

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Воронежский государственный университет инженерных технологий»

УТВЕРЖДАЮ  
Председатель приемной комиссии,  
ректор ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

\_\_\_\_\_ Попов В. Н.  
«31» марта 2022 г.

## **ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

по научной специальности основной образовательной программы высшего  
образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в  
аспирантуре

### **1.3.20 Кристаллография, физика кристаллов**

Воронеж 2022

Настоящая программа вступительного экзамена разработана в соответствии с основной образовательной программой послевузовского образования, учебным планом подготовки аспирантов и паспорта специальности.

**Шифр специальности:**

1.3.20 Кристаллография, физика кристаллов

**Формула специальности:**

Кристаллография, физика кристаллов – область знаний о симметрии, структуре, образовании и физических свойствах кристаллов.

**Области исследований:**

1. Теория симметрии.
2. Атомная и электронная структура кристаллической решетки.
3. Динамика решетки и фазовые переходы.
4. Методы структурного анализа (рентгено-, электроно- и нейтронография, теория и эксперимент).
5. Кристаллохимия.
6. Физика кристаллизации и методы выращивания кристаллов и пленок.
7. Механические свойства кристаллов (упругость, пластическая деформация, теория дислокаций, двойникование, разрушение).
8. Электрические свойства кристаллов (поляризация; пиро-, пьезо- и сегнетоэлектрики; доменная структура и фазовые переходы в сегнетоэлектриках).
9. Оптические свойства кристаллов (двупреломление, интерференция, поглощение и рассеяние света в кристаллах; электро-, пьезо- и магнитооптические свойства кристаллов; нелинейные оптические свойства; лазерные кристаллы).
10. Явления переноса в кристаллах (электро- и теплопроводность; термоэлектрические, гальвано- и термомагнитные эффекты).
11. Структура и свойства реальных кристаллов.
12. Кристаллы полимеров и белков.
13. Жидкие кристаллы.

**Перечень разделов базовых дисциплин, выносимых на вступительное испытание:**

**Раздел 1. Общая физика. Механика и молекулярная физика**

Предмет физики. Физика – наиболее фундаментальная наука о природе. Физика как часть общечеловеческой культуры. Методы физических исследований. Физика как культура моделирования. Место физики среди других дисциплин. Физика и математика. Физика и естествознание. Философия и физика.

Роль измерений в физике. Единицы измерений и системы единиц. Международная система единиц СИ.

Предмет механики. Кинематика и динамика. Описание состояния в классической механике. Механика релятивистская. Механика квантовая.

Основные понятия молекулярной физики: предмет исследования, его характерные особенности. Задачи молекулярной физики. Макроскопические параметры. Агрегатные состояния вещества. Уравнение состояния. Идеальный и неидеальный газы.

Распределение Максвелла. Распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости. Давление. Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Распределение Гиббса и его свойства.

Элементы физической кинетики. Основные понятия физической кинетики. Время релаксации. Столкновения. Эффективное газокинетическое сечение. Длина свободного пробега. Явления переноса: вязкость, теплопроводность и диффузия.

Коэффициенты вязкости, теплопроводности и диффузии в газах. Броуновское движение. Подвижность. Формула Эйнштейна. Явления переноса в разреженных газах. Эффузия. Вакуум: его получение и измерение.

Диффузия в твердых телах. Законы термодинамики. Элементы термодинамики. Квазистатические процессы. Работа, теплота и внутренняя энергия.

Первое начало термодинамики. Адиабатический и политропический процессы. Скорость звука в газах. Энтальпия.

Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Тепловые и холодильные машины. Обратимые и необратимые процессы.

Элементы теории упругости. Растяжение, сдвиг. Упругие и пластические деформации. Закон Гука. Модули упругости. Коэффициент Пуассона. Упругая энергия деформации.

## **Раздел 2. Оптика и спектроскопические методы исследования**

Принцип суперпозиции и интерференции волн. Интерференция монохроматических волн, ширина интерференционных полос. Пространственная и временная когерентность.

Интерференционные схемы. Лазеры как источники когерентного излучения.

Дифракция волн. Принцип Гюйгенса-Френеля. Граничные условия. Зоны Френеля. Зонные пластинки. Линза как дифракционный прибор. Дифракция на одномерных структурах. Дифракционные явления при различных значениях волнового параметра. Число Френеля. Границы применимости геометрической

оптики. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на щели и на круглом отверстии. Поле в фокальной плоскости линзы. Дифракционный предел разрешения телескопа и микроскопа.

Спектральные приборы: дифракционная решётка, интерферометр Фабри-Перо, призма. Характеристики спектральных приборов: разрешающая способность, область дисперсии.

Дифракция рентгеновских волн. Условие Брегга-Вульфа. Общее понятие рентгеноструктурном анализе.

Корпускулярно-волновой дуализм. Фотоэффект. Эффект Комптона. Фотоны. Дифракция электронов. Волновая функция как амплитуда вероятности. Принцип суперпозиции.

Принципы Фурье-оптики. Волновое поле как суперпозиция плоских волн разных направлений (пространственное Фурье-разложение). Соотношение неопределённостей. Дифракция на синусоидальных решётках. Поле в фокальной плоскости линзы.

Методы наблюдения фазовых структур: метод тёмного поля и метод фазового контраста. Представление о Фурье-спектроскопии.

Дискретный и непрерывный спектры энергий. Туннельный эффект. Сканирующий туннельный микроскоп.

Ядерные реакции. Эффект Мэссбауэра и резонансные  $\gamma$ -кванты.

### **Раздел 3. Конденсированные среды, кристаллы.**

Классификация частично упорядоченных конденсированных сред. Ключевые свойства структур, особенности межчастичных взаимодействия в конденсированных средах

Понятие о частично упорядоченных конденсированных средах. Типы частично упорядоченных сред, аморфное состояние, жидкие кристаллы, пластические (ротационные) кристаллы, частично упорядоченные полимерные структуры.

Типы упорядочения в неорганических и органических средах. Межатомные и межмолекулярные связи. Параметр порядка, способы измерения степени ориентационного упорядочения в органических средах.

Фазовые переходы в частично упорядоченных конденсированных средах. Различные подходы к описанию фазовых переходов.

Переходы с изменением структуры в частично упорядоченных средах. Связь симметрии с возможными типами переходов. Пространство параметра порядка. Спонтанное нарушение симметрии. Голдстоуновские моды в различных системах. Фазовые переходы I рода в частично упорядоченных средах. «Слабые» фазовые переходы I рода. Модель Ландау – де Жена.

Метастабильные состояния. Трикритическая точка. Переходы во внешнем поле. Переход нематик – изотропная жидкость. Теория Онсагера. Приближение Флори.

Особенности структуры и упорядочения, связанные с ограниченной геометрией, с нарушением зеркальной симметрии. Отклик частично упорядоченных сред на внешние воздействия

Влияние поверхности на структуру и фазовые переходы. Нарушение зеркальной симметрии в конденсированных средах. Хиральные структуры. Структуры, образованные в результате конкурирующих взаимодействий, фрустрации. Поведение жидкокристаллических термотропных и полимерных структур во внешнем поле. Эффект Фредерикса.

Электрооптика частично упорядоченных сред. Жидкокристаллический дисплей. Раскрутка спиральных органических структур внешним полем.

Дефекты с нарушением трансляционного или ориентационного упорядочения в конденсированных средах. Топологические характеристики дефектов. Влияние дефектов на свойства частично упорядоченных сред.

Точечные топологические дефекты. Топологический заряд. Взаимодействие топологических дефектов. Топологические мультиполи. Линейные дефекты. Дисклинации. Ориентационные доменные стенки.

### **Оценка результатов вступительного экзамена**

При проведении экзаменов уровень знаний, поступающих определяется оценками: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно" и "неудовлетворительно".

- **"Отлично"** заслуживает поступающий, ответы которого на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы полные, обстоятельные, аргументированные. Высказываемые положения подтверждены конкретными примерами.

- **"Хорошо"** заслуживает поступающий, который ответил на все вопросы задания и дополнительные вопросы, точно дал определения и понятия. Затрудняется подтвердить теоретические положения практическими примерами.

- **"Удовлетворительно"** заслуживает поступающий, который ответил фрагментарно, не всегда последовательно; определение понятий недостаточно четкие; допущены ошибки и неточности в использовании научной терминологии, определение понятий.

- **"Неудовлетворительно"** заслуживает поступающий, который дал ответ неправильный, не раскрыто основное содержание экзаменационных вопросов; не даны ответы на вспомогательные вопросы экзаменаторов; допущены грубые ошибки в определении понятий, при использовании терминологии. Экзаменуемый не смог ответить более чем на 50% вопросов задания.

**Рекомендуемая основная литература для подготовки к экзамену:**

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 1-4. – М.: Наука, 1975.

2. Щеголев И.Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. – М.: Янус, 1996.
3. Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лившиц Е.М. Курс общей физики. – М., Наука, 1965.
4. Белонучкин В.Е., Заикин Д.А., Ципенюк Ю.М. Основы физики. Курс общей физики. Т.2. Квантовая и статистическая физика. Под редакцией Ю.М. Ципенюка. М.: Физматлит, 2001.
5. Фейнман Р.П., Лейтон Р., Сэндрс Н. Фейнмановские лекции по физике. Вып.4. – М.: Мир, 1965.
6. Г.Грей Электроны и химическая связь, М., 1967 г.
7. Шаскольская М. П.Кристаллография.Учеб. пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1984. - 376 с.: ил.

#### **Дополнительная литература**

1. Рейф Ф. Статистическая физика (Берклевский курс физики). Т.5. – М.: Наука, 1972.
- 2.Семенова О. Р.Кристаллофизика: учеб. пособие / О. Р. Семенова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. — Пермь, 2019. –179 с.
3. Ю.Л. Словохотов, Основы кристаллохимии – М.: «КДУ», 2020. – 606 с. ISBN: 978–5–91304–875–2
4. Филатов С., Кривовичев С., Бубнова Р. Общая кристаллохимия. Учебник, - Изд-во: СПбГУ, 2018.-276, ISBN 978-5-288-05812-7.

#### **Примерный образец контрольно-измерительного материала**

Минобрнауки России  
Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный университет инженерных технологий»

#### **Экзаменационный билет № 1**

1. Роль измерений в физике. Единицы измерений и системы единиц. Международная система единиц СИ.
2. Принцип суперпозиции и интерференции волн. Интерференция монохроматических волн, ширина интерференционных полос. Пространственная и временная когерентность. Интерференционные схемы. Лазеры как источники когерентного излучения.
3. Классификация частично упорядоченных конденсированных сред. Ключевые свойства структур, особенности межчастичных взаимодействия в конденсированных средах