Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Дальневосточный государственный университет путей сообщения"
(ДВГУПС)

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель
приемной комиссии ДВГУПС,
профессор
_____Ю.А. Давыдов
«__29__» ___09___20__20__ г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

по подготовке научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению

03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

НАПРАВЛЕННОСТИ – ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Хабаровск
2020

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

1. Общие положения

2. Цели и задачи программы вступительных испытаний

3. Структура программы:

3.1. Требования к вступительному испытанию

3.2. Тематическое содержание

3.3. Перечень вопросов для вступительного испытания

3.4. Критерии оценивания результата вступительного испытания

4. Список рекомендуемой литературы.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Назначение и область применения

Настоящая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки абитуриентов для поступления в аспирантуру по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, направленность «Физика конденсированного состояния» и определяет содержание и форму вступительного испытания по указанному направлению.

1.2. Нормативные документы

- Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (в посл. ред.);
- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 ноября 2013 г. № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;
- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утверждённый приказом № 867 от 30.07.2014 и зарегистрированный в Минюсте России 25.08.2014 № 33836;

- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.01.2017 № 13 «Об утверждении Порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), программам ординатуры, программам ассистентуры-стажировки»;

- Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 08.09.2015 № 608н «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»;

- Устав федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», утвержденный Приказом Федерального агентства железнодорожного транспорта от 22.12.2015 № 586 (в посл. ред.);

- локальные акты ДВГУПС.

2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Цель вступительных испытаний состоит в том, чтобы определить:

• готовность экзаменуемого к продолжению обучения по основной профессиональной образовательной программе подготовки аспирантов по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» по направленности – Физика конденсированного состояния.

Задачей программы вступительных испытаний является:

• оценка степени и уровня знаний поступающих на программы подготовки аспирантов (уровень подготовки кадров высшей квалификации), характеризующая их подготовленность к самостоятельному выполнению определенных видов профессиональной деятельности; определение объема и содержания профессиональных знаний, методических и практических умений, аналитических способностей и профессионального мышления аспирантов.

Основные знания, умения и навыки, которыми должен обладать поступающий:

• знанием о состоянии электронов в кристаллической решетке, зонах Бриллюэна, энергетических зонах; о принципах существования примесей и примесных уровней, дефектов в твердых телах; о статистике носителей заряда, неравновесных электронах и дырках; законов рассеяния носителей заряда, изменения проводимости, и кинетических свойств диэлектриков, металлов и полупроводников; о свойствах квазичастиц, акустических и оптических фононах,

плазмонах, экситонах Френкеля и Ванье; о физических принципах возникновения электрон-фононные взаимодействий, взаимодействия света с кристаллической решеткой; об оптических свойствах диэлектриков, металлов и полупроводников; основных методик измерений основных характеристик твердых тел и методик их расчетов.

• умением сформулировать физическую задачу, проанализировать возможные пути решения, выбрать или создать техническое решение; самостоятельно формировать научную тематику, организовывать и вести научно-исследовательскую деятельность по избранной научной специальности; пользоваться справочной и научно-технической литературой.

• навыками индивидуального и коллективного решения физических задач; использования современной вычислительной техникой, компьютерных технологий и способов их применения в профессиональной деятельности.

3. СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

3.1. Требования к вступительному испытанию

• Для поступающих на места в рамках контрольных цифр приема, а также по договорам об оказании платных образовательных услуг на определенное направление подготовки устанавливается одно вступительное испытание - специальная дисциплина, соответствующая направленности (профилю) программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – специальная дисциплина).

• Вступительное испытание проводится в письменной форме по экзаменационным билетам;

• Вступительное испытание проводится на русском языке.

• Билет содержит три вопроса (задания).

• Максимальное количество баллов, полученных за ответы на 3 вопроса, составляет 100 баллов.

• Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания составляет 45 баллов.

• Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколами. На каждого поступающего ведется отдельный протокол.

