы.

V. ЗАПИСЬ И ОБРАБОТКА ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

1. Механизм записи и воспроизведения волновых полей с помощью двумерных и трехмерных голограмм. Голограммы Фурье. Цветное объемное изображение. Цифровые голограммы. Голографическая интерферометрия.

2. Линза как элемент, осуществляющий преобразование Фурье. Пространственная фильтрация изображений, формируемых линзой.

VI.ТЕОРИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВЕТОВЫХ ВОЛН С ВЕЩЕСТВОМ

1. Классическая теория дипольного излучения. Поле излучения и мощность классического осциллятора. Затухание вследствие излучения и естественная ширина спектральных линий. Ширина спектральных линий, обусловленная столкновениями и эффектом Доплера.

2. Классическая теория взаимодействия излучения с веществом. Воздействие на атом полем световой волны. Оптический эффект Штарка. Дисперсионные соотношения Крамерса - Кронига.

3. Фотонная структура процессов излучения и взаимодействия. Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект. Квантование поля. Однофотонные процессы.

4. Нелинейные восприимчивости. Распространение волн в нелинейной среде. Метод медленно меняющихся амплитуд. Условие согласования фаз. Генерация оптических гармоник. Самофокусировка света. Вынужденное комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама -Бриллюэна. Обращение волнового фронта.

VII. СПЕКТРОСКОПИЯ

1. Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связи электронов. Правила отборов для оптических переходов. Сверхтонкая структура и изотропический сдвиг. Действие на атом магнитного и центрического полей.

2. Спектры молекул. Разделение энергии различных видов движений в молекуле. Вращательные спектры двухатомных молекул. Колебательные спектры двухатомных молекул. Энергия диссоциации. Электронно-колебательные переходы. Принцип Франка - Кондона. Спектроскопия твердого тела. Переходы под воздействием света в идеальном кристалле. Экситоны. Поляритоны.

3. Спектры люминесценции. Законы люминесценции.

VIII. ОПТИКА ЛАЗЕРОВ

1. Принцип работы лазеров. Схемы накачки. Теория Лэмба.

2. Оптические резонаторы устойчивой и неустойчивой конфигурации. Моды резонаторов. Селекция мод.

3. Основные типы лазеров. Твердотельные лазеры на примесных кристаллах и стеклах. Лазеры на центрах окраски. Газовые лазеры на нейтральных атомах, ионные, молекулярные, на парах металлов. Лазеры на эксимерах. Лазеры на красителях. Химические лазеры. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на свободных электронах. Плазменные лазеры.

4. Пичковый режим генерации. Модуляция добротности и генерация гигантских импульсов. Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов. Стабилизация и перестройка частоты генерации.

IX ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА

1. Оптоэлектронные элементы. Светодиоды и инжекционные лазеры. Фотоприемники. Модуляторы и дефлекторы света. Система оптической памяти.

2. Волоконная оптика. Моды оптического волокна со ступенчатым профилем показателя преломления. Типы волоконных световодов. Градиентные волокна.

3. Фурье-оптика волновых пучков и импульсов: управление фазой световых колебаний в пространстве и во времени, формирование пучков и импульсов с заданной структурой. Фурье-оптика и оптическая обработка информации.

Основная литература

1. А.М. Саржевский. Оптика. Полный курс, М., Едиториал УРСС, 608 с., 2011 г., ISBN 978-5-354-01364-7.
2. Дифракционная оптика и нанофотоника, под ред. В.А. Сойфера, М., Физматлит, 2014, 608 с., ISBN – 9785922115711.
3. О.В. Филонин. Общий курс компьютерной томографии, Самарский научный центр, Самара, 407с, 2012, ISBN 978-5-93424-580-2.
4. В.Г. Волостников. Методы анализа и синтеза когерентных световых полей, Физматлит, М., 2014, 254, ISBN 9785922115865.
5. В.В. Котляр, А.А. Ковалев. Вихревые лазерные пучки, ИСОИ РАН, Самара, 248 с., 2012, ISBN 9785889401254.

6. Пятницкий Л.Н. Волновые бесселевы пучки. Физматлит, М., 408с., 2012, ISBN 9785922113182.
7. В.В. Котляр, А.А. Ковалев. Ускоряющиеся и вихревые лазерные пучки. Физматлит, М., 252с., 2018, ISBN 978-5-9221-1818-7.
8. В.В. Котляр, А.А. Ковалев, С.Н. Хонина. Вращающиеся вихревые лазерные пучки. Физматлит, М., 240с., 2021, ISBN 978-5-9221-1915-3.

Вопросы к вступительному испытанию по специальной дисциплине
«Физика конденсированного состояния»
(физико-математические науки)

I. **Структура и симметрия конденсированных сред**.

1. Конденсированные среды. Аморфные и кристаллические твердые тела. Ближний и дальний порядок. Функция радиального распределения атомов. Элементы симметрии. Точечные группы (классы) симметрии. Пространственные группы симметрии. Основные структурные типы кристаллов.

2. Твердые тела, их классификация и основные свойства. Пространственная и кристаллическая решётка. Базис кристаллической решетки. Правила выбора элементарной ячейки Бравэ. Кристаллические системы (сингонии) кристаллов. Индексы узлов, направлений и плоскостей. Кристаллографическая зона. Ось зоны. Условие зональности.

3. Основные формулы структурной кристаллографии. Определение межплоскостных расстояний в кристаллографических системах. Объём элементарной ячейки. Угол между двумя плоскостями, двумя направлениями, между осями координат и прямой в прямоугольной системе координат.

4. Атомные и ионные радиусы. Плотнейшие упаковки частиц в структурах. Пустоты плотнейших упаковок. Координационное число, число атомов в ячейке и плотность упаковки структур. Стехиометрическая формула вещества.

5. Типы связи в структурах. Изоморфизм. Полиморфизм. Политипия. Фазовые переходы.

II. Физическое материаловедение.

1. Кристаллизация. Гомогенная и гетерогенная кристаллизация. Кристаллизация при быстром охлаждении. Влияние растворимых и нерастворимых примесей на процессы кристаллизации. Дефекты роста при кристаллизации. Блоки мозаичной структуры, фрагменты.

2. Фазовые превращения при затвердевании. Физическая природа фаз, твердые растворы, химические соединения и промежуточные фазы. Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Термодинамика процесса упорядочения. Упорядоченные твердые растворы (сверхструктуры), промежуточные фазы. Основные типы твердых растворов. Фазы с ионным, ковалентным и металлическим типами связи.

