

РАЗРАБОТАНА  
Центром функциональных  
магнитных материалов

05.03.2015, протокол № 2

УТВЕРЖДЕНА  
Ученым советом  
Физико-технического факультета

12.03.2015 г., протокол № 10

## ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

для поступающих на обучение по программам подготовки научно-  
педагогических кадров в аспирантуре в 2015 году

*Направление подготовки*

**03.06.01 Физика и астрономия**

*Профиль подготовки*

**Физика конденсированного состояния**

## 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 ферромагнитных 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. Суздаев 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 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 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.
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. Динамика электронов в кристаллической решетке. Эффективная масса.
7. Электропроводность металлов. Природа электросопротивления металлов и его зависимость от температуры.
8. Зонная структура, собственная и примесная проводимость полупроводников. Температурная зависимость проводимости полупроводников. Энергия активации проводимости.
9. Динамика решетки в гармоническом приближении. Нормальные колебания кристалла. Квантование колебаний, фононы. Температура Дебая.
- 10.Сверхпроводимость. Основные опытные факты. Электродинамика сверхпроводников. Элементы микроскопической теории сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.
- 11.Фазовые превращения в твердых телах. Структурные и электронные превращения. Диаграммы состояния. Правило фаз Гиббса.
- 12.Механизмы образования и роста кристаллов. Методы выращивания кристаллов.
- 13.Фуллерены, графены и углеродные нанотрубки. Методы получения, строение и свойства.
- 14.Методы получения тонких пленок. Осаждение пленок из газовой фазы. Жидкофазная эпитаксия.

15. Классификация дефектов структуры. Точечные дефекты. Дислокации. Вектор Бюргерса.
16. Уравнения Максвелла в веществе. Намагничивание и поляризация. Материальные уравнения. Феноменологическая классификация материалов.
17. Магнитооптические эффекты Фарадея и Керра.
18. Типы магнитного упорядочения. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Антиферро- и ферримагнетизм. Примеры антиферро- и ферримагнитных кристаллов.
19. Прямое и косвенное обменное взаимодействие. Диполь-дипольное и спин-орбитальное взаимодействия.
20. Приближение микромагнетизма. Уравнения Лапласа и Пуассона. Размагничивающие поля. Доменная структура. Структуры с незамкнутым и замкнутым магнитным потоком.
21. Доменные границы Блоха и Нееля. Энергия доменной границы. 180-градусные и 90-градусные границы.
22. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Магниторезистивный эффект.
23. Макроскопические процессы перемагничивания. Смещение доменных границ. Процессы вращения намагниченности. Перестройка доменной структуры.
24. Микроскопические механизмы перемагничивания. Прецессия магнитных моментов. Уравнение Ландау-Лифшица. Учет диссипативных процессов.
25. Составы, структура и свойства феррошпинелей. Общая формула составов. Твердые растворы. Кристаллическая структура. Распределение катионов. Магнитная микроструктура.
26. Составы, структура и свойства феррогранатов. Общая формула составов. Твердые растворы. Кристаллическая структура. Распределение катионов. Ферримагнетизм гранатов.
27. 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 индцирования.**  
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. 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».
- 5. Механизмы образования и роста кристаллов. Методы выращивания кристаллов.**
- 6. Наноструктуры.** Фуллерены, графены и углеродные нанотрубки. Методы получения, строение и свойства.
- 7. Методы получения тонких пленок.** Осаждение пленок из газовой фазы. Жидкофазная эпитаксия.
- 8. Физика реальных кристаллов.** Классификация дефектов структуры. Точечные дефекты. Дислокации. Вектор Бюргерса. Движение дислокации. Методы