

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И. КАНТА

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий»
А. В. Юров
« ____ » _____ 2022 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность **1.3.8 «Физика конденсированного состояния»**

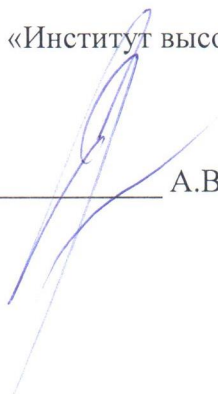
Калининград
2022

Лист согласования

Составитель: д. ф.-м. н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Г. С. Куприянова.

Программа одобрена Ученым советом ОНК «Институт высоких технологий»
Протокол № 1 от «30» сентября 2022 г.

Председатель ученого совета ОНК ИВТ _____ А.В. Юров



Руководитель образовательных программ _____ В. И. Бурмистров



Настоящая программа разработана для поступающих в аспирантуру на научную специальность 1.3.8 «Физика конденсированного состояния».

Абитуриенты, желающие освоить основную образовательную программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния», должны иметь образование не ниже высшего образования (специалитет или магистратура), в том числе образование, полученное в иностранном государстве, признанное в Российской Федерации, и ознакомиться с Правилами приема в Балтийский федеральный университет им. И. Канта на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Целью вступительного испытания является оценка базовых знаний, поступающих в аспирантуру с точки зрения их достаточности для проведения научно-исследовательской деятельности по научной специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния».

Вступительное испытание по специальной дисциплине научной специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния» проводится на русском или английском языке по билетам в устной форме. Экзаменационный билет включает 2 вопроса из предлагаемого перечня, а также собеседование с членами экзаменационной комиссии, в ходе которого абитуриент обосновывает выбор научной специальности, выбор предполагаемого научного руководителя из числа преподавателей и научных работников университета, имеющих право осуществлять научное руководство аспирантами по соответствующей научной специальности, излагает профессиональные планы и цели подготовки и защиты кандидатской диссертации по выбранной научной специальности

Содержание программы

- 1. Структура твердых тел:** кристаллическая решетка, обратная решетка, экспериментальные методы исследования кристаллической структуры (дифракция рентгеновских лучей, рассеяние нейтронов), жидкие кристаллы; точечные дефекты, дислокации, планарные дефекты, объемные дефекты, классификация твердых тел по типу связи, химические и физические типы связи.
- 2. Фазовые равновесия и переходы:** фазовые переходы в физике конденсированного состояния вещества, классификация фазовых переходов, примеры. Структурные фазовые переходы и фазовые превращения, кристаллизация, плавление, фазовые переходы металл-диэлектрик. Термодинамическая теория фазовых переходов в сегнетоэлектриках. Фазовые переходы II рода. Описание перехода ферромагнетик-парамагнетик, точка Кюри.

3. **Динамика кристаллической решетки и тепловые свойства твердых тел:** фононы, фононные спектры (теория и эксперимент), ветви колебаний, взаимодействие фононов, ангармонизм, модели Дебая и Эйнштейна, теплоемкость, тепловое расширение, теплопроводность решетки, методы измерения фононных спектров.
4. **Электронные состояния в кристаллах:** свободные электроны, теорема Блоха, понятие псевдопотенциала, зона Бриллюэна, зонная структура твердых тел, методы экспериментального исследования, циклотронный резонанс, эффект де-Газа-ван-Альфена, аннигиляция позитронов.
5. **Термодинамика и статистика электронов в твердых телах:** распределение Ферми для электронов, плотность состояний, электронная теплоемкость, статистика электронов и дырок в полупроводниках, собственный полупроводник, уровень Ферми, генерация и рекомбинация неравновесных носителей тока.
6. **Зонная структура полупроводников, диэлектриков и полуметаллов:** приближение эффективной массы, динамика электронов и дырок в полупроводниках, полуметаллы, диэлектрики, поляроны, экситоны, контактные явления.
7. **Кинетические свойства твердых тел:** электропроводность, гальваномагнитные (эффект Холла, магнетосопротивление), термоэлектрические явления, термомагнитные явления и термогальваномагнитные явления. Теплопроводность. Закон Видемана-Франца, квантовый эффект Холла.
8. **Диффузия:** атомная диффузия и дрейф, диффузия носителей заряда, соотношения Эйнштейна.
9. **Спектроскопия твердых тел:** явление магнитного резонанса, ядерный магнитный резонанс, условие наблюдения ядерного магнитного резонанса, ЯМР в жидких и твердых телах, спин-спиновая и спин-решеточная релаксация, ядерный квадрупольный резонанс (спин 1 и $3/2$), мессбауровская спектроскопия.
10. **Магнетизм:** орбитальный диамагнетизм и магнетизм свободных электронов, парамагнетизм ионного остова и парамагнетизм Паули, сильные и слабые магнитные поля, кооперативные явления (ферро-, антиферро- и ферримагнитное упорядочение), атомная и доменная магнитная структура, стенки Блоха и Нееля, спиновые волны, размерные эффекты (тонкие магнитные пленки, цилиндрические магнитные домены), процессы перемагничивания, эффект Баркгаузена, спиновые стекла.
11. **Сверхпроводимость:** основные свойства сверхпроводников, глубина проникновения, длина когерентности, феноменологическая теория Гинзбурга-Ландау, сверхпроводники первого и второго рода, вихревые нити, энергетические щели, куперовские пары, теория Бардина-Купера-Шриффера (БКШ), туннельный эффект Джозефсона, высокотемпературная

сверхпроводимость.