3. Диаграммы состояния. Равновесие в многокомпонентных системах. Фаза, система, компонент. Построение диаграмм состояния, каноды, фигуративные точки. Диаграмма состояния с неограниченной растворимостью компонентов, кривые охлаждения. Эвтектические, перитектические и эвтектоидные диаграммы состояния. Диаграммы состояния с промежуточной фазой. Правило фаз Гиббса. Диаграмма состояний железо-углерод. Тройные диаграммы состояния.

4. Термическая обработка и классификация ее видов. Закалка сплавов, старение, отпуск. Химико-термическая и термо-механическая обработки. Рекристаллизация, температурный порог рекристаллизации. Мартенситные превращения. Термические обработки материалов с различной растворимостью при низких и высоких температурах. Зависимость скорости зарождения центров кристаллизации и роста кристаллов от температуры.

5. Композиционные материалы. Классификация композиционных материалов. Технологии изготовления композиционных материалов.

6. Аморфные твердые тела и покрытия. Кинетика аморфизации. Механические, коррозионные, электрические и магнитные свойства аморфных материалов. Способы получения аморфных материалов и покрытий. Способы обработки металлических поверхностей.

7. Наноматериалы. Особенности физических взаимодействий на наномасштабах. Роль объема и поверхности в формировании физических свойств наноразмерных объектов. Структура и свойства наноматериалов. Строения фуллеренов, графенов и нанотрубок. Многослойные наноструктуры из сверхтонких слоев. Нанотехнологии. Применение наноматериалов.

III. Электронные свойства твердых тел.

1. Типичные физические свойства металлов: закон Ома, электропроводность, теплопроводность, закон Франца-Видемана, температурная зависимость электропроводности, магнитная восприимчивость, эффект Холла, термогальваномагнитные свойства, осцилляционные эффекты, магнитосопротивление.

2. Классическая модель металла. Основные положения теории Друде. Температурная зависимость электропроводности, теплоёмкость классического электронного газа, закон Франца-Видемана и парамагнитная восприимчивость электронного газа по классической теории.

3. Квантомеханическая модель металла в приближении идеального Ферми-газа. Вырождение электронного газа и его физический смысл. Идеальный Ферми-газ в трехмерном потенциальном ящике. Циклические условия Борна-Кармана. Волновые функции, энергия и импульс электронов идеального Ферми-газа в трехмерном потенциальном ящике. Вычисление энергии Ферми. Поверхность Ферми. Импульс Ферми. Плотность состояний. Температурная зависимость энергии Ферми. Теплоёмкость идеального Ферми-газа. Квантомеханический анализ спиновой парамагнитной восприимчивости электронного газа в металлах. Электропроводность металлов в модели идеального Ферми-газа. Уравнение состояния идеального Ферми-газа. Сжимаемость идеального Ферми-газа. Критерий идеальности электронного газа. Понятие о Ферми-жидкости. Плазменные колебания.

4. Общие приближёные методы электронной теории твердого тела. Квантово-механическая формулировка задачи. Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение. Метод Хартри - Фока. Вычисление самосогласованного поля. Определитель Слеттера. Уравнение Хартри - Фока. Обменное взаимодействие.

5. Электрон в периодической решетке кристалла. Периодическое поле решетки кристалла. Теорема Блоха. Квазиимпульс электрона. Связь квазиимпульса с импульсом. Оператор ускорения и его свойства. Нормировка волновой функции электрона в кристалле. Зоны Бриллюжа. Ячейка Вигнера - Зейтца. Циклические условия Борна - Кармана. Эффективная масса электрона. Физический смысл и измерение эффективной массы. Понятие дырки.

6. Приближение слабосвязанных электронов. Зонная структура энергетического спектра электронов. Построение зон Бриллюэна. Приближение сильносвязанных электронов. Зонная структура энергетического спектра электронов.

8. Электронные свойства металлов в концепции квазичастиц. Электронная Ферми-жидкость. Концепция квазичастиц Ландау. Квазичастицы в изотропной Ферми-жидкости. Затухание квазичастиц. Анизотропная Ферми-жидкость. Топология поверхностей Ферми. Электронная теплоёмкость в концепции квазичастиц.

9. Процессы рассеяния и электропроводность металлов. Рассеяние электронов на примесях. Экранирование примесей. Параметры экранирования Электрон-электронное расеяние. Электрон-фононное рассеяние. Правило Матиссена.

IV. Фазовые превращения в конденсированных системах.

1. Термодинамика фазовых превращений. Термодинамические потенциалы и условия равновесия. Механическое, тепловое и материальное взаимодействие фаз. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы 1 и 2 рода. Феноменологическая теория фазовых переходов 2-го рода Ландау. Уравнение Клапейрона-Клаузиса. Изменение симметрии при фазовых переходах.

2. Статистическая теория фазовых превращений в бинарных твердых растворах. Энергия связи твердого тела в приближении парного взаимодействия в приближении Гейзенберга. Энтропия смешения. Концентрационная зависимость термодинамического потенциала твердого раствора. Основные диаграммы фазовых состояний бинарных систем.

3. Модель фазовых переходов типа атомных смещений. Связанные колебания трехмерных атомных решеток. Теория теплоемкости твердых тел. Фазовые переходы типа порядок-беспорядок. Статистическая теория ближнего порядка. Модель Изинга.

3. Фазовые превращения в твердом состоянии. Стабильность фаз и механизмы фазовых превращений в твердом состоянии. Роль межфазной границы при фазовых превращениях.

Бездиффузионные и диффузионные фазовые превращения. Распад твердого раствора. Спинодальный распад. Концентрационные напряжения.

4. Твердофазные реакции. Массоперенос и фазовые превращения в сложных системах, инициируемые деформацией. Механическое сплавление (механоактивация). Ионная имплантация. Твердофазные реакции аморфизации.

5. Мартенситные превращения. Роль энергии упругой деформации и межфазовой поверхностной энергии в формировании микроструктуры. Кристаллогеометрия превращений в сплавах железа. Морфологические типы мартенсита. Кристаллографические (феноменологические) теории мартенситного превращения. Обратимое мартенситное превращение, мартенситные реакции и особые свойства материалов. Эффект памяти формы (ЭФП). Материалы с ЭФП. Сверхупругость. Полиморфные превращения в металлах и сплавах. Изменение свойств материалов при превращениях.

