|  |  |
| --- | --- |
| **РАЗРАБОТАНА**  Центром функциональных магнитных материалов | **УТВЕРЖДЕНА**  Ученым советом Физико-технического факультета  «12» сентября 2018, протокол № 1 |
| **РАССМОТРЕНА**  на заседании кафедры материаловедения и технологии сварки  «07» сентября 2018, протокол № 2 |  |

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

**для поступающих на обучение по образовательным программам**

**высшего образования – программам подготовки научно-**

**педагогических кадров в аспирантуре в 2018 году**

**Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия**

**Профиль подготовки Физика конденсированного состояния**

**Астрахань – 2018**

Пояснительная записка

Поступающие на обучение по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре сдают вступительные испытания в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (уровень специалиста или магистра).

Программа вступительного испытания по профилю подготовки 01.04.07 «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 технологией магнитных материалов и отдельных наноструктурированных сред.

При сдаче вступительного испытания соискатель 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. – 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. Д.В.Сивухин. Общий курс физики. Т.3. Электричество. – М.: Физматлит, 2009.

6. Я.Г.Дорфман. Магнитные свойства и строение вещества. – ЛКИ, 2010. –   
378 с.

7. Боровик Е.С., Мильнер А.С., Еременко В.В. Лекции по магнетизму. - М.: Физматлит, 2005. – 512 с.

8. Л.М.Летюк, В.Г.Костишин, А.В.Гончар. Технология ферритовых материалов магнитоэлектроники. - М.: МИСиС, 2005. - 352 с.

9. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: Либроком, 2009. – 592 с.

10. В.К.Карпасюк, А.М.Смирнов. Зондирующие методы исследований в материаловедении: Учебное пособие. - Астрахань: Изд. Сорокин Р.В., 2014. –   
216 с.

11. Р.Ф. Эгертон. Физические принципы электронной микроскопии. – М.: Техносфера, 2010. – 304 с.

12. 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.

**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 баллов;
* достаточное понимание излагаемого материала, владение терминологией, отдельные неточности и упущения в ответах –   
  4 балла;
* знание отдельных положений и фактов, слабая теоретическая база, неуверенная аргументация ответов на вопросы - 3 балла;
* отсутствие или ошибочность базовых представлений, незнание основных явлений и законов, слабое владение отдельными теоретическими или практическими вопросами – 2 балла.

**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.

1. Элементы симметрии кристаллических многогранников. Преобразования симметрии. Точечные и пространственные группы симметрии. Кристаллические системы. Решетки Бравэ.
2. Задачи, решаемые с помощью структурного анализа. Общие черты дифракционного структурного анализа. Особенности дифракции рентгеновских лучей, электронов и нейтронов.
3. Энергетические зоны в кристаллах. Электронные спектры металлов, диэлектриков и полупроводников. Уровень Ферми. Распределение Ферми.
4. Динамика электронов в кристаллической решетке. Эффективная масса.
5. Электропроводность металлов. Природа электросопротивления металлов и его зависимость от температуры.
6. Зонная структура, собственная и примесная проводимость полупроводников. Температурная зависимость проводимости полупроводников. Энергия активации проводимости.
7. Динамика решетки в гармоническом приближении. Нормальные колебания кристалла. Квантование колебаний, фононы. Температура Дебая.
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. Приближение микромагнетизма. Уравнения Лапласа и Пуассона. 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.

1. **Метод кристаллографического индицирования.**

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

1. **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. Динамика решетки в гармоническом приближении**. Нормальные колебания кристалла. Квантование колебаний, фононы. Температура Дебая. Квантовая теория теплоемкости.

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

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

**9. Механизмы образования и роста кристаллов. Методы выращивания кристаллов.**

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

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

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

**13. Виды материальных сред и их электродинамические параметры**.

Уравнения Максвелла в веществе. Намагничение и поляризация. Материальные уравнения. Свойства сплошных сред с общих позиций электродинамики. Феноменологическая классификация материалов.

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

**15. Типы магнитного упорядочения.**

Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Антиферро- и ферримагнетизм. Геликоидальный магнетизм. Примеры антиферро- и ферримагнитных кристаллов. Другие виды упорядочения.

**16.** **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.

**17. Распределение спонтанной намагниченности в кристалле.**

Приближение микромагнетизма. Метод скалярного потенциала в задачах магнитостатики. Уравнения Лапласа и Пуассона. Размагничивающие поля. Энергия доменной структуры. Структуры с незамкнутым и замкнутым магнитным потоком.

**18. 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.

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

**20.Макроскопические процессы перемагничивания.**

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

**21*.*****Микроскопические механизмы перемагничивания**

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

**22.** **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.

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

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

**24.** **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](http://edurss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=75928&list=61). - 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](http://www.ozon.ru/context/detail/id/3755692/#persons#persons) В. М. Природа магнетизма. – М.: изд. [ЛКИ](http://www.ozon.ru/context/detail/id/3180556/), 2008. - 194 с.