

РАЗРАБОТАНА
Научно-образовательным центром
функциональных магнитных материалов

РАССМОТРЕНА
на заседании кафедры материаловедения
и технологии сварки
03 февраля 2022 г., протокол №6

УТВЕРЖДЕНА
Ученым советом Факультета физики,
математики и инженерных технологий
10 февраля 2022 г., протокол №8

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

для поступающих на обучение по образовательной программе
высшего образования – программе подготовки научных и научно-
педагогических кадров в аспирантуре в 2022 году

Специальность 1.3.8. Физика конденсированного состояния

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа вступительного испытания по специальности «Физика конденсированного состояния» охватывает базовые представления о строении и свойствах конденсированных сред, а также ряд специальных разделов современной физики твердого тела, из большого многообразия которых, с учетом развиваемых в АГУ приоритетных направлений, выбраны вопросы, связанные с физикой и методами получения магнитоупорядоченных сред.

При сдаче вступительного испытания поступающий должен обнаружить:

- понимание принципов теории конденсированных сред; владение основами математических методов описания структуры, состояния и свойств твердых тел;
- знание основных понятий, явлений и законов, относящихся к данной области науки; знание методов получения и исследования структуры и свойств кристаллов;
- владение представлениями о взаимосвязи «состав–структура–свойства–функции» ряда широко применяемых ферро- и ферримагнитных сред;
- понимание связи физики конденсированного состояния с другими науками, техникой, производством.

Библиографический список (основная литература)

1. Ю.А. Байков, В.М.Кузнецов. Физика конденсированного состояния. – Бином. Лаборатория знаний, 2011, 2015. – 296 с.
2. Н.Б. Делоне. Основы физики конденсированного вещества. – М.: Физматлит, 2011. – 236 с.
3. Г.И. Епифанов. Физика твердого тела. – М.: Лань, 2010. – 288 с.
4. Р.В. Лобзова. Кристаллография. – М.: изд-во РУДН, 2008. – 64 с.
5. Я.Г. Дорфман. Магнитные свойства и строение вещества. – ЛКИ, 2010. – 378 с.
6. Е.С. Боровик, А.С. Мильнер, В.В. Еременко. Лекции по магнетизму. – М.: Физматлит, 2005. – 512 с.
7. Л.М. Летюк, В.Г. Костишин, А.В. Гончар. Технология ферритовых материалов магнитоэлектроники. – М.: МИСиС, 2005. - 352 с.
8. И.П. Суздаев. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: Либроком, 2009. – 592 с.
9. В.К. Карпасюк, А.М. Смирнов. Зондирующие методы исследований в материаловедении: Учебное пособие. – Астрахань: Изд. Сорокин Р.В., 2014. – 216 с.
10. Р.Ф. Эгертон. Физические принципы электронной микроскопии. – М.: Техносфера, 2010. – 304 с.
11. В.А. Батаев, А.А. Батаев, А.П. Алхимов. Методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей. – М.: Изд-во Флинта, Наука, 2007. – 224 с.
12. В.К. Карпасюк, А.Г. Баделин, З.Р. Датская, Д.И. Меркулов. Основы материаловедения перовскитоподобных манганитов: Учебное пособие. Астрахань: Издатель Сорокин Р.В., 2018. – 132 с.

Основные критерии оценивания ответа поступающего в аспирантуру

(уровень знаний поступающего оценивается по пятибалльной системе)

1. Понимание принципов теории конденсированных сред; знание основных понятий, явлений и законов, относящихся к данной области науки.
2. Владение основами математических методов описания структуры, состояния и свойств твердых тел.
3. Знание методов получения и исследования структуры и свойств кристаллов.
4. Владение представлениями о взаимосвязи «состав–структура–свойства–функции» ряда широко применяемых ферро- и ферромагнитных сред.
5. Умение аргументировано отвечать на вопросы, владение современной научно-технической терминологией.
6. Полнота ответа на вопросы программы испытания и дополнительные вопросы членов приемной комиссии.