6. Сверхпроводящие свойства металлов. Термодинамика сверхпроводников. Теория Лондонов. Основные идеи микроскопической теории сверхпроводимости. Критерий сверхтекучести. Фононное притяжение. Куперовское спаривание. БКШ-теория.

7. Экспериментальные методы исследования фазовых переходов в конденсированных средах. Металлография. Фрактография. Микро- и наноиндентирование. Термографический анализ. Дилатометрия. Рентгенофазовый анализ и рентгеновская дифрактометрия. Высокотемпературная рентгенография. Нейтронография. Малоугловое рентгеновское и нейтронное рассеяние. Диффузное рентгеновское рассеяние. Электронная микроскопия и ее разновидности. Электронная дифракция. Магнитометрия. Компьютерное моделирование.

V. Дифракционные методы структурного анализа конденсированных сред.

1. Физические свойства рентгеновских лучей. Сплошной и характеристический спектры рентгеновских лучей и их закономерности.

2. Поглощение и рассеяние рентгеновских лучей электроном, атомом, молекулой и средой. Классическое и квантовое рассеяние. Фотоэлектронное поглощение. Ионизация конденсированной среды под действием рентгеновских лучей. Основной закон ослабления интенсивности рентгеновских лучей. Массовые коэффициенты ослабления, поглощения и рассеяния. Зависимость коэффициентов ослабления от длины волны излучения и от атомного номера облучаемого материала. Скачок в изменении коэффициента поглощения.

3. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллической структуре. Кинематическое и динамическое приближение в теорий дифракции рентгеновских лучей. Уравнение Лауэ. Уравнение Вульфа-Бреггов и его интерпретация. Связь уравнений Лауэ и Вульфа-Бреггов. Прямая и обратная решётки кристалла. Вектор обратной решетки и его свойства. Интерпретация дифракционной картины с помощью сферы Эвальда.

4. Интенсивность интерференционных максимумов и факторы её определяющие. Рассеяние рентгеновских лучей атомом и кристаллом. Структурная амплитуда. Структурный фактор. Формулы интенсивности для типичных случаев. Интенсивность отражения для идеального кристалла. Законы погасаний.

5. Интенсивность рассеяния рентгеновского излучения искаженными кристаллами. Интенсивность рассеяния искаженными кристаллами. Статистические и динамические искажения решетки и их влияние на рассеяние рентгеновских лучей. Тепловой множитель. Фактор повторяемости. Угловой множитель интенсивности (фактор Лоренца). Абсорбционный фактор.

6. Методы дифракционных структурных исследований. Метод Дебая – Шеррера (метод порошков). Интерпретация дифракционной картины в терминах обратной решётки. Форма и ширина рентгеновской дифракционной линии. Расшифровка дебаеграмм. Метод Лауэ. Интерпретация метода Лауэ в терминах обратной решётки. Индицирование пятен лаузграммы. Задачи, решаемые методом Лауэ. Ориентация монокристаллов. Метод вращения кристаллов. Аппаратура и геометрия съёмки. Представление метода в терминах обратной решётки. Индицирование рентгенограмм вращения. Дифрактометрия поли- и монокристаллов. Расшифровка дифрактограмм. Метод диффузного фона. Рентгеновская спектрометрия.

Рентгеновские спектрометры с двойным и тройным кристаллами. Синхротронное излучение и его применение.

VI. Рентгенография конденсированных сред.

1. Классификация текстур. Полюсные фигуры. Рентгенография текстур. Связь между рентгенограммой и полюсной фигурой.

2. Рентгеновский анализ деформированных твердых тел.

3. Рентгеноструктурные методы определения остаточных напряжений. Напряжения 1, 2, 3 рода. Методы определения остаточных напряжений.

VII. Диффузия в твердых телах.

1. Уравнения диффузии. Коэффициенты диффузии. Основные решения уравнения диффузии. Температурная зависимость коэффициентов диффузии. Феноменологическая теория диффузии. Концентрационная зависимость коэффициента диффузии. Эффект Киркендалла.

2. Механизмы диффузии. Диффузия и случайные блуждания. Эффекты корреляции. Изотопный эффект. Связь параметров диффузии с характеристиками вакансий.

4. Особенности диффузии в моно- и поликристаллах. Диффузия по границам зерен. Диффузия по дислокациям. Диффузия в наноматериалах. Экспериментальные методы исследования диффузии по дефектам. Поверхностная диффузия.

5. Экспериментальные методы исследования диффузии. Методы снятия слоев и радиометрический анализ. Рентгенографические методы. Резонансные методы.

6. Диффузия в поле внешних сил. Радиационно-стимулированная диффузия. Электроперенос. Диффузия в магнитных полях.

VIII. Электродинамика магнетиков.

1. Классификация магнетиков. Диамагнетики. Природа диамагнетизма. Теорема Лармора. Независимость диамагнитной восприимчивость от температуры. Парамагнетики. Природа намагничивания. Зависимость парамагнитной восприимчивости от температуры. Диамагнетизм и парамагнетизм твердых тел. Магнитные моменты свободных атомов. Магнитные моменты молекул. Магнетизм, обусловленный свободными электронами. Парамагнитный резонанс. Ферромагнетики. Кривая намагничивания и петля гистерезиса. Кривая магнитной проницаемости.

2. Ферромагнитных материалы. Основные подходы теории ферромагнетизма. Магнитострикция ферромагнетиков. Температурная зависимость магнитострикции. Молекулярное поле Вейсса. Антиферромагнетизм. Температурная зависимость восприимчивости антиферромагнетиков от температуры. Ферримагнетизм. Температурная зависимость восприимчивости ферримагнетиков от температуры. Ферромагнитные домены. Магнитный резонанс.

3. Обменное взаимодействие в ферромагнетиках. Энергия обменного взаимодействия. Закон Кюри-Вейсса. Спиновые волны. Магнитная кристаллографическая анизотропия.

4. Поведение магнетиков в стационарных магнитных полях. Намагничивание магнетиков. Молекулярные токи и токи проводимости. Дифференциальные уравнения макроскопического магнитного поля в магнетиках. Напряженность магнитного поля в магнетиках и вектор магнитной индукции. Зависимость намагничения от напряженности магнитного поля.

