**РАЗРАБОТАНА**

Научно-образовательным центром функциональных магнитных материалов

**РАССМОТРЕНА**

на заседании кафедры материаловедения и технологии сварки

03.09.2020 г., протокол № 1

**УТВЕРЖДЕНА**

Ученым советом Физико-технического факультета

10.09.2020 г., протокол № 2

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

для поступающих на обучение по образовательным программам

высшего образования – программам подготовки научно-

педагогических кадров в аспирантуре в 2021 году

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия

Направленность (профиль) подготовки Физика конденсированного состояния

Астрахань – 2020

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа вступительного испытания по профилю подготовки «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.Дорфман. Магнитные свойства и строение вещества. – ЛКИ, 2010. –

378 с.

6. Боровик Е.С., Мильнер А.С., Еременко В.В. 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. Суздалев И.П. 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 ферримагнитных 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.Фуллерены, графены и углеродные нанотрубки. Методы получения, строение и свойства.

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

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

14.Уравнения Максвелла в веществе. Намагничение и поляризация. Материальные уравнения. Феноменологическая классификация материалов.

15.Магнитооптические эффекты Фарадея и Керра.

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

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

18. Размагничивающие поля. Доменная структура. Структуры с незамкнутым и

замкнутым магнитным потоком.

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

20.Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Магниторезистивный эффект.

21.Макроскопические процессы перемагничивания. Смещение доменных границ. Процессы вращения намагниченности. Перестройка доменной структуры.

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

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

24.Составы, структура и свойства феррогранатов. Общая формула составов.

Твердые растворы. Кристаллическая структура. Распределение катионов.

Ферримагнетизм гранатов.

25.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.** Фуллерены, графены и углеродные нанотрубки. Методы получения, строение и свойства.

**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. Магнитооптические эффекты**. Эффекты Фарадея и Керра. Особенности поглощения света в ферримагнетиках. Магнитооптическая добротность.

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

**14. 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.

**15. Распределение спонтанной намагниченности в кристалле.**

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

**16. 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.

**17. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла.** Магниторезистивный эффект. Колоссальное и гигантское магнитосопротивление.

**18. Макроскопические процессы перемагничивания.**

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

**19*.* Микроскопические механизмы перемагничивания**

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

**20. 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.

**21. Составы, структура и свойства феррогранатов.**

Общая формула составов. Твердые растворы. Кристаллическая структура. Распределение катионов. Ферримагнетизм гранатов. Основные характеристики

ферритов-гранатов.

**22. 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. Воронов В.К., Подоплелов А.В. 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. Уэрт Ч., Томсон Р. 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. Шмидт В.В. 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. Иванов С.В., Мартышко П.С. Избранные главы физики: Магнетизм,

магнитный резонанс, фазовые переходы. – М.: изд. ЛКИ, 2008. – 208 с.

13. Каганов М. И., Цукерник В. М. Природа магнетизма. – М.: изд. ЛКИ, 2008. -

194 с.\_\_