Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра естественнонаучных дисциплин им. проф. В.М. Финкеля

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ М.В. Темлянцев
подпись
«09» сентября 2022 г.

ПРОГРАММА
кандидатского экзамена по специальной дисциплине

1.3.8 Физика конденсированного состояния

по физико-математическим и техническим наукам

Новокузнецк
2022

1 Цель кандидатского экзамена

Целью кандидатского экзамена по специальной дисциплине является оценка степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по научной специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния и отраслям наук физико-математические и технические, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

2 Объем и содержание кандидатского экзамена

Объем кандидатского экзамена

	ИТОГО
Трудоёмкость, *академ. час.*	***29***
Лекции, *академ. час.*	***0***
в форме практической подготовки	***0***
Лабораторные работы, *академ. час.*	***0***
в форме практической подготовки	***0***
Практические занятия, *академ. час.*	***0***
в форме практической подготовки	***0***
Консультации, *академ. час.*	***10***
в форме практической подготовки	***0***
Самостоятельная работа, *академ. час.*	***10***
в форме практической подготовки	***0***
Контроль, *академ. час.*	***9***
в форме практической подготовки	***0***

Содержание кандидатского экзамена

Тема 1. Электронная структура атомов. Кристаллические и аморфные твердые тела.

Тема 2. Дефекты кристаллического строения и их влияние на свойства твердых тел.

Тема 3. Дифракция в кристаллах.

Тема 4. Колебания кристаллической решетки.

Тема 5. Тепловые свойства твердых тел.

Тема 6. Электронные свойства твердых тел. Электронные свойства твердых тел. Основные экспериментальные факты. Основы классической теории. Основные приближения зонной теории. Приближение сильно связанных электронов. Приближение почти свободных электронов.

Тема 7. Эффекты взаимодействия электронов при движении в кристаллической решетке. Сверхпроводимость.

Тема 8. Магнитные свойства твердых тел. Применение резонансных методов для исследования структуры твердых тел.

Тема 9. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел. Экситоны. Твердотельные и полупроводниковые лазеры. Фотоника.

3 Форма проведения кандидатского экзамена, оценочные средства, шкала и критерии оценивания

Кандидатский экзамен проводится в *устной* форме, по билетам. Экзаменационный билет включает в себя *2 вопроса* и беседу по теме диссертационного исследования.

Оценивание результатов кандидатского экзамена осуществляется на основе следующей оценочной шкалы:

Оценивание на кандидатском экзамене

Требования к знаниям	Оценка
Оценка «отлично» выставляется прикрепленному лицу, если он демонстрирует глубокое знание теоретических основ и принципов, базовых понятий, уверенно иллюстрирует теоретические положения обоснованными примерами, свободно владеет понятийным аппаратом и умеет быть корректным в употреблении терминологии; использует различные операции логического вывода: анализ, синтез, обобщение, сравнение и др., свободно выстраивает аргументацию; демонстрирует высокую культуру речи, соблюдая стилистические нормы оформления речи.	отлично
Оценка «хорошо» выставляется прикрепленному лицу, если он достаточно хорошо владеет знаниями теоретических основ и принципов, базовых понятий, иллюстрирует ответ немногочисленными конкретными примерами, испытывая затруднения при их подборе, достаточно хорошо владеет профессиональной терминологией, в случае ошибки в употреблении термина способен исправить ее сам; предъявляет достаточной стройный, лаконичный и четкий ответ, но допускает незначительные ошибки при аргументировании своей позиции; демонстрирует достаточно грамотную речь, в целом соблюдая стилистические нормы оформления речи.	хорошо
Оценка «удовлетворительно» выставляется прикрепленному лицу, если он затрудняется с изложением теории, поверхностно ориентируется в базовых понятиях, может подкрепить теоретические положения примерами только после наводящих вопросов, допуская при этом ошибки, слабо владеет профессиональной терминологией, допускает неточности в интерпретации понятий и определений в данной предметной области; демонстрирует недостаточную аргументацию, нарушает логику изложения; в речи допускает ошибки лексического, фразеологического и стилистического характера.	удовлетворительно
Оценка «неудовлетворительно» выставляется прикрепленному лицу, если он не понимает поставленной проблемы, не знает теоретических основ и принципов, которые используются в данной области; демонстрирует неумение проиллюстрировать теоретические положения практическими примерами; не владеет профессиональной	неудовлетворительно

Требования к знаниям	Оценка
терминологией, демонстрирует отсутствие аргументации, грубые ошибки логического вывода; демонстрирует фрагментарную речь, которая изобилует паузами и стилистическими ошибками.	

Вопросы к кандидатскому экзамену приведены в приложении.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение кандидатского экзамена

а) литература:

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., Наука, 1978.
2. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела, тт. I и II. М., Мир, 1979.
3. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М., Мир, 1969.
4. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М: Мир, 1974.
5. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000.
6. Вонсовский С.В. Магнетизм. М., Наука, 1971.
7. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М:, Наука, 1979 г.
8. В.В.Шмидт «Введение в физику сверхпроводимости». МЦ НМО, Москва, 2000

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Консультант студента. Электронная библиотека технического ВУЗа : электронно-библиотечная система / ООО «Политехресурс». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Инженерно-технические науки»] / ООО «Издательство Лань». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке.