Пондемоторные силы, испытываемые постоянными магнитами во внешнем магнитном поле. Неоднородный (диффузионный) магнитный контакт в постоянном магнитном поле. Поведение нормальной и тангенциальных составляющих напряженности и индукции магнитного поля в контакте ферро-парамагнетик.

5. Поведение магнетиков в переменных магнитных полях. Доменная структура ферромагнетика. Температурная зависимость размеров доменов и доменных стенок. Перемагничивание. Движение доменных стенок. Магнитный гистерезис и магнитное последействие. Ферромагнитный резонанс. Ферримагнитный резонанс. Резонанс и релаксация доменных границ.

6. Спиновые волны. Электродинамика плоских волн. Магнитостатические волны. Обменные спиновые волны. Стоячие спиновые волны. Спиновые волны в антиферромагнетиках.

IX. Основы метода электронной микроскопии.

1. Основные типы электронных микроскопов: просвечивающий, сканирующий, эмиссионный, электронный и ионный проекторы, просвечивающий растровый электронный микроскоп. Зондовая микроскопия. Рамановская микроскопия. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) и его применение в материаловедении. Сканирующие акустические микроскопы. Оптическая микроскопия ближнего поля. Амплитудный и фазовый контраст. Электронная микроскопия высокого разрешения.

2. Дифракция электронов. Атомная амплитуда рассеяния электронов. Сравнение с дифракцией рентгеновских лучей. Построение электронограмм заданной ориентировки для простых решеток. Особенности дифракции электронов, отличия от рентгеновской дифракции.

3. Кинематическая и динамическая теория контраста. Ограничения кинематической теории электронного контраста. Две возможные формулировки теории. Основные уравнения динамической теории. Методы расчета контраста от структурных несовершенств.

4. Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Устройство РЭМ. Преимущества и недостатки по сравнению с просвечивающими ЭМ. Анализ энергетических потерь электронов. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Оже - спектроскопия.

5. Конфокальная лазерная сканирующая микроскопия. Принципы лазерной конфокальной сканирующей микроскопии. Оптика конфокального микроскопа. Анализ тонких пленок и волокнистых материалов.

6. Сканирующая зондовая микроскопия. Устройство туннельного микроскопа. Атомно-силовая микроскопия. Режимы работы туннельных и атомно-силовых микроскопов. Обзор типов зондовых микроскопов.

Основная литература

1. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие для вузов /3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2008. – 618 с.
2. Боков В.А. Физика магнетиков: Учеб. Пособие для вузов / ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН. – СПб.: Невский Диалект; БХВ-Петербург, 2002.
3. Бокштейн Б.С., Ярославцев А.Б. Диффузия атомов и ионов в твердых телах. – М.: МИСИС, 2005.
4. Боровик Е.С., Еременко В.В., Мильнер А.С. Лекции по магнетизму. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 512 с.
5. Василевский А.С. Физика твердого тела: учеб. Пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2010.
6. Гантмахер В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах. – М.: Физматлит, 2005. - 232 с.
7. Гинзбург. И.Ф. Введение в физику твердого тела. Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2007. – 544 с.
8. Горелик С.С. и др. Рентгенографический и электронооптический анализ: учебное пособие для вузов. – М., 2002.
9. Диффузионные процессы в твердых телах: учеб. пособие /А.В. Покоев, Ю.В. Осинская. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2012. – 160 с.
10. Киттель Ч.. Элементарная физика твердого тела. М.: Наука, 2005.
11. Кристаллография : лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / Под ред. Е.В. Чупрунова. – М. : Физико-математическая литература, 2005. – 412 с.
12. Кристаллография и кристаллохимия : учебник для вузов / Ю.К. Егоров-Тисменко. – М.: КДУ, 2005. – 592 с.
13. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Учебник для вузов / С.С. Горелик, М.Я. Дашевский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МИСИС, 2003. – 480 с.

14. Матухин В.Л., Ермаков В.Л. Физика твердого тела: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2010. – 218 с.
15. Мерер Х. Диффузия в твердых телах: монография, пер. с англ. – М.: Издательство Интеллект, 2011, 536 с.
16. Методы исследований в экспериментальной физике: [учеб. пособие для вузов] / М.И. Пергамент. – Долгопрудный [М.]: Интеллект, 2010. – 304 с.
17. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: Учебное пособие для вузов: Пер. с англ. / Д. Брандон, У. Каплан. – М.: Техносфера, 2006. – 384 с.
18. Миронов В.Л.. Основы сканирующей зондовой микроскопии: Учебное пособие для вузов. – М. : Техносфера, 2004. – 144 с.
19. Нестехиометрия, беспорядок, ближний и дальний порядок в твердом теле / А.И. Гусев. - М.: Физматлит, 2007. – 856 с.
20. Осинцев О. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. Фазовые равновесия в сплавах. – М.: Машиностроение, 2009. – 352 с.
21. Основы кристаллографии: Учебник для вузов / Е.В. Чупрунов, А.Ф. Хохлов, М.А. Фадеев. – М.: Физматлит, 2004. – 500с.
22. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела: Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2000.
23. Петров В.И., Лукьянов А.Е. Сканирующая микроскопия Ч. 1. – М. – Физич. фак-т МГУ, 2001, 108 с.
24. Прудников В.В., Вакилов А.Н., Прудников П.В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 224 с.
25. Тамм Е.И. Основы теории электричества: Учебное пособие для вузов. – М.: Физматлит, 2003.
26. Углеродные нанотрубы и родственные структуры: Новые материалы XXI века / П. Харрис; Пер. с англ. под ред. и с доп. Л.А. Чернозатонского. – М.: Техносфера, 2003. – 336 с.
27. Уманский Я.С. и др. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. – М.: МИСИС, 2002.
28. Физика твердого тела: учеб. пособие для вузов / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. – СПб.: Лань, 2010. – 218 с.
29. Ципенюк Ю.М. Физические основы сверхпроводимости. М.: Изд-во МФТИ, 2002. – 160 с.
30. Э.Р. Кларк, К.Н. Эберхардт. Микроскопические методы исследования материалов. М.: Техносфера, 2007. – 376 с.
31. Электронные свойства дислокаций в полупроводниках. Под ред. академика Ю.А. Осипьяна. – Москва: Эдиториал УРСС, 2000. – 320 с.

