Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

Кафедра естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М.Финкеля

УТВЕРЖДАЮ
Директор института
педагогического образования
_____ И.В. Шимлина
подпись
«____» _____ 20___ г.

ПРОГРАММА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине - Физика конденсированного состояния

1.3.8 «Физика конденсированного состояния»

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: 1daa7a548d65aeb8d120ee36e7fcd7c0420cb397
Владелец: Директор ИПО Шимлина Инна Владимировна
Действителен: с 18 апреля 2024 г. по 12 июля 2025 г.
Дата и время: 27-06-2025 12:02:03 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цель экзамена по учебной дисциплине

Целью экзамена по учебной дисциплине является оценивание результатов освоения аспирантами учебной дисциплины.

2 Планируемые результаты освоения учебной дисциплины

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на достижение следующих **образовательных результатов**:

Код и наименование ОР3	Планируемые результаты обучения
ОР3: использует современные методы для решения научно-исследовательских задач в области физики конденсированного состояния	– знать: особенности квантово-механического описания квазичастичных возбуждений в конденсированных средах, основные термодинамические и кинетические характеристики, модели коллективных и связанных состояний и их возбуждений в твердых телах, современные направления исследований по физике конденсированного состояния. – уметь: применять современные методы теории конденсированного состояния к решению задач, уметь выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи, использовать полученные знания при решении профессиональных задач, связанных со свойствами конденсированного состояния.

3 Объем и содержание экзамена по учебной дисциплине

Объем экзамена по учебной дисциплине

Семестр / курс		***ИТОГО***	***7 семестр***
Трудоёмкость	*академ. час.*	***18***	*18*
Лекции, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***18***	*18*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание экзамена по учебной дисциплине

Раздел 1 Силы связи в твердых телах;
Раздел 2 Симметрия твердых тел;
Раздел 3 Дефекты в твердых телах;
Раздел 4 Дифракция в кристаллах;
Раздел 5 Колебания решетки;
Раздел 6 Тепловые свойства твердых тел;
Раздел 7 Электронные свойства твердых тел;
Раздел 8 Магнитные свойства твердых тел;
Раздел 9 Оптические и магнитооптические свойства твердых тел;
Раздел 10 Сверхпроводимость.

4 Форма проведения экзамена по учебной дисциплине, оценочные средства, шкала и критерии оценивания

1. **Форма проведения экзамена по учебной дисциплине, оценочные средства, шкала и критерии оценивания**

Экзамен по учебной дисциплине проводится в устной форме, по билетам. Экзаменационный билет включает в себя 2 вопроса и беседу по теме диссертационного исследования позволяющей оценить результаты освоения учебной дисциплины.
Оценивание результатов освоения учебной дисциплины осуществляется на основе следующей оценочной шкалы:

Оценивание аспирантов на экзамене

Требования к знаниям	Оценка
Оценка «отлично» выставляется аспиранту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, владеет приемами выполнения практических задач по формированию образовательных результатов.	отлично
Оценка «хорошо» выставляется аспиранту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	хорошо
Оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с	удовлетворительно

практикой.	
Требования к знаниям	Оценка
Оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится аспирантам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.	неудовлетворительно

Вопросы к экзамену по учебной дисциплине приведены в приложении.

2. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: Ван дер Ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.
3. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием.
4. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO3.
5. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена.
6. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.
7. Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца. Решетка Браве.
8. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле.
9. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.
10. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции
11. (преобразования) симметрии. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле.
12. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.
13. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Равновесная концентрация вакансий.
14. Механизмы диффузии в кристаллах. Законы Фика. Коэффициенты диффузии. Движущая сила диффузии.
15. Восходящая диффузия. Самодиффузия. Взаимная диффузия.
16. Суперионная проводимость. Соотношение Эйнштейна.
17. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации. Вектор Бюргерса. Энергия дислокаций.
18. Плотность дислокаций. Стенки дислокаций. Переползание дислокаций.
19. Скольжение дислокаций. Барьер Пайерлса. Закон Холла - Петча.
20. Двойники. Двойникование. Скольжение и двойникование как механизмы пластической деформации.
21. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле.
22. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы.
23. Дифракция в аморфных веществах.
24. Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания.
25. Квантование колебаний кристаллической решетки. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

26. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
27. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.
28. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
29. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.
30. Теплопроводность решетки и электронная теплопроводность. Закон Видемана – Франца.
31. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоэдс, фотопроводимость, оптическое поглощение.
32. Трудности объяснения электронных свойств твердых тел на основе классической теории Друде.
33. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна.
34. Энергетические зоны. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии. Приближение сильно связанных электронов.
35. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии.
36. Тензор обратных эффективных масс. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.
37. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.
38. Эффекты взаимодействия электронов при движении в кристаллической решетке
39. Уравнения Хартри — Фока. Теория Ферми-жидкости Ландау.
40. Сверхпроводимость. Критическая температура. Теория Бардина-Купера-Шриффера. Эффект Джозефсона.
41. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства.
42. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток. 41. Теория Гинзбурга-Ландау.
43. Вихри Абрикосова.
44. Глубина проникновения магнитного поля в образец.
45. Высокотемпературная сверхпроводимость.
46. Орбитальная магнитная восприимчивость.
47. Спиновый парамагнетизм.
48. Квантовомеханическая теория парамагнетизма по Паули.
49. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса.

50. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.

51. Природа ферромагнетизма. Ферромагнетизм зонных электронов. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль

52. обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.

53. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов.

54. Доменные границы (Блоха, Нееля)

55. Магнитные примеси. Антиферромагнетизм. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков.
56. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
57. Спиновые волны, магноны.
58. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс.
59. Ядерный магнитный резонанс.
60. Эффект Мессбауэра.
61. Применение резонансных методов для исследования структуры твердых тел.
62. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Соотношения Крамерса-Кронига.
63. Коэффициенты поглощения и отражения.
64. Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.
65. Поглощение света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). 62.

66. Экситоны.

67. Центры окраски и принцип Франка — Кондона.

68. Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
69. Магнитооптические эффекты. Эффект Фарадея.
70. Эффект Коттона — Мутона (эффект Фохта).
71. Эффект Керра.
72. Твердотельные и полупроводниковые лазеры.
73. Фотонные кристаллы.
74. Фотоника.

Задачи к экзамену по учебной дисциплине для промежуточной аттестации

63. Перечислите основные причины выбора темы диссертации?
64. В чем заключается актуальность диссертационного исследования?
65. Практическая значимость диссертационного исследования?
66. Научная значимость диссертационного исследования?
67. В чем заключается новизна работы?
68. Какие методы исследования использовались в диссертационном исследовании?
69. Область применения результатов диссертационного исследования?

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение экзамена по учебной дисциплине

а) литература:

1 Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела : пер. с англ. / Ч. Киттель. - Москва : Наука, 1978. - 791 с.;

2 Уэрт, Ч. Физика твердого тела : пер.с англ. / Ч. Уэрт ; под ред. С. В.Тябликова. - 2-е изд. - Москва : Мир, 1969. - 558 с.;

3 Вонсовский, С.В. Магнетизм. Магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков : монография / С.В. Вонсовский. - Москва : Наука, 1971. - 1032 с. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483412 (дата обращения: 25.06.2025);

4 Займан, Д. Принципы теории твердого тела / Д. Займан ; под ред. Бонч-Бруевич В. Л. ; пер. с англ. П. Е. Зильберман, А. Г. Миронова, И. П. Звягина. – изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Мир, 1974. – 469 с. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483413 (дата обращения: 25.06.2025);

5 Павлов, П.В. Физика твердого тела. / П.В.Павлов, А.Ф. Хохлов. - Москва : Высшая школа, 1985. - 384 с.;

6 Бонч-Бруевич, В. Л. Физика полупроводников / В. Л. Бонч-Бруевич В. Л., С. Г. Калашников. – Москва : Наука, 1977. – 671 с. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483346 (дата обращения: 25.06.2025).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Не задана.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– Сервис поиска текстовых заимствований Руконтекст.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

Не задана.

6 Материально-техническое обеспечение экзамена по учебной дисциплине

Материально-техническое обеспечение 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.

Программа промежуточной аттестации по учебной дисциплине составлена в соответствии с **федеральными государственными требованиями** к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Составитель(и):

заведующий кафедрой Громов Виктор Евгеньевич (кафедра естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М.Финкеля).

Программа промежуточной аттестации по учебной дисциплине составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. No 951.

Согласована:

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