Соотношение критериев оценивания ответа поступающего в аспирантуру:

– правильные представления, знание основных положений, теоретических и экспериментальных методов, грамотное и полное изложение сущности вопроса, аргументированные ответы на дополнительные вопросы – 5 «отлично»;

– достаточное понимание излагаемого материала, владение терминологией, отдельные неточности и упущения в ответах – 4 «хорошо»;

– знание отдельных положений и фактов, слабая теоретическая база, неуверенная аргументация ответов на вопросы – 3 «удовлетворительно»;

– отсутствие или ошибочность базовых представлений, незнание основных явлений и законов, слабое владение отдельными теоретическими или практическими вопросами – 2 «неудовлетворительно».

Перечень вопросов к вступительному испытанию

1. Классификация твердых тел по типу химической связи. Аморфные, кристаллические и неупорядоченные тела.

2. Пространственная решетка. Базисные векторы. Вектор трансляции. Элементарная ячейка. Символы узлов и кристаллографических направлений. Индексы Миллера.

3. Элементы симметрии кристаллических многогранников. Преобразования симметрии. Точечные и пространственные группы симметрии. Кристаллические системы. Решетки Бравэ.

4. Задачи, решаемые с помощью структурного анализа. Общие черты дифракционного структурного анализа. Особенности дифракции рентгеновских лучей, электронов и нейтронов.

5. Энергетические зоны в кристаллах. Электронные спектры металлов, диэлектриков и полупроводников. Уровень Ферми. Распределение Ферми.

6. Электропроводность металлов. Природа электросопротивления металлов и его зависимость от температуры.

7. Зонная структура, собственная и примесная проводимость полупроводников. Температурная зависимость проводимости полупроводников. Энергия активации проводимости.

8. Сверхпроводимость. Основные опытные факты. Электродинамика сверхпроводников. Элементы микроскопической теории сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.

9. Фазовые превращения в твердых телах. Структурные и электронные превращения. Диаграммы состояния. Правило фаз Гиббса.

10. Механизмы образования и роста кристаллов. Методы выращивания кристаллов.

11. Методы получения тонких пленок. Осаждение пленок из газовой фазы. Жидкофазная эпитаксия.

12. Классификация дефектов структуры. Точечные дефекты. Дислокации. Вектор Бюргерса.

13. Уравнения Максвелла в веществе. Материальные уравнения. Феноменологическая классификация материалов.

14. Типы магнитного упорядочения. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Антиферро- и ферримагнетизм. Примеры антиферро- и ферримагнитных кристаллов.

15. Прямое и косвенное обменное взаимодействие. Диполь-дипольное и спин-орбитальное взаимодействия.

16. Размагничивающие поля. Доменная структура. Структуры с незамкнутым и замкнутым магнитным потоком.

17. Доменные границы Блоха и Нееля. Энергия доменной границы. 180-градусные и 90-градусные границы.

18. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Магниторезистивный эффект.

19. Макроскопические процессы перемагничивания. Смещение доменных границ. Процессы вращения намагниченности.

20. Микроскопические механизмы перемагничивания. Прецессия магнитных моментов. Уравнение Ландау-Лифшица. Учет диссипативных процессов.

21. Составы, структура и свойства феррошпинелей. Общая формула составов. Твердые растворы. Кристаллическая структура. Распределение катионов. Магнитная микроструктура.

22. Составы, структура и свойства перовскитоподобных манганитов. Общая формула составов. Замещения. Кристаллическая структура. Двойное обменное взаимодействие. Магнитные и электрические свойства.

Содержание программы

1. Межатомное и межмолекулярное взаимодействие в конденсированных системах.

Классификация твердых тел по типу химической связи. Аморфные, кристаллические и неупорядоченные тела.

2. Метод кристаллографического индицирования.

Пространственная решетка. Базисные векторы. Вектор трансляции. Элементарная ячейка. Символы узлов и кристаллографических направлений. Индексы Миллера.

3. Симметрия структуры кристаллов.

Элементы симметрии кристаллических многогранников. Преобразования симметрии. Точечные и пространственные группы симметрии. Кристаллические системы. Решетки Бравэ.

4. Основные задачи и методы структурного анализа.

Функции микрораспределений. Задачи, решаемые с помощью структурного анализа. Эмиссионные и зондирующие методы анализа. Общие черты дифракционного структурного анализа. Особенности дифракции рентгеновских лучей, электронов и нейтронов.