Дополнительная литература

1. Александров К.С. Модельные теории фазовых превращений. Красноярск: Изд-е КрасГУ, 1979. - Ч. 1 и ч. 2. 113 с.
2. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Котенок В.В. Статистическая теория полиморфных превращений. М.: Изд-во МГУ, 1978. – 118 с.
3. Баррет Ч.С., Моссальский Т.Б. Структура металлов. Ч. I, II: учебник для вузов. - М., 1984.
4. Бокий Г.Б. Кристаллохимия: учебник для вузов. – М., Наука, 1971.
5. Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах. – М.: Металлургия, 1978.
6. Верещагин И.К., Кикоин С.М., Никитенко В,А. Физика твердого тела: Учебное пособие для вузов / Под ред. И.К. Верещагина. - М.: МФО, 1998.
7. Гуров К.П., Карташкин Б.А., Угастэ Ю.Э. Взаимная диффузия в многофазных металлических системах. – М.: Наука, 1981.

8. Жданов Г.С. Хунджуа А.Г. Лекции по физике твердого тела: Принципы строения, реальная структура, фазовые превращения. М.: Изд-во МГУ, 1988. – 231 с.

9. Займан Дж. Модели беспорядка. Теоретическая физика однородно неупорядоченных систем. – М.: Мир, 1982. – 592 с.

10. Кацнельсон А.А. Введение в физику твердого тела. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 293 с.

11. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: учебное пособие для вузов / под ред. Уманского Я.С. и др. – М., Металлургия, 1982.

12. Кристиан Дж. Теория превращений в металлах и сплавах. Ч. 1. Термодинамика и общая кинетическая теория. Пер. с англ. А.Я. Беленького, Д.Е. Темкина. - Под ред. А.Л. Ройтбурда. – Москва: Мир. 1978. – 806 с.

13. Кубо Р. Статистическая механика. - М.: Мир, 1967. – 452 с.

14. Шаскольская М.П. Кристаллография: учебник для вузов.- М., Высшая школа. 1982.

Вопросы к вступительному испытанию по специальной дисциплине
«Физика конденсированного состояния»
(технические науки)

1. Силы связи в твердых телах.

1.1. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.

1.2. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO3.

1.3. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

2. Симметрия твердых тел

2.1. Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера - Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.

2.2. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.

2.3. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

3. Дефекты в твердых телах

3.1. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.

3.2. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации

Раздел 4. Дифракция в кристаллах

4.1. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.

4.2. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.

4.3. Методы рентгеноструктурного анализа

Раздел 5. Колебания решетки

5.1. Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов.

5.2. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. 5.3. Квантование колебаний. Фононы.

5.4. Электрон-фононное взаимодействие.

6. Механические свойства твердых тел

6.1. Характеристики упругости. Закон Гука. Энергия деформированного кристалла. Механизмы релаксационных явлений. Внутреннее трение.

6.2. Пластичность. Дислокационные механизмы твердости и пластической деформации твердых тел.

6.3. Ползучесть и релаксация напряжений.

7. Диффузия

7.1. Диффузия в твердых телах и жидкостях. Коэффициент диффузии, температурная зависимость. Энергия активации диффузии. Само- и гетеродиффузия.

7.2. Теория скоростей химических реакций. Уравнение Аррениуса. Механизмы диффузии в твердых телах.

7.3. Эффект Киркендалла, обратный эффект Киркендалла.

8. Тепловые свойства твердых тел

8.1. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость.

8.2. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.

8.3. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.

8.4. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.

8.5. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.

8.6. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана - Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

9. Электронные свойства твердых тел

9.1. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.

9.2. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна - Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.

9.3. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.

9.4. Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.

9.5. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.

9.6. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний.

9.7. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

10. Магнитные свойства твердых тел

10.1. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри - Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.

10.2. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.

10.3. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).

10.4. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.

10.5. Спиновые волны, магноны.

10.6. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

11. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел

11.1. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига.

11.2. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.

11.3. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).

11.4. Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин- эффекты. Толщина скин-слоя.

12. Сверхпроводимость

12.1. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.

12.2. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.

12.3. Эффект Джозефсона.

12.4. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

Основная литература

1. Физическое материаловедение. Т. I. Под ред. Калина Б.А. М. НИЯУ МИФИ. 2007.

2. Гуртов В.А. Физика твердого тела для инженеров: Учебное пособие. М.: Техносфера, 2007.

3. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М.: Мир.1969.

5. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000.

6. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. Москва, Высшая школа, 1983.

7. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2000.

Дополнительная литература

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Физматгиз, 1962.

2. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. I, II. М.: Мир, 1979.

3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука, 1964.

4. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1966.

5. Физика твердого тела: Учебное пособие для ВТУЗов / Верещагин И.К., Кокин С.М., Никитенко В.А. и др. – М.: Высш. шк., 2001.

6. П.Де Жен. Сверхпроводимость металлов и сплавов. М.: Мир, 1968.

7. Вонсовский С.В. Магнетизм. Магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро- и ферримагнетиков. М.: Наука, 1971.

8. Булер П. Физико-химическая термодинамика вещества. СПб.: «Янус», 2004.

9. Шафрановский И.И., Алявдин В.Ф. Краткий курс кристаллографии учеб. для негеол. спец. вузов / М.: Высшая школа, 1984.

Вопросы к вступительному испытанию по специальной дисциплине
«Физика полупроводников»

I. Основы зонной теории полупроводников.

1.Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое приближение, одноэлектронное приближение, приближение сильно связанных электронов. Приближение Хартри-Фока.

2 Энергетический спектр носителей заряда в периодическом потенциале. Теорема Блоха. Зоны Бриллюэна.

3. Эффективная масса носителей заряда. Метод эффективной массы.

4. Структура энергетических зон некоторых полупроводников (Ge, Si, InSb).

II. Статистика носителей заряда в полупроводниках.

1. Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака. Расчет равновесной концентрации электронов и дырок.

2. Невырожденные примесные полупроводники. Вырожденные примесные полупроводники. Уровень Ферми. Определение положения уровня Ферми в зависимости от концентрации примеси и температуры для невырожденного полупроводника.

3. Компенсированные полупроводники. Определение энергетических уровней примесных атомов.

III. Явления в контактах

1. Потенциальные барьеры. Условия равновесия контактирующих тел. Термоэлектронная работа выхода. Контактная разность потенциалов.