• Протоколы приема вступительных испытаний и экзаменационные листы ответов письменной формы экзамена после утверждения хранятся в личном деле поступающего.

3.2. Тематическое содержание

***Раздел 1* Связи в твердых телах**

Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита $CaTiO_3$. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями.

***Раздел 2* Симметрия твердых тел**

Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

***Раздел 3* Колебания решетки**

Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантовые осцилляторы. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

***Раздел 4* Тепловые свойства твердых тел**

Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.

Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности. Неравновесная термодинамика жидких и газообразных сред.

***Раздел 5* Электронные свойства твердых тел**

Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

***Раздел 6* Магнитные свойства твердых тел**

Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри Вейсса. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля). Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков. Спиновые волны, магноны. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

***Раздел 7* Оптические и магнитооптические свойства твердых тел**

Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра). Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

***Раздел 8* Сверхпроводимость**

Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец. Эффект Джозефсона. Куперовское спаривание. Длина когерентности.

3.3 Перечень вопросов для вступительного испытания.

Раздел 1 Связи в твердых телах

1. Электронная конфигурация внешних оболочек атомов. Формирование кристаллической структуры из изолированных атомов. Типы связи в твердых телах.
2. Движение электрона во внешнем магнитном поле. Плотность состояний.
3. Уровни Ландау. Квантовые осцилляционные эффекты.
4. Структура веществ с ковалентными связями.

***Раздел 2* Симметрия твердых тел**

5. Симметрия кристаллов. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Решетка Браве.
6. Теорема Блоха. Понятие квазиимпульса. Зона Бриллюэна.
7. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы).
8. Формирование зонного спектра. Эффективная масса. Энергия Ферми и поверхность Ферми.

***Раздел 3* Колебания решетки**

9. Колебания атомов в кристаллической решетке. Понятие о фононах.
10. Квантовые осцилляторы.

***Раздел 4* Тепловые свойства твердых тел**

11. Температура Дебая. Акустические и оптические фононы.
12. Теплоемкость решетки. Модель Эйнштейна и модель Дебая. Электронная теплоемкость.
13. Физическое объяснение хорошего согласия модели Дебая с экспериментом в области низких температур.
14. Теплопроводность твердых тел. Закон Видемана-Франца.

***Раздел 5* Электронные свойства твердых тел**

15. Оптические свойства твердых тел. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Связь между поглощением и преломлением света. Соотношение Крамерса-Кронига.

16. Спектры поглощения, отражения, люминесценции. Край собственного поглощения. Плазменная частота.
17. Комбинационное и бриллюэновское рассеяние.
18. Электронный парамагнитный резонанс. Спектры ЭПР. Время релаксации.
19. Ядерный магнитный резонанс и ядерный квадрупольный резонанс.
20. Методы исследования структуры твердых тел. Рентгеновская дифракция. Дифракция электронов. Дифракция нейтронов.
21. Отличие модели Зоммерфельда от модели Друде.

22. Методы исследования поверхности твердых тел. Электронная микроскопия. Ожеспектроскопия. Дифракция электронов. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия.
23. Мессбауэровская спектроскопия твердых тел. Влияние локального окружения на мессбауэровские спектры.
24. Методы выращивания объемных монокристаллов из жидкой и газовой фаз.
25. Неравновесная термодинамика жидких и газообразных сред.
26. Методы определения структурного совершенства и химического состава объемных кристаллов и пленок.

