

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Иркутский государственный университет путей сообщения»

УТВЕРЖДАЮ:

Проектор по научной работе

ФГБОУ ВО ИрГУПС



 А.В. Димов

«31» 10 2023 г.

**ПРОГРАММА  
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ  
В АСПИРАНТУРУ**  
подготовки научных и научно-педагогических кадров  
в аспирантуре

**1. Естественные науки**

**1.3 Физические науки**

**1.3.8 Физика конденсированного состояния**

## ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

составлена в соответствии с требованиями Федерального закона Российской Федерации от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) от 20.10.2021г. № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)», Положением утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 г. № 2122 «О подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)», Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) от 24.02.2021г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093» и Приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.08.2021 г. № 721 «Об утверждении порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре».

Предлагаемая программа вступительного испытания позволяет обеспечить подготовку поступающих на обучение по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 1.3.8 Физика конденсированного состояния.

Программу составил:

д.ф.-м.н., профессор

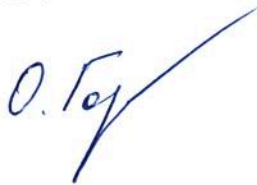


В.И. Барышников

Программа обсуждена, согласована и одобрена на заседании кафедры «Физика, механика и приборостроение»

Протокол от «19» октября 2023 г. № 4

И.о. зав. кафедрой ФМиП



О.В. Горева

## Введение

На основе вступительного испытания по специальной дисциплине определяется, насколько свободно и глубоко поступающие владеют теоретическими и практическими знаниями, соответствующими направленности (профилю) программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре. Программа составлена в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по программам специалитета и (или) программам магистратуры.

Настоящая программа основана на положениях следующих дисциплин: теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, неорганических и органических соединений, диэлектриков и в том числе материалов световодов как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления, теоретическое и экспериментальное исследование физических свойств неупорядоченных неорганических и органических систем, включая классические и квантовые жидкости, стекла различной природы и дисперсные системы, изучение экспериментального состояния конденсированных веществ (сильное сжатие, ударные воздействия, низкие температуры), фазовых переходов в них и их фазовые диаграммы состояния, теоретическое и экспериментальное исследование воздействия различных видов излучений, высокотемпературной плазмы на природу изменений физических свойств конденсированных веществ, разработка математических моделей построения фазовых диаграмм состояния и прогнозирование изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения, разработка экспериментальных методов изучения физических свойств и создание физических основ промышленной технологии получения материалов с определенными свойствами, технические и технологические приложения физики конденсированного состояния. В основу данной программы положена программа, разработанная экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации.

### 1. Цели и задачи вступительного испытания

Целями вступительных экзаменов в аспирантуру по подготовке научных и научно-педагогических кадров по научной специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния являются:

- выявить базовые знания по данному курсу;
- оценить общую культуру мышления ученого-физика у абитуриента;
- определить умение применить имеющиеся знания при анализе конкретно-научных проблем и вопросов в инженерной практике.

Основными задачами экзамена следует считать:

- выявление готовности поступающего к научно-исследовательской деятельности;
- способности объяснять основные закономерности развития научного знания в условиях современного научно-технического прогресса.

### 2. Форма проведения и продолжительность вступительного испытания

Вступительные испытания по научной специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния осуществляются в форме устного экзамена (очно и/или с исполь-

зованием дистанционных технологий) с использованием экзаменационных билетов, содержащих три контрольных задания различного уровня сложности. Каждый вопрос оценивается максимально на 33,3 балла. Максимальная сумма баллов – 100. Ориентировочная продолжительность устного экзамена – 180 мин.

### **3. Вопросы к вступительному испытанию**

#### **Раздел 1. Предмет и методы физики конденсированного состояния вещества**

– Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы конденсированного состояния вещества.

– Предмет физики аморфного и кристаллического твердого тела. Методы физического исследования, опыт, эксперимент, гипотеза, теория.