2. Распределение концентрации электронов и потенциала в слое объемного заряда. Длина экранирования. Обогащенный и обедненный контактный слой.

3. Контакт металл полупроводник. Барьер Шоттки. Контактная разность потенциалов. Выпрямление на контакте металл — полупроводник. Диодная и диффузная теории выпрямления.

4. Контакт электронного и дырочного полупроводника. Теория тонкого p-n–перехода.

5. Гетеропереходы. Типы гетеропереходов.

IV. Поверхностные электронные состояния

1. Происхождение поверхностных состояний. Влияние поверхностного потенциала на электропроводность.

2. Эффект поля. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник.

V. Кинетические явления в полупроводниках

1. Неравновесная функция распределения носителей заряда. Кинетическое уравнение Больцмана. Время релаксации. Электропроводность полупроводников.

2. Гальваномагнитные явления в полупроводниках. Эффект Холла. Эффект Гаусса.

3. Термоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона.

4. Явления переноса в сильных электрических полях. Эффект Ганна. Эффект Зинера. Ударная ионизация.

VI. Оптические свойства полупроводников

1.Поглощение света полупроводниками. Механизмы поглощения (собственное поглощение, экситонное поглощение, поглощение свободными носителями заряда, примесное поглощение, решеточное поглощение). Прямые и непрямые переходы. Зависимость края собственного поглощения от температуры и давления.

2. Люминесценция полупроводников. Типы люминесценции. Рекомбинационное излучение. Релаксация люминесценции полупроводников.

3. Фотоэлектрические явления. Внутренний фотоэффект. Фотопроводимость. Релаксация фотопроводимости. Примесная фотопроводимость. Фотомагнитоэлектрический эффект. Эффект Дембера.

VII. Физика полупроводниковых приборов

1. Полупроводниковые термосопротивления, их параметры и характеристики.

2. Фотосопротивление. Принцип действия, конструкция, параметры и характеристики фотосопротивлений.

3. Полупроводниковые диоды. Виды, принцип действия, параметры, характеристики.

4. Биполярные транзисторы. Структура и принцип действия. Расчет токов в биполярном транзисторе.

5. Полевые транзисторы с управляющим p-nпереходом. Структура и принцип действия, основные параметры и характеристики.

6. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Структура и принцип действия, основные параметры и характеристики.

7. Фотоэлектрические приборы с p-n–переходом. Фотодиоды, Фототранзисторы.

VIII. Основы физики диэлектриков

1. Электропроводность диэлектриков. Общие закономерности. Электропроводность газов. Теория Таунсенда. Электропроводность жидких диэлектриков. Ионная проводимость неорганических диэлектриков. Носители заряда в ионных кристаллах. Энергия образования дефектов по Френкелю и по Шоттки. Модель периодических потенциальных барьеров.

2. Пробой твердых диэлектриков. Основные виды пробоя. Тепловой пробой. Теория Вагнера. Теория теплового пробоя Фока. Электрический пробой. Гипотезы Роговского и Иоффе. Механизм ударной ионизации. Теория Фрелиха и Хиппеля-Коллена. Термофлуктуационная модель пробоя. Стадии развития пробоя. Электрохимический пробой (старение).

IX. Системы пониженной размерности

1. Энергетический спектр частиц в системах пониженной размерности. Рассеяние частиц на потенциальной ступеньке. Потенциальный барьер конечной ширины. Интерференционные эффекты при надбарьерном пролете частиц. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Особенности движения частиц над потенциальной ямой. Прохождение частиц через многобарьерные квантовые структуры. Сверхрешетки. Энергетический спектр сверхрешеток. Классификация полупроводниковых сверхрешеток.

2. Электрическое и магнитное поле в системах пониженной размерности. Влияние однородного электрического поля на энергетический спектр бесконечной прямоугольной потенциальной ямы. Оценка смещения энергетических уровней под действием электрического поля в прямоугольной КЯ конечной глубины.

3. Приповерхностная область пространственного заряда. Поверхностное квантование. Экранирование электрического поля в 2D-системах. Особенности экранирования электрического поля в квантовых проволоках. Двумерный электронный газ.

4. Энергетический спектр электронов в постоянном однородном магнитном поле. Проводимость двумерного электронного газа. Дробный квантовый эффект Холла.

5. Транспортные явления. Стационарная дрейфовая скорость. Всплеск во времени дрейфовой скорости при воздействии электрического поля. Баллистический транспорт в полупроводниках и субмикронных приборах. Подвижность электронов в системах с селективным легированием. Особенности электрон-фононного взаимодействия в системах пониженной размерности. Асимметричные наноструктуры в магнитном поле. Эффект Ааронова-Бома. Туннелирование через двухбарьерную структуру с квантовой ямой.

6. Теоретические основы одноэлектроники. Реализация одноэлектронных приборов. Перспективы применения одноэлектронных приборов.

Основная литература

1. Бонч-Бруевич, В.Л. Физика полупроводников: Учеб. пособие для вузов /В. Л. Бонч-Бруевич, С. Г. Калашников .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Наука, 1990 .– 685 с.

2. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие для вузов /3-е изд., стер.– СПб.: Лань, 2008. – 618 с.

2. Мейлихов, Е.З.. Общая физика полупроводников : учеб. пособие для вузов/ Е.З. Мейлихов .— М. : МФТИ, 2006 . – 79 с.

3. Старосельский, В.И. Физика полупроводниковых приборовмикроэлектроники: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшее образование Юрайт, 2009. – 463 с.

4. Гусев А.Н. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2007. – 416 с.

5. Шик А. Я., Бакуева Л. Г., Мусихин С. Ф., Рыков С. А. Физика низкоразмерных систем. – СПб.: Наука, 2001. – 160 с.

6. Драгунов В.П., Неизвестный В.Г., В.А. Гридчин Основы наноэлектроники. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2004. -494с.

7. Щука А.А. Наноэлектроника. М.: Физматкнига, 2007. – 464 с.

Дополнительная литература

1. Киттель У. Введение в физику твердого тела. – Физматгиз – 1983.

2. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х книгах. Кн. 1 – М:, Мир, 1984. – 456 с.

3. Ржанов А.В. Электронные процессы на поверхности полупроводников. – М: Наука, 1971. – 480 с.

