



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)



УТВЕРЖДАЮ
Ректор ВГТУ

С.А. Колодяжный
С.А. 2017 г.

Система менеджмента качества

ПРОГРАММА

**ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ
ПО ПРОГРАММАМ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ**

«ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ»
(направление подготовки 03.06.01)

«ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»
(направленность 01.04.07)

Воронеж 2017



ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ

ПРОГРАММА

**ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ
ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ**

«Физика конденсированного состояния»

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО
(по программам магистратуры и специалитета)

**I. Перечень элементов содержания, проверяемых
на вступительном испытании по физике конденсированного состояния**

I. Введение

Предмет, основные теоретические и экспериментальные методы и проблемы физики конденсированных состояний. Роль конденсированных сред в природе и в жизни человеческого общества. Экспериментальные свидетельства и следствия о существовании конденсированных сред в кристаллическом аморфном и жидком состояниях. Связь физических свойств с составом, атомной структурой и симметрией кристаллов.

II. СТРУКТУРА ТВЕРДЫХ ТЕЛ

1. Кристаллические, аморфные и жидкие конденсированные среды. Трансляционная симметрия кристаллов. Элементарная ячейка. Решетка Браве. Точечные и пространственные группы. Особенности распространения волн в периодических структурах. Закон Брэгга. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.

2. Дефекты в кристаллах. Точечные дефекты по Френкелю и Шоттки, их образование. Вакансии. Атомы внедрения и замещения. Комбинации атомных дефектов. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса. Энергия дислокаций. Переползание и скольжение. Размножение дислокаций. Источник Франка-Рида. Влияние радиационных, механических, термических воздействий на реальную структуру твердых тел.

III. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР КРИСТАЛЛОВ

1. Описание энергетического состояния кристалла при помощи газа квазичастиц. Примеры квазичастиц. Фотоны, магноны, экситоны, плазмоны и др. Электроны в металле как квазичастицы. Квазиимпульс. Закон дисперсии. Теорема Блоха. Граничные условия. Плотность состояний. Статистика газа квазичастиц. Бозоны и фермионы. Взаимодействие квазичастиц.

2. Колебания решетки. Фононы. Акустические и оптические ветви колебаний. Теплоемкость решетки. Дебаевская частота. Фактор Дебая-Уоллера в рассеянии рентгеновских лучей. Ангармонизм и тепловое расширение.

3. Электронные состояния в кристаллах. Одноэлектронная модель. Приближения сильной и слабой связи. Зонная схема и типы твердых тел. Вырожденный и невырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость, поверхности Ферми. Тензор эффективных масс. Электроны и дырки.



Циклотронная масса. Положение уровня Ферми в собственных и примесных невырожденных полупроводниках.

IV. ЭЛЕКТРОННЫЕ КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

1. Кинетическое уравнение. Электро- и теплопроводность. Времена релаксации. Механизм рассеяния электронов. Электрон-фононные столкновения. Нормальные процессы и процессы переброса. Магнитосопротивление и эффект Холла.

2. Металлы с большой длиной свободного пробега электронов. Аномальный скин-эффект. Циклотронный резонанс и размерные эффекты. Проникновение магнитного поля в металл. Всплески. Геликоны. Квантование орбит в магнитном поле. Эффект де Гааза ванн Альфена.

3. Полупроводники. Электронная структура типичных полупроводников. Германий. Узкозонные полупроводники. Примесные уровни. Доноры и акцепторы. Температурная зависимость проводимости. Выпрямление на контакте металл-полупроводник. *P-n* переходы. Фотопроводимость. Рекомбинация и генерация неравновесных носителей. Горячие носители. Эффекты в сильном электрическом поле (эффект Ганна, туннелирование). Новые типы конденсированных сред. Фуллерены и углеродные нанотрубки. Конденсированные среды с фрактальной структурой.

V. МЕХАНИЧЕСКИЕ, ОПТИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

1. Тензор упругих постоянных и упругая деформация. Пластичность кристаллов. Предел текучести. Упрочнение. Внутреннее трение.