– Жидкость как агрегатное состояние вещества. Межмолекулярное взаимодействие и классификация жидкостей. Исследование структуры простых жидкостей методом дифракции рентгеновских лучей и рассеяния нейтронов. Изучение жидкостей ультразвуковым методом и методом рассеяния света.

#### **Раздел 2. Физические основы механики**

– Предмет механики. Кинематика и динамика. Классическая механика. Квантовая механика. Релятивистская механика. Физические модели: материальная точка, система, абсолютно твердое тело, сплошная среда.

– Пространство и время. Кинематическое описание движения. Прямолинейное движение точки. Движение точки по окружности. Скорость и ускорение при криволинейном движении. Нормальное и тангенциальное ускорения. Векторы угловой скорости и ускорения. Кинематика твердого тела.

– Основная задача динамики. Масса и импульс. Первый закон Ньютона, инерциальная система отсчета. Второй закон Ньютона. Сила. Третий закон Ньютона. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции.

– Закон сохранения импульса. Теорема о движении центра инерции. Работа. Мощность. Кинетическая и потенциальная энергии. Консервативные и неконсервативные силы. Закон сохранения энергии.

– Момент сил. Момент импульса. Момент инерции. Теорема Штейнера. Уравнения динамики вращения. Закон сохранения момента импульса. Кинетическая энергия вращательного движения. Законы сохранения и симметрия пространства и времени.

– Закон всемирного тяготения. Поле тяготения Земли. Ускорение силы тяжести. Потенциальная энергия в поле тяготения. Движение в поле сил тяжести. Космические скорости.

– Принцип относительности Галилея. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Интервал. Следствия из преобразований Лоренца.

– Закон сложения скоростей. Уравнения движения для релятивистской частицы. Релятивистские выражения для энергии и импульса. Понятия об общей теории относительности.

#### **Раздел 3. Статистическая физика и термодинамика**

– Динамические и статистические закономерности в физике. Статистический и термодинамический методы. Тепловое движение. Макроскопические параметры. Уравнения состояния. Внутренняя энергия.

– Идеальный газ. Давление и температура. Вероятность и флуктуации. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана. Степени свободы молекул. Определение энтропии.

– Обратимые и необратимые процессы. Первое начало термодинамики. Изопроцессы. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Максимальный коэффициент полезного действия тепловой машины. Третье начало термодинамики.

– Физическая кинетика. Явления переноса в газах: диффузия, вязкость и теплопроводность. Особенности явлений переноса в жидкостях и твердых телах. Фазы и фазовые превращения. Условия равновесия фаз. Фазовые диаграммы. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Фазовые переходы первого рода. Критическое состояние. Фазовые переходы второго рода.

– Поверхностные и капиллярные явления.

#### **Раздел 4. Электричество и магнетизм**

– Роль электромагнитных взаимодействий в природе. Элементарный электрический заряд и напряженность электрического поля. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. Принцип суперпозиции. Потенциал. Электрический диполь.

– Теорема Гаусса. Дифференциальная форма закона Кулона. Энергия взаимодействия электрических зарядов. Энергия электростатического поля.

– Равновесие зарядов на проводнике. Проводник во внешнем электрическом поле.

– Емкость. Конденсаторы. Параллельное и последовательное соединения. Энергия.

– Условия существования тока. Уравнение непрерывности. Закон Ома. Сопротивление проводников. Мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.

– Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома неоднородной цепи. Правила Кирхгофа для разветвленных цепей.

– Природа носителей зарядов в металлах. Сверхпроводимость.

– Взаимодействие токов в вакууме. Магнитное поле. Магнитная индукция. Поле движущегося заряда. Закон Био-Савара.

– Сила Лоренца. Закон Ампера. Магнитное поле контура с током. Работа при перемещении проводника с током в магнитном поле.

– Уравнения Максвелла для циркуляции и источников магнитного поля. Поле соленоида. Движение заряженной частицы в электрическом и магнитном полях. Ускорители заряженных частиц.