4. Лозовский В.Н., Константинова Г.С., Лозовский С.В. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. СПб. – М. – Краснодар: Лань, 2008. – 328с

5. Суздалев И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур инаноматериалов. / М.: КлмКнига, 2006. – 592с.

Вопросы к вступительному испытанию по специальной дисциплине «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества»

1. Внутренняя энергия системы. Теплота и работа. Первое начало термодинамики. Закон Гесса. Тепловой эффект реакции.
2. Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия. Связь энтропии со статическим весом.
3. Волновая функция частицы. Уравнение Шредингера. Квантовое состояние и энергетические уровни частицы.
4. Квантовые состояния электрона в атоме. Главное, азимутальное и магнитные квантовые числа. Спин электрона. Принцип Паули.
5. Структура атомов и их спектры. Электронные переходы. Правила отбора. Атом водорода. Многоэлектронные атомы. Синглетные и триплетные состояния. Спин-орбитальное взаимодействие.
6. Структура молекул. Приближение Борна-Оппенгеймера. Теория молекулярных орбиталей. Гомоядерные двухатомные молекулы. Гетероядерные двухатомные молекулы.
7. Молекулярные спектры. Вращательные и колебательные спектры молекул. Ангармонизм. Спектры двухатомных молекул. Рамановский спектр.
8. Спектры поглощения и люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция. Спектры комбинационного рассеяния.
9. Метод ЭПР и ЯМР.
10. Константа скорости реакции. Закон Аррениуса.
11. Теория переходного состояния (метод активированного комплекса). Мономолекулярные реакции. Предел высокого давления. Теория RRKM (Райс- Рамспергер-Кассель-Маркус). Зависимость константы скорости от давления и температуры. Термическая диссоциация.
12. Механизм и скорость химической реакции. Закон действующих масс. Порядок реакции.
13. Последовательные и параллельные реакции. Цепные реакции.
14. Приближения Франка-Кондона и Герцберга-Теллера.
15. Уровни энергии и колебательный спектр двухатомной молекулы. Потенциал Морзе. Ангармоничность колебаний.
16. Атомно-молекулярные столкновения. Типы столкновений. Сечение столкновений. Распределение по скоростям и энергиям. Распределение Максвелла и распределение Больцмана.
17. Метод молекулярных орбиталей и его применение к двухатомным молекулам.
18. Потенциальные поверхности электронно-возбужденных состояний. Переходы между состояниями.
19. Переходные состояния ППЭ. Путь химической реакции.
20. Потенциал ионизации и сродство к электрону.
21. Экспериментальные методы в физике столкновений. Источники атомных и молекулярных пучков. Источники электронов и ионов. Скрещенные пучки. Детектирование атомов, молекул и ионов. Масспектрометрия.
22. Возбуждение атомов и молекул. Химическое возбуждение. Возбуждение электронным ударом. Фотовозбуждение. Источники света.
23. Энергообменные столкновительные процессы. Поступательно-поступательный энергообмен. Вращательно-поступательный энергообмен. Колебательно-колебательный энергообмен. Обмен электронной энергией.
24. Химические реакции в электрическом разряде. Возбуждение атомов и молекул электронным ударом. Низкотемпературная плазма.

Основная литература

1. Загидуллин, М. В. Кинетика элементарных процессов в газах [Электронный ресурс] : [учеб. пособие]. - Самара.: Изд-во Самар. ун-та, 2017. - on-line
2. Байрамов, В.М. Основы химической кинетики и катализа : Учеб. пособие для вузов. - М..: Академия, 2003. - 256с
3. Эмануэль, Н. М. Курс химической кинетики : Учебн. пособ. для вузов. - М..: Высшая школа, 1974. - 400с.
4. Применение лазеров в спектроскопии и фотохимии [Текст] : пер. с англ.. - М..: Мир, 1983. – 272.
5. Степанов, Н. Ф. Квантовая механика и квантовая химия: Учебник для вузов. - М..: Мир, 2001. - 519с.

Вопросы к вступительному испытанию по специальной дисциплине
«Лазерная физика»

1. Основные понятия квантовой механики
1.1. Уравнение Шредингера и интерпретация волновой функции.
1.2. Потенциальный барьер и туннельный эффект.
1.3. Квантовая теория гармонического осциллятора.
1.4. Фотоэффект. Многофотонное возбуждение и ионизация атомов.
1.5. Матричные элементы, динамический эффект Штарка, динамическая поляризуемость атома.
1.6. Двухуровневая система в резонансном поле. Частота и осцилляции Раби.
2. Основы квантовой электроники
2.1. Принципы работы лазера. Основные свойства лазерного излучения.
2.2. Энергетические уровни атомов, молекул, кристаллов.
2.3. Формула Планка
2.4. Вынужденные и спонтанные переходы, коэффициенты Эйнштейна. Вероятности переходов.
2.5. Однородное и неоднородное уширения линии излучения.
2.6. Пространственная и временная когерентность лазерного излучения.
2.7. Поглощение и усиление лазерного усиления. Нелинейное просветление среды.
2.8. Инверсия населенностей в лазере. Методы создания и назначение.
2.9. Усиление слабого сигнала.
2.10. Эффект насыщения.
2.11. Условия генерации.
3. Взаимодействие излучения с веществом
3.1. Поглощение и рассеяние лазерного излучения.
3.2. Нелинейное взаимодействие интенсивного излучения с веществом. Нелинейная зависимость поляризации от напряженности поля световой волны.
3.3. Нелинейная восприимчивость. Электронная нелинейная восприимчивость, эффект Керра.
3.4. Вынужденное комбинационное рассеяние.
3.5. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
3.6. Нелинейная рефракция. Самофокусировка лазерного излучения.
3.7. Самомодуляция лазерного излучения в нелинейных средах.
3.8. Генерация гармоник лазерного излучения.
3.9. Параметрические генераторы света.
4. Оптические резонаторы
4.1. Соды свободного пространства.
4.2. Пассивные и активные резонаторы.
4.3. Диаграмма устойчивости резонатора.
4.4. Устойчивые и неустойчивые резонаторы.
4.5. Поляризация света. Матрицы Джонса. Вектора поляризации мод резонатора.
4.6. Продольные моды резонатора.
4.7. Поперечные моды резонатора.
4.8. Принципы частотной селекции.
4.9. Методы селекции продольных мод резонаторов.
4.10. Плоскопараллельный резонатор.
4.11. Конфокальный и полуконфокальный резонатор.
5. Режимы работы лазеров.
5.1. Режим свободной генерации.
5.2. Режим модуляции добротности.
5.3. Оптико-механическая модуляция добротности.