2. Механизм поглощения фотонов. Поглощение свободными носителями. Решеточное поглощение. Многофотонные процессы. Комбинационное рассеяние света в кристаллах. Поглощение связанными носителями. Правила отбора. Междузонные прямые и косые переходы. Экситоны. Люминесценция. Времена жизни возбуждений, флуоресценция. Безизлучательные переходы. Квантовый выход люминесценции.

3. Диамагнетизм свободного электронного газа. Спиновый парамагнетизм. Закон Кюри. Ферромагнетизм. Молекулярное поле Вейсса. Обменное взаимодействие. Ферромагнитные домены. Энергия анизотропии. Доменная стенка. Антиферромагнетики. Ферриты.

VI. ДИЭЛЕКТРИКИ

Эффективное поле. Электронная, ионная и дипольная поляризация. Электрострикция и пьезоэлектричество. Пироэлектрики и сегнетоэлектрики. Нелинейная поляризация и диэлектрический гистерезис. Сегнетоэлектрические



домены. Аномалии физических свойств сегнетоэлектриков в области фазовых переходов. Молекулярные кристаллы.

VII. ТЕРМОДИНАМИКА И ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Равновесие фаз. Фазовые переходы I и II рода. Флуктуации. Твердые растворы и промежуточные фазы. Равновесие в многокомпонентных системах и правило фаз. Диаграммы равновесия. Кинетика фазовых превращений. Диффузионные и бездиффузионные превращения.

VIII. СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники I и II рода. Вихри и вихревые структуры. Основы микроскопической теории. Куперовские пары. Энергетическая щель и квазичастицы в сверхпроводниках. Туннельный эффект. Эффекты Джозефсона. Высокотемпературные сверхпроводники.

IX. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Рентгенография: методы исследования идеальной и реальной структуры. Электронография и электронная микроскопия. Нейтронография: упругое и неупругое когерентное рассеяние, исследование магнитных структур и фононных спектров. Эффект Мессбауэра, ЭПР, ЯМР. Электрические и гальваномагнитные измерения как методы изучения электронной структуры кристаллов и состава примесей в полупроводниках. Оптические методы исследования, возможности, связанные с использованием лазерных источников света. Методы изучения ферромагнетиков. Ядерный магнитный резонанс. Сканирующая туннельная микроскопия. Сканирующая микроскопия на атомных силах. Метод внутреннего трения для изучения релаксационных свойств конденсированных твердотельных структур.

ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ

Мезоморфное состояние. Температуры плавления и просветления. Структура и классификация жидкокристаллических фаз. Нематические и холестерические жидкие кристаллы. Смектики. Фазовые переходы. Анизотропия магнитных и электрических свойств. Анизотропия упругих свойств. Электрооптические свойства.



ЖИДКОСТЬ

Структура жидкостей. Свойства жидкостей. Статистическая теория жидкостей. Основные методы исследования жидкостей. Жидкие диэлектрики. Жидкие полупроводники. Жидкие металлы. Электролиты. Сверхтекучая жидкость и её свойства.

II. Требования к уровню подготовки поступающего

Поступающий должен знать/понимать:

- современные проблемы физики конденсированного состояния;
- основные явления физики конденсированного состояния;
- физическую сущность процессов, протекающих в проводящих, полупроводниковых, диэлектрических, магнитных материалах и в структурах, созданных на основе этих материалов, в том числе и при воздействии внешних полей и изменении температуры;
- тенденции развития физики конденсированного состояния;
- техническую и научную терминологию;
- основные физические методы исследования материалов и процессов.

Поступающий должен уметь:

- анализировать и обобщать полученную информацию;
- выполнять количественные оценки величины эффектов и характеристических параметров с учётом особенностей кристаллической структуры, электронного и фононного спектров, типа и концентрации легирующих примесей);
- самостоятельно собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию;
- критически осмысливать и обобщать изучаемый материал; грамотно и четко излагать свои мысли.

III. Примерный вариант задания

Поступающий получает 2 (два) расширенных вопроса, на которые он должен максимально расширенно письменно ответить. Вопросы выбираются из каждого блока.

Вопрос № 1.

