

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



УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора ВГТУ

Д.К. Проскурин

« 30 » 03 2022 г.

Система менеджмента качества

**ПРОГРАММА**

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

**1.3 «ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

(группа научных специальностей)

**1.3.8 «Физика конденсированного состояния»**

(направленность)

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

## **1.1 Структура твердых тел и энергетический спектр кристаллов**

1. Кристаллические, аморфные и жидкие конденсированные среды. Трансляционная симметрия кристаллов. Элементарная ячейка. Решетка Браве. Точечные и пространственные группы.

2. Особенности распространения волн в периодических структурах. Закон Брэгга. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.

3. Дефекты в кристаллах. Точечные дефекты по Френкелю и Шоттки, их образование. Вакансии. Атомы внедрения и замещения. Комбинации атомных дефектов.

4. 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.

5. Описание энергетического состояния кристалла при помощи газа квазичастиц. Примеры квазичастиц. Фотоны, магноны, экситоны, плазмоны и др.

6. Электроны в металле как квазичастицы. Квазиимпульс. Закон дисперсии. Теорема Блоха. Граничные условия. Плотность состояний. Статистика газа квазичастиц. Бозоны и фермионы. Взаимодействие квазичастиц.

7. Колебания решетки. Фононы. Акустические и оптические ветви колебаний. Теплоемкость решетки.

8. Дебаевская частота. Фактор Дебая-Уоллера в рассеянии рентгеновских лучей. Ангармонизм и тепловое расширение.

9. Электронные состояния в кристаллах. Одноэлектронная модель. Приближения сильной и слабой связи.

10. Зонная схема и типы твердых тел. Вырожденный и невырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость, поверхности Ферми. Тензор эффективных масс.

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

## **1.2 Физические свойства твердых тел**

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.

4. 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.

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

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

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

8. Диэлектрики. Эффективное поле. Электронная, ионная и дипольная поляризация. Электрострикция и пьезоэлектричество. Пироэлектрики и сегнетоэлектрики.

9. Нелинейная поляризация и диэлектрический гистерезис. Сегнетоэлектрические домены. Аномалии физических свойств сегнетоэлектриков в области фазовых переходов. Молекулярные кристаллы.

10. Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники I и II рода. Вихри и вихревые структуры.

11. Основы микроскопической теории сверхпроводников. Куперовские пары. Энергетическая щель и квазичастицы в сверхпроводниках. Туннельный эффект. Эффекты Джозефсона. Высокотемпературные сверхпроводники.

### **1.3. Термодинамика и экспериментальные методы исследований**

1. Равновесие фаз. Фазовые переходы I и II рода. Флуктуации. Твердые растворы и промежуточные фазы. Равновесие в многокомпонентных системах и правило фаз.

2. Диаграммы равновесия. Кинетика фазовых превращений. Диффузионные и бездиффузионные превращения.

3. Рентгенография: методы исследования идеальной и реальной структуры.

4. Электронография и электронная микроскопия.

5. Электрические и гальваномагнитные измерения как методы изучения электронной структуры кристаллов и состава примесей в полупроводниках.
6. Оптические методы исследования, возможности, связанные с использованием лазерных источников света.
7. Методы изучения ферромагнетиков.
8. Ядерный магнитный резонанс.
9. Сканирующая туннельная микроскопия.
10. Сканирующая микроскопия на атомных силах.
11. Метод внутреннего трения для изучения релаксационных свойств конденсированных твердотельных структур.

## **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 3 (три) вопроса, на которые он должен максимально расширенно письменно ответить. Вопросы выбираются из каждого блока.

Вопрос № 1 (из первого блока).

Вопрос № 2 (из второго блока).

Вопрос № 3 (из третьего блока).

#### IV. Критерии оценивания работ поступающих

Критерии оценивания работ поступающих:

- полнота раскрытия вопросов экзаменационного билета;
- логичность и последовательность изложения материала;
- аргументированность ответа;
- способность анализировать и сравнивать различные подходы к решению поставленной проблемы;
- готовность отвечать на дополнительные вопросы по существу экзаменационного билета.

Результаты вступительного экзамена оцениваются как «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и объявляются в день экзамена.

Оценка	Критерий оценки
Отлично	Даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией
Хорошо	Даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией
Удовлетворительно	Даны в основном правильные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией; ответы на вопросы даются в основном полно при слабой логической оформленности высказывания
Неудовлетворительно	Не выполнены условия, позволяющие выставить оценку «удовлетворительно»; претендент демонстрирует непонимание вопроса; у претендента нет ответа на вопрос.

#### 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. Де Жен 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.: Металлургия, 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.
7. И.В. Золотухин, Ю.Е. Калинин, О.В. Стогней. Новые направления физического материаловедения: Учебное пособие. – Воронеж: ВГУ, 2000. – 360 с.