5.4. Акустооптическая модуляция добротности

5.5. Электрооптическая модуляция добротности.

5.6. Модуляция добротности с нелинейными элементами: насыщающийся поглотитель, ОВФ-зеркало.

5.7. Синхронизация продольных мод, модель Хауса.

5.8. Генерация и диагностика ультракоротких лазерных импульсов.

5.9. Динамика генерации лазеров. Линейный и нелинейный этапы генерации.

5.10. Фазовый портрет лазера. Полуклассическая модель взаимодействия излучения с веществом.

5.11. Уравнения Максвелла-Блоха и модель Лоренца-Хакена. Динамические классы лазеров.

6. Лазеры

6.1. Трехуровневая и четырехуровневая схемы лазерной генерации.

6.2. Самоограниченные переходы.

6.3. Типы процессов накачки: электронный удар, химическая, газодинамическая, оптическая.

6.4. Атомарные лазеры, He-Ne лазер

6.5. Ионные лазеры, аргоновый лазер

6.6. Лазеры на парах металлов

6.7. Молекулярные лазеры: CO_2-лазер, CO-лазер, N_2-лазер.

6.8. Эксимерные лазеры

6.9. Химические лазеры. Экзотермические реакции и частичная инверсия, химических КПД.

6.10. HF/DF лазер на цепной и нецепной реакции. Спектральные зхарактистики.

6.11. Химический кислород-йодный лазер.

6.12. Твердотельные лазеры. Неодимовые лазеры с ламповой накачкой и накачкой инжекционными лазерами.

6.13 Тепловые эффекты в твердотельных лазерах: тепловая линза, деполяризация, механическое разрушение. Критерии оценки качества пучка. Методы подавления и компенсации тепловых эффектов.

6.14. Лазеры на красителях. Перестройка частоты излучения.

6.15. Полупроводниковые лазеры.

7. Взаимодействие лазерного излучения с биотканями.

7.1. Коагуляция, карбонизация и абляция биотканей.

7.2. Механизмы и модели лазерной абляции биотканей.

7.3. Лазеры для хирургии мягких и твердых биотканей.

7.4. Законы, описывающие распространение света в биотканях. Механизмы многократного рассеяния.

7.5. Оптические характеристики биотканей. Спектры пропускания, поглощения и рассеяния биотканей.

7.6. Лазеры для диагностики. Спектральный анализ биотканей. Автофлуоресценция.

7.7. Методы спектроскопии комбинационного рассеяния.

8. Лазерная спектроскопия

8.1. Методы оптической спектроскопии. УФ- и ИК-молекулярная спектроскопия. Флуориметрия. Поляриметрия. Элипсометрия. Светорассеяние.

8.2. Основные типы спектральных приборов и их характеристики: дисперсия, разрешающая сила, светосила, пропускание, поляризующие свойства спектральных приборов.

8.3. Приемники оптического излучения: фотоэлементы, фотоумножители, болометры, фотодиодные линейки, микроканальные пластины, ПЗС.

8.4. Абсорбционная спектроскопия.

8.5. Спектроскопия возбуждения.

8.6. Оптоакустическая спектроскопия.

8.7. Нелинейная лазерная спектроскопия. Спектроскопия насыщения, стабилизация частоты генерации лазеров.

8.8. Лазерная внутридоплеровская спектроскопия.

8.9. Поляризационная спектроскопия.

8.10. Принципы многофотонной спектроскопии.

8.11. Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния.

8.12. Спектроскопия комбинационного антистоксова рассеяния.

9. Основы волоконной оптики

9.1 Структура, основные параметры и типы волоконных световодов.

9.2. Фоточувствительность волоконных световодов и волоконные решётки показателя преломления.

9.3. Нелинейные явления в волоконных световодах. Вынужденное комбинационное рассеяние света в стеклянных волоконных световодах.

9.4. Полые волоконные световоды.

9.5. Волоконные лазеры

Основная литература

1. А.С. Давыдов, Квантовая механика - БХВ-Петербург, 2011
2. Звелто О. Принципы лазеров / О. Звелто; пер. с англ. Д.Н. Козлова [и др.]; под науч. ред. Т. А. Шмаонова. – Изд. 4-е. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.
3. Захаров В.П., Шахматов Е.В. Лазерная техника – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006
4. Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. – М.: Физматлит, 2000.
5. Быков В. П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
6. Тучин, В. В. Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике / В. В. Тучин. — М.: Физматлит, 2013. — 818 с.

Дополнительная литература

1. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки. М.: Наука, 1990.
2. Лангдсберг Г.С. Оптика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
3. Бакланов Е.В. Основы лазерной физики – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.
4. 3.Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика. –2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
5. В.П. Вейко, М.Н. Либенсон, Г.Г. Червяков, Е.Б. Яковлев. Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика). Под редакцией чл.-корр. РАН В.И. Конова. Физматлит. М.: 2008 г.

Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру

Вступительные испытания по специальной дисциплине проходит по билетам с вопросами. Каждый билет содержит по два вопроса. Испытание проводятся в сочетании письменной и устной формы, при которой подготовка к ответу осуществляется в письменной форме на экзаменационных листах, а сам ответ на вопросы, поставленные в билете, и дополнительные вопросы комиссии осуществляется в устной форме.

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру проводится по 10-ти балльной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Оценка, баллы	Критерии
1	Нет ответа
2	Нет понимания предмета
3	Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос даже с помощью преподавателя
4	Ответ с тремя и более грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос, даже с помощью преподавателя
5	Ответ с двумя грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос.
6	В целом положительный ответ с несколькими незначительными ошибками. Умение с помощью преподавателя схематично, но правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос.
7	В целом хороший ответ с одной - двумя незначительными ошибками, умение сопоставить теоретические знания. Умение правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос. Владение информацией как минимум из одного источника основной литературы.
8	В целом полный ответ, демонстрирующий уверенные знания с некоторыми неточностями, умение сопоставить теоретические знания. Свободное владение информацией из нескольких источников основной литературы.
9	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы.
10	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы. Иллюстрация ответа дополнительными примерами из собственных наблюдений и дополнительных источников информации.