Кинетическое уравнение. Электро- и теплопроводность. Времена релаксации. Механизмы рассеяния электронов. Электрон-фононные столкновения. Нормальные процессы и процессы переброса.



Магнитосопротивление и эффект Холла. Методы измерения эффекта Холла.

Вопрос № 2.

Равновесие фаз. Фазовые переходы I и II рода. Флуктуации. Твердые растворы и промежуточные фазы. Равновесие в многокомпонентных системах и правило фаз. Диаграммы равновесия. Кинетика фазовых превращений. Диффузионные и бездиффузионные превращения. Методы построения диаграмм состояния.

IV. Критерии оценивания работ поступающих

Оценивание ответов на каждый вопрос осуществляется по 5-балльной шкале в зависимости от правильности и развернутости (углубленности) ответа (согласно таблице 1). После ответов на все вопросы определяется среднее арифметическое, округленное в большую или меньшую сторону по правилам математики.

Таблица 1

Оценка	Критерий оценки
Отлично	Претендент демонстрирует полное понимание вопроса. На вопросы задания претендентом представлены развернутые (углубленные) ответы из нескольких литературных источников.
Хорошо	Претендент демонстрирует полное понимание вопроса. На вопросы задания претендентом представлены недостаточно развернутые (углубленные) ответы.
Удовлетворительно	Претендент демонстрирует частичное понимание вопроса. Претендентом представлены ответы только на часть вопросов.
Неудовлетворительно	Претендент демонстрирует непонимание вопроса. У претендента нет ответов на вопросы задания.

V. Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Хирс Д., Паунд Г. Испарение и конденсация. -М.: Мир, 1966.
2. Фишер И.З. Статическая теория жидкостей. М.: , 1961.
3. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. Л.: , 1975.
4. деЖен П.. Физика жидких кристаллов. М.: Мир, 1977.
5. Беляков В.А. Жидкие кристаллы. М.: , 1986.
6. Павлов В.А., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. - Н.Н, 2002.
7. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фаддеев М.А. Кристаллография. -М.: ФМ, 2000.



8. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теоретическая физика в 8 томах.
9. Физические методы исследования материалов. Том 1. М.: , 1971.
10. Физическое материаловедение / Под ред. Р.Кана. т.1-3. 1987.
11. Чалмерс Б. Теория затвердевания. - М.:Металлургия, 1968.
12. Структура и свойства внутренних поверхностей раздела. / Под редакцией Б.С.Бокштейна. М.: Metallurgia, 1988.
13. Сонин А.С. Введение в физику жидких кристаллов. М.:, 1983.
14. Кравченко А.Ф., Овсяк В.Н. Электронные процессы в твердотельных системах пониженной размерности. Новосибирск: НГУ, 2000.
15. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.
16. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.
17. Гриднев С.А. Основы физики полярных диэлектриков. Саарбрюккен: Палмариум, 2014.
18. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2000.
19. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. I, II. - М.: Мир, 1979.
20. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. - М.: Мир, 1974.
21. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. - М.: Наука, 1978.

Дополнительная литература

1. Физика сегнетоэлектриков: современный взгляд / под ред. К.М. Рабе, Ч.Г. Ана, Ж.-М. Трискона; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.
2. Поплавко Ю.М., Переверзева Л.П., Раевский И.П. Физика активных диэлектриков. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2009.
3. И.В.Золотухин, Ю.Е.Калинин, В.С.Железный, В.С.Гущин. Экспериментальные методы исследований: Учеб. пособие./ Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2004.
4. Гриднев С.А., Коротков Л.Н. Неупорядоченные полярные диэлектрики: монография. - Саарбрюккен: Палмариум, 2013. - 170 с.
5. Иевлев В.М. Тонкие пленки неорганических материалов: Механизм роста и субструктура. / В.М. Иевлев. учеб. пособие. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2008. – 496 с.
6. Иевлев В.М., Косилов А.Т. и др. Методы исследования атомной структуры и субструктуры материалов. Уч.пособие. - Воронеж: Изд. Вор. гос. техн. унив. 2003, 485 с