5. Электроны в кристаллической решетке. Теорема Блоха. Энергетические зоны в кристаллах. Природа возникновения энергетических зон. Электронные спектры металлов, диэлектриков и полупроводников. Уровень Ферми. Распределение Ферми. Эффективная масса. Электропроводность металлов. Природа электросопротивления металлов и его зависимость от температуры. Зонная структура, собственная и примесная проводимость полупроводников. Температурная зависимость проводимости полупроводников. Энергия активации проводимости.

6. Сверхпроводимость. Основные опытные факты. Электродинамика сверхпроводников. Элементы микроскопической теории сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.

7. Фазовые превращения в твердых телах. Структурные и электронные превращения. Спинодальный распад. Диаграммы состояния. Правило фаз Гиббса. Равновесия «твердое тело–газовая среда».

8. Механизмы образования и роста кристаллов. Методы выращивания кристаллов.

9. Наноструктуры. Параметры, характеризующие наносистему. Особенности физических взаимодействий в наномасштабах. Стратегические направления получения наноструктурированных материалов.

10. Методы получения тонких пленок. Осаждение пленок из газовой фазы. Жидкофазная эпитаксия.

11. Физика реальных кристаллов. Классификация дефектов структуры. Точечные дефекты. Дислокации. Вектор Бюргерса. Движение дислокации. Методы наблюдения дислокаций.

12. Типы магнитного упорядочения. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Антиферро- и ферримагнетизм. Примеры антиферро- и ферримагнитных кристаллов.

13. Основные виды взаимодействий в ферромагнитных кристаллах и их макроскопические проявления.

Прямое и косвенное обменное взаимодействие. Диполь-дипольное и спин-орбитальное взаимодействия. Спонтанная намагниченность. Магнитная анизотропия.

14. Распределение спонтанной намагниченности в кристалле.

Приближение микромагнетизма. Размагничивающие поля. Энергия доменной структуры. Структуры с незамкнутым и замкнутым магнитным потоком.

15. Проблема граничного слоя между доменами.

Границы Блоха и Нееля. Энергия доменной границы. 180-градусные и 90-градусные границы. Динамика доменных границ. Эффективная масса границы.

Коэффициент вязкости и подвижность границы.

16. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Магниторезистивный эффект. Колоссальное и гигантское магнитосопротивление.

17. Макроскопические процессы перемагничивания.

Смещение доменных границ. Процессы вращения намагниченности. Перестройка доменной структуры. Роль дефектов и взаимодействия доменов.

18. Микроскопические механизмы перемагничивания

Прецессия магнитных моментов. Уравнение Ландау-Лифшица. Учет диссипативных процессов. Механизмы релаксации.

19. Составы, структура и свойства феррошпинелей.

Общая формула составов. Твердые растворы. Кристаллическая структура. Распределение катионов. Нормальные и обращенные шпинели. Магнитная микроструктура. Теория Нееля. Основные характеристики ферритов-шпинелей.

20. Составы, структура и свойства перовскитоподобных манганитов.

Общая формула составов. Замещения. Кристаллическая структура. Распределение катионов. Магнитная микроструктура и магнитосопротивление. Основные характеристики перовскитоподобных манганитов.

Рекомендуемая дополнительная литература

1. Б.Е. Винтайкин. Физика твердого тела. – М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 360 с.
2. В.К. Воронов, А.В. Подоплелов. Современная физика: Конденсированное состояние. – М.: изд. ЛКИ, 2008. – 336 с.
3. П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. Физика твердого тела. – М.: Высшая школа, 2000.
4. М.П. Шаскольская. Кристаллография. – М.: Высшая школа, 1976. – 392 с.
5. Ч. Уэрт, Р. Томсон. Физика твердого тела. – М.: Мир, 1969.
6. Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1990.
7. С.С. Горелик, М.Я. Дашевский. Материаловедение полупроводников и диэлектриков. – М.: МИСИС, 2003.
8. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2009. – 336 с.
9. В.В. Шмидт. Введение в физику сверхпроводников. – М.: Наука, 2000.
10. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред. – М.: Физматлит, 2005. – 656 с.
11. С. Тикадзуми. Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества. – М.: Мир, 1983.
12. С.В. Иванов, П.С. Мартышко. Избранные главы физики: Магнетизм, магнитный резонанс, фазовые переходы. – М.: изд. ЛКИ, 2008. – 208 с.
13. М.И. Каганов, В.М. Цукерник. Природа магнетизма. – М.: изд. ЛКИ, 2008. – 194 с.