- 12. Сверхтекучесть:** Гелий-3 и гелий-4 - квантовые жидкости и кристаллы, фазовые диаграммы сверхтекучести, элементарные возбуждения, бозе-конденсация атомарных газов щелочных металлов.
- 13. Квантовое усиление и генерация света:** вынужденные и спонтанные переходы, коэффициенты Эйнштейна, когерентность света, ширина спектра спонтанного излучения, однородное и неоднородное уширение; активная среда, открытый резонатор, моды, время жизни моды пассивного резонатора, дифракционные потери, типы резонаторов, устойчивость резонатора, гауссовы пучки, условия генерации света, синхронизация мод, модуляция добротности.
- 14. Квантовые генераторы света:** гелий-неоновый лазер, CO₂- лазер, рубиновый лазер, неодимовый лазер, полупроводниковые лазеры, зоны разрешенных состояний, рекомбинационное сечение, уровень Ферми, квазиуровень Ферми, условие инверсии.
- 15. Оптические эффекты и модуляторы света:** электрооптические эффекты в кристаллах, линейный и квадратичный электрооптический эффект, электрооптические модуляторы, акустооптический эффект, режимы дифракции Рамана и Брегга, акустооптические модуляторы, магнитооптические эффекты.
- 16. Нелинейная оптика, параметрические процессы:** нелинейные восприимчивости, классификация нелинейно-оптических эффектов, генерация оптических гармоник, пространственный синхронизм, методы создания фазового синхронизма, генерация второй и третьей гармоники, параметрические взаимодействия, вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
- 17. Нелинейная геометрическая оптика:** нелинейное параболическое уравнение, устойчивость плоской волны в нелинейной среде, пространственные солитоны, самофокусировка и самоканализация.
- 18. Когерентные резонансные процессы:** оптический резонанс и двухуровневая система, когерентные переходные процессы (прецессия Раби, оптические нутации, затухание свободной индукции), фотонное эхо, когерентные переходные процессы при двухфотонном резонансе, сверхфлуоресценция, распространение ультракороткого импульса в усиливающей среде, самоиндуцированная прозрачность, распространение импульса света в условиях адиабатического следования.

Критерии оценивания уровня знаний

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по 100-бальной шкале. Максимальный балл за ответ на экзаменационный билет – 100. Минимальный балл, соответствующий положительной оценке – 50.

86-100 баллов выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике. Экзаменуемый показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание основного и дополнительного материала, усвоил рекомендованную литературу; может объяснить взаимосвязь основных понятий; проявляет творческие способности в понимании и изложении материала. В ходе собеседования устанавливается высокая степень мотивированности к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры, наличие научного задела по теме планируемого исследования, участия в исследовательских проектах, научных грантах, студенческих конкурсах.

66-85 баллов выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Экзаменуемый показывает достаточный уровень знаний в пределах основного материала; усвоил литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий при дополнительных вопросах экзаменатора. Допускает несущественные погрешности в ответах. В ходе собеседования устанавливается высокая степень подготовленности поступающего в аспирантуру к проведению самостоятельных научных исследований по выбранной научной специальности и мотивированности к подготовке кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры и ее защите.

50-65 баллов выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Экзаменуемый показывает знания основного материала в минимальном объеме, знаком с литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные

погрешности в ответах, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством экзаменатора. В ходе собеседования устанавливается низкая степень подготовленности поступающего в аспирантуру к проведению самостоятельных научных исследований (в том числе на основании анализа представленных индивидуальных достижений) по выбранной научной специальности; мотивация к подготовке кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры низкая или совсем отсутствует

0-49 баллов выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний. Экзаменуемый показывает пробелы в знаниях основного материала, допускает принципиальные ошибки в ответах, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки самостоятельно.

Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. Тимофеев В.Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур. - М.: Физматлит, 2011. - 18БК 978-5-9221-1313-7.
2. Делоне, Н. Б. Основы физики конденсированного вещества/ Н. Б. Делоне. - М.: Физматлит, 2011. - 233 с.
3. Румянцев, А. В. Введение в физику конденсированного состояния вещества/ А. В. Румянцев; Балт. федер. ун-т им. И. Канта. - Калининград: БФУ им. И. Канта, 2012. - 117.

Дополнительная литература

1. Андриевский, Р. А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы/ Р. А. Андриевский . - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2012. - 251 с
2. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учеб. пособие для вузов/ под ред. А. С. Сигова. - 2-е изд., перераб. и доп.. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2013. - 184 с. (1 шт.)