– Поляризация диэлектриков. Объемные и поверхностные связанные заряды. Вектор электрического смещения. Поле в полярных и неполярных диэлектриках. Зависимость диэлектрической восприимчивости от температуры. Сегнетоэлектрики.

– Намагничивание магнетиков. Напряженность магнитного поля. Виды магнетиков. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Гистерезис. Домены. Антиферромагнетизм. Гиромагнитные эффекты.

– ЭДС индукции. Явление самоиндукции. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля.

– Вихревое электрическое поле. Дифференциальная формулировка закона электромагнитной индукции Фарадея. Ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.

#### **Раздел 5. Физика колебаний и волн**

– Свободные механические и электромагнитные колебания. Кинематика и динамика колебаний.

- Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.
  - Переменный ток. Импеданс. Работа и мощность переменного тока.
  - Сложение гармонических колебаний. Метод векторных диаграмм. Биения. Фигуры Лиссажу.
  - Уравнения плоской и сферической волн. Волновое уравнение. Сложение волн, стоячие волны.
  - Плоская электромагнитная волна. Энергия и импульс электромагнитных волн. Излучение диполя. Вектор Умова – Пойнтинга.
  - Световая волна. Отражение и преломление волн на границе двух сред. Закон полного внутреннего отражения.
  - Тонкая линза. Построение изображений в оптических системах.
  - Оптические приборы. Световой поток. Фотометрические величины и законы.
  - Когерентность волн. Интерференция света, ширина полос. Интерференция в тонких пленках и пластинках. Кольца Ньютона. Интерферометры.
  - Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Зоны Френеля, спираль Корню. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка. Дифракция на периодических структурах. Голография.
  - Дисперсия света. Фазовая скорость. Групповая скорость. Поглощение света. Рассеяние света.
  - Поляризация света. Виды поляризации. Получение поляризованных лучей. Закон Малюса. Использование поляризованного света.
  - Эффект Вавилова-Черенкова. Эффект Доплера. Рэлеевское рассеяние света. Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна, комбинационное рассеяние.
  - Лазеры. Нелинейные явления при взаимодействии лазерного излучения с веществом.
  - Излучение черного тела. Закон Кирхгофа. Законы Стефана-Больцмана и Вина. Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Фотоны.
  - Фотоэффект. Внешний и внутренний фотоэффект. Законы фотоэффекта. Эффект Комптона.
  - Планетарное строение атома. Постулаты Бора. Правила квантования круговых орбит. Атомные спектры. Теория атома водорода по Бору.
- Раздел 6. Физика колебаний и волн**
- Корпускулярно-волновой дуализм света. Соотношения неопределенностей. Смысл волновой функции и операторы в квантовой механике.
  - Уравнение Шредингера. Стационарные и нестационарные состояния. Квантование энергии. Квантование момента импульса. Свободный электрон. Потенциальная яма.
  - Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
  - Гармонический осциллятор. Спин. Принцип Паули. Уравнение Дирака.
  - Спектр, волновые функции атома водорода. Мультиплетность спектров и спин электрона. Эффект Зеемана.
  - Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням атома. Периодическая система элементов Менделеева.
  - Энергия молекул, молекулярные спектры. Химическая связь.
  - Эффект Зеемана. Эффект Штарка.
  - Нелинейная оптика. Нелинейное преобразование частоты света. Генерация второй гармоники. Нелинейное поглощение света.
  - Вынужденное излучение. Люминесценция. Различные виды.

- Состав и характеристики атомного ядра. Масса и энергия связи. Модели атомного ядра. Ядерные силы.
- Радиоактивность. Законы радиоактивного распада. Ядерные реакции.
- Классификация элементарных частиц. Методы регистрации элементарных частиц.
- Элементарные взаимодействия. Их характеристики. Электрослабое взаимодействие. Кварки, глюоны, цветное взаимодействие.
- Единая теория материи. Физическая теория эволюции Вселенной.