Раздел 6 **Магнитные свойства твердых тел**
27. Полупроводники. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Электроны и дырки.
28. Легирование полупроводников. Доноры и акцепторы. Мелкие и глубокие примеси.
29. Поверхностные состояния и поверхностные зоны. Искривление зон у поверхности. Поверхностная рекомбинация.
30. Размерное квантование. Двумерные, одномерные и нуль-мерные полупроводниковые структуры. Контра- и ковариантные композиционные сверхрешетки, легированные сверхрешетки.
31. Электрические и гальваномагнитные явления в двумерных структурах. Квантовый эффект Холла.
32. Магнитное поле в веществе. Векторы B и H.
33. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость.
34. Магнитные свойства веществ. Диамагнетизм и парамагнетизм.
35. Закон Кюри и закон Кюри-Вейсса.
36. Парамагнетизм Паули и диамагнетизм Ландау.
37. Понятие об обменном взаимодействии. Обменный интеграл. Ферромагнетизм. Магнитные домены. Магноны. Антиферромагнетизм.

Раздел 7 **Оптические и магнитооптические свойства твердых тел**
38. Коэффициенты поглощения и отражения.
39. Магнитооптические эффекты Фарадея, Фохта и Керра.

40. Нормальный и аномальный скин-эффекты.

***Раздел 8* Сверхпроводимость**

41. Сверхпроводимость. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Вихри Абрикосова. Критический ток.
42. Туннельные эффекты в сверхпроводниках. Эффект Джозефсона.
43. Основные идеи теории Бардина-Купера-Шриффера. Электронные пары. Теория Гинзбурга-Ландау.
44. Неупорядоченные среды. Ближний и дальний порядок. Сильно легированные полупроводники. Закон Мотта.

3.4. Критерии оценивания результата вступительного испытания

Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по балльной системе.

Критерии экспертного анализа и оценки качества знаний на вступительном экзамене по специальной дисциплине за вопросы на билет

Критерий	**Количество баллов**
В ответе отражены основные концепции и теории по данному вопросу, проведен их критический анализ и сопоставление, описанные теоретические положения иллюстрируются практическими примерами и экспериментальными данными. Абитуриентом формулируется и обосновывается собственная точка зрения на заявленные проблемы, материал излагается профессиональным языком с использованием соответствующей системы понятий и терминов	100 - 80
В ответе описываются и сравниваются основные современные концепции и теории по данному вопросу, описанные теоретические положения иллюстрируются практическими примерами, абитуриентом формулируется собственная точка зрения на заявленные проблемы, однако он испытывает затруднения в ее аргументации. Материал излагается профессиональным языком с использованием соответствующей системы понятий и терминов	79 - 59
В ответе отражены лишь некоторые современные концепции и теории по данному вопросу, анализ и сопоставление этих теорий не проводится. Абитуриент испытывает значительные затруднения при	58 - 45

иллюстрации теоретических положений практическими примерами. У абитуриента отсутствует собственная точка зрения на заявленные проблемы. Материал излагается профессиональным языком с использованием соответствующей системы понятий и терминов.	
Ответ не отражает современные концепции и теории по данному вопросу. Абитуриент не может привести практических примеров. Материал излагается языком, без использования терминологий и понятий соответствующей научной области.	44 - 0

• Максимальное количество баллов, полученных за ответы на 3 вопроса, составляет 100 баллов.

• Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания составляет 45 баллов.

4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

4.1. Основная литература

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 2012.
2. Савельев И.В. Курс общей физики: учебное пособие для вузов в 3-х томах. – СПб: Лань. Т.3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, 2011.
3. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. I, II. М.: Мир, 2009.

4.2. Дополнительная литература

1. Гуревич Е.А. Физика конденсированного состояния. – С.-П.: Физматлит, 2005 г.
2. Василевский А.С. Физика твердого тела. Уч. пособие. 2010 г.
3. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 2010.
4. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 2011.
5. Воронов В.К., Подоплелов А.В. Современная физика: Конденсированное состояние. ЛКИ, 2008.
6. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 2009.

4.3 Информационно–справочные системы

1. Российская государственная библиотека - http://www.rsl.ru/
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России -
3. http://www.gpntb.ru/
4. Научная электронная библиотека - http://elibrary.ru/
5. Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО “МГСУ” - http://lib.mgsu.ru/