ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. ректора ФГБОУ ВО ИрГУПС
_____ А.П. Хоменко
«10» марта 2022г.

ПРОГРАММА
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ В АСПИРАНТУРУ

подготовки научных и научно-педагогических кадров
в аспирантуре

1. Естественные науки
1.1 Физика и астрономия
1.3.8 Физика конденсированного состояния

Иркутск-2022

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

составлена в соответствие 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 утвержденного 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 составила:

д.т.н. профессор В.И. Барышников

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

Протокол от «03» марта 2022 г. № 11

Зав. кафедрой ФМиП С.В. Пахомов

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.

– Электроемкость. 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.

– Элементарныевзаимодействия. Их характеристики. Электрослабое взаимодействие. Кварки, глюоны, цветовое 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.

– Энергетическиезоныв кристалле. Электропроводность металлов и полупроводников. Диэлектрики. Сверхпроводники.

– Квантовая теория электронов в металле. Энергетические зоны электронов в кристалле.

– Диэлектрики, металлыи полупроводники. Примесная и собственная проводимость полупроводников. Квазиэлектроны и дырки.

– Динамика электронов в кристаллической решётке. Гетеропереходы.

– Структура аморфных твёрдых тел. Стёкла.

– Межатомное взаимодействие и классификация твёрдых тел. Упругие и теплофизические свойства твёрдых 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 окончанию 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 видеопрокторинге, то есть при помощи визуального контроля за ходом дистанционного испытания посредством видеосвязи.

При отсутствии у обучающегося в комплектации компьютера веб-камеры и микрофона, экспертные 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.