#### **Раздел 7. Физика конденсированного состояния**

- Кристаллическая решетка. Теплоемкость кристаллов по Эйнштейну. Теория Дебая. Фононы.
- Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
- Энергетические зоны в кристалле. Электропроводность металлов и полупроводников. Диэлектрики. Сверхпроводники.
- Квантовая теория электронов в металле. Энергетические зоны электронов в кристалле.
- Диэлектрики, металлы, полупроводники. Примесная и собственная проводимость полупроводников. Квазиэлектроны и дырки.
- Динамика электронов в кристаллической решетке. Гетеропереходы.
- Структура аморфных твердых тел. Стёкла.
- Межатомное взаимодействие и классификация твердых тел. Упругие и теплофизические свойства твердых тел.
- Жидкости. Структура и свойства жидкостей. Поверхностные явления.

#### **4. Примерные темы рефератов**

1. Кристаллографическое строение конденсированных веществ.
2. Кристаллические классы. Классификация решеток Браве.
3. Классификация возможных дефектов в твердых телах.
4. Дифракционные явления в кристаллических средах.
5. Колебания кристаллической решетки.
6. Тепловые свойства твердых тел. Классическое и современное представления.
7. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты.
8. Зонное строение твердых тел.
9. Магнитные свойства твердых тел.
10. Магнитооптические свойства твердых тел.
11. Спиновые волны. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонансы.
12. Оптические свойства твердых тел.
13. Электрооптические эффекты, пьезооптические и акустооптические эффекты.
14. Преобразование излучения по частоте в кристаллических средах.
15. Лазерные среды. Оптические квантовые генераторы.
16. Жидкости. Четырехволновые взаимодействия в жидких средах.
17. Нелинейные свойства конденсированных веществ.
18. Рефракция света в полупроводниках и твердых растворах.
19. Оптические переходы в полупроводниках. Экситонные эффекты.
20. Комбинационное рассеяние света в конденсированных средах. Люминесценция света.

21. Сверхпроводимость твердых тел. Высокотемпературные сверхпроводники.  
 22. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства.

**5. Оценивание результатов вступительного испытания  
 Критерии и шкала оценивания выполнения заданий  
 экзаменационного билета**

Номер задания	Критерии оценивания	Баллы по заданиям
1-3	Поступающий правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы	Отличный (от 27-33.3)
	Поступающий с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов	Базовый (от 20-26)
	Поступающий с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы	Минимальный (от 13-19)
	Поступающий при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов	Низкий (менее 13)

**Шкала оценивания уровня подготовленности к обучению  
 по результатам вступительного испытания**

Общий балл за вступительное испытание	Уровень подготовленности к обучению	Характеристика уровня подготовленности
80 – 100	Отличный	Поступающий отлично подготовлен для дальнейшего обучения в аспирантуре
60 – 79	Базовый	Поступающий показал хороший уровень подготовки для поступления в аспирантуре
40 – 59	Минимальный	Поступающий обладает минимальным уровнем компетентностей, необходимых для обучения в аспирантуре
0 – 39	Низкий	Поступающее лицо не готово к обучению в аспирантуре



## 6. Порядок проведения вступительных испытаний

Вступительное испытание в виде экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния проводится в соответствии с графиком проведения вступительных испытаний в период работы приемной комиссии.

Подготовка и проведение вступительного испытания осуществляется предметной комиссией по направлению подготовки, назначаемой приказом ректора университета.

Варианты экзаменационных билетов для проведения вступительных испытаний по экзамену по направлению подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре разрабатываются председателем предметной комиссии по направлению подготовки и подписываются ректором университета не позже чем за месяц до начала вступительных испытаний. Варианты экзаменационных билетов для конкретной группы (потока) кандидатов должны выдаваться председателю предметной комиссии в день проведения испытания.

На вступительные испытания кандидат должен прибыть с паспортом (либо документом, заменяющим паспорт). Перед началом вступительного испытания поступающий выбирает экзаменационный билет, ему выдается экзаменационный лист, который поступающий должен подписать, и листы устного опроса. На листах устного опроса в верхнем правом углу поступающий должен записать номер группы (потока), с которой он прибыл на вступительные испытания, номер варианта экзаменационного билета и свою фамилию с инициалами (либо номер СНИЛС). Все отмеченные документы необходимо сдать после прохождения вступительного испытания.