4 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство Юрайт». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

5 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL:

http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение: 7-Zip, ABBYY FineReader 11, Kaspersky Endpoint Security, Microsoft Office 2007, Microsoft Office 2010, Microsoft Windows 7, ProjectLibre, Сервис поиска текстовых заимствований Руконтекст, Система Гарант.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.

2 Система ГАРАНТ : электронный периодический справочник / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

4 Электронный реферативный журнал (ЭлРЖ) : база данных / ВИНИТИ РАН. – Москва, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.

5 Материально-техническое обеспечение кандидатского экзамена

Материально-техническое обеспечение кандидатского экзамена включает учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Составитель:

Зав. кафедрой естественнонаучных дисциплин им. проф. В.М. Финкеля, д.ф.-м.н., профессор		_____ В.Е. Громов
должность, уч. степень, уч. звание	подпись	инициалы, фамилия

Программа кандидатского экзамена рассмотрена и утверждена на заседании кафедры естественнонаучных дисциплин им. проф. В.М. Финкеля, протокол № 1 от «31» августа 2022 г.

Согласована: д.х.н., проф., профессор кафедры естественнонаучных дисциплин КГПИ КемГУ		_ Ф.И. Иванов
должность, степень, звание специалиста в соответствующей области науки	подпись	инициалы, фамилия

Приложение

Вопросы к кандидатскому экзамену

Теоретические вопросы

1. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: Ван дер Ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.
2. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием.
3. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита $CaTiO_3$.
4. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена.
5. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.
6. Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца. Решетка Браве.
7. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле.
8. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.
9. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле.
10. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.
11. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Равновесная концентрация вакансий.
12. Механизмы диффузии в кристаллах. Законы Фика. Коэффициенты диффузии. Движущая сила диффузии.
13. Восходящая диффузия. Самодиффузия. Взаимная диффузия.
14. Суперионная проводимость. Соотношение Эйнштейна.
15. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации. Вектор Бюргерса. Энергия дислокаций.
16. Плотность дислокаций. Стенки дислокаций. Переползание дислокаций.
17. Скольжение дислокаций. Барьер Пайерлса. Закон Холла - Петча.
18. Двойники. Двойникование. Скольжение и двойникование как механизмы пластической деформации.
19. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле.

20. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы.

21. Дифракция в аморфных веществах.

22. Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания.

23. Квантование колебаний кристаллической решетки. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

24. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.

25. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.

26. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.

27. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.

28. Теплопроводность решетки и электронная теплопроводность. Закон Видемана – Франца.

29. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоэдс, фотопроводимость, оптическое поглощение.

30. Трудности объяснения электронных свойств твердых тел на основе классической теории Друде.

31. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна.

32. Энергетические зоны. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии. Приближение сильно связанных электронов.

33. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии.

34. Тензор обратных эффективных масс. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.

35. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

36. Эффекты взаимодействия электронов при движении в кристаллической решетке

37. Уравнения Хартри — Фока. Теория Ферми-жидкости Ландау.

38. Сверхпроводимость. Критическая температура. Теория Бардина-Купера-Шриффера. Эффект Джозефсона.

39. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства.

40. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.

41. Теория Гинзбурга-Ландау.

42. Вихри Абрикосова.
43. Глубина проникновения магнитного поля в образец.
44. Высокотемпературная сверхпроводимость.
45. Орбитальная магнитная восприимчивость.
46. Спиновый парамагнетизм.
47. Квантовомеханическая теория парамагнетизма по Паули.
48. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
49. Природа ферромагнетизма. Ферромагнетизм зонных электронов. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
50. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля)
51. Магнитные примеси. Антиферромагнетизм. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков.
52. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
53. Спиновые волны, магноны.
54. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс.
55. Ядерный магнитный резонанс.
56. Эффект Мессбауэра.
57. Применение резонансных методов для исследования структуры твердых тел.
58. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Соотношения Крамерса-Кронига.
59. Коэффициенты поглощения и отражения.
60. Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.
61. Поглощение света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой).
62. Экситоны.
63. Центры окраски и принцип Франка — Кондона.
64. Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
65. Магнитооптические эффекты. Эффект Фарадея.
66. Эффект Коттона — Мутона (эффект Фохта).
67. Эффект Керра.
68. Твердотельные и полупроводниковые лазеры.
69. Фотонные кристаллы.
70. Фотоника.

Вопросы по теме диссертационного исследования

1. Перечислите основные причины выбора темы диссертации?
2. В чем заключается актуальность диссертационного исследования?
3. Практическая значимость диссертационного исследования?
4. Научная значимость диссертационного исследования?
5. В чем заключается новизна работы?
6. Какие методы исследования использовались в диссертационном исследовании?
7. Область применения результатов диссертационного исследования?