На подготовку к ответу традиционно выделяется 40 минут. После чего поступающий вызывается экзаменационной комиссией для ответа.

Во время проведения вступительного испытания абитуриент может покинуть аудиторию только один раз не более чем на 5 минут по разрешению экзаменатора.

Во время проведения вступительного испытания абитуриентам запрещается:

- общаться с другими абитуриентами;
- самовольно пересаживаться на другие места в экзаменационной аудитории;
- использовать какие-либо вспомогательные и справочные материалы, не разрешенные предметными экзаменационными комиссиями (учебники, методические пособия, справочники и др.);
- иметь при себе мобильные телефоны и иные средства связи, электронно-вычислительную технику (планшеты, ноутбуки и т. п.);
- выносить за пределы аудитории экзаменационный лист и листы устного опроса.

По окончании ответа поступающего, экзаменационная комиссия составляет Протокол, в который заносится краткая характеристика и оценка ответов кандидата на каждый вопрос, и выставляется общая оценка за вступительное испытание. Результаты вступительного испытания заносятся в экзаменационную ведомость и выставляются на сайт университета.

В случае если поступающий не набирает минимального порогового количества баллов, считается, что экзамен он не сдал и не может принимать дальнейшее участие в конкурсе. Поступающие, не прошедшие вступительные испытания по уважительной причине (болезнь или иные обстоятельства, подтвержденные документально), допус-

каются к проведению вступительного испытания в другой группе или в резервный день в соответствии с расписанием проведения вступительных испытаний.

Спорные вопросы, возникшие при проведении вступительного испытания, разрешаются апелляционной комиссией. Заявление (апелляция) о нарушении порядка проведения вступительного испытания и/или несогласие с результатами вступительного испытания, подается поступающим лично на следующий день после объявления итоговой оценки вступительного испытания.

### **Порядок проведения дистанционного компьютерного тестирования**

Платформами для проведения дистанционных вступительных испытаний являются корпоративной платформы Microsoft Teams и системы электронного обучения Moodle.

Перед выполнением компьютерного теста проводится процедура аутентификации личности поступающего, то есть осуществляется проверка подлинности пользователя путём сравнения введённого им пароля с паролем в базе данных пользователей.

Затем осуществляется визуальная (экспертная) идентификация личности поступающего посредством установления визуального соответствия личности обучающегося документам, удостоверяющим его личность.

Выполнение компьютерного теста осуществляется при экспертном видео-прокторинге, то есть при помощи визуального контроля за ходом дистанционного испытания посредством видеосвязи.

При отсутствии у обучающегося в комплектации компьютера веб-камеры и микрофона, экспертная идентификация личности и видео-прокторинг могут проводиться с помощью мобильного телефона с использованием мобильных версий указанных выше платформ.

### **7.Список литературы для подготовки к экзамену**

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Изд-во «Лань», 2008, т. 1-3.
2. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. Изд-во «Лань», 2007, т. 1-3.
3. Сивухин Д.В. Курс общей физики. М.: Наука, 2006, т. 1—5.
4. Хайкин С.Э. Физические основы механики. М.: Наука. 1977.
5. Калашников С.Г. Электричество. М.: ВШ. 1976.
6. Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Наука. 1976.
7. Шпольский Э.В. Атомная физика. М. НТЛ. 1978.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука, 2006.
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 2002.
10. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твёрдого тела. М.: Высшая школа, 2005.
11. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. Изд. 2, Мир, 1994.
12. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 2000.
13. Физика простых жидкостей, т.1, т.2, п/р Г. Темперли, М.: Мир. 1973.
14. Бонч-Бруевич В.П., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 2007.
15. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки. М.: Мир, 2004.
16. Коротеев Н.И., Шумай И.Л. Физика мощного лазерного излучения. М.: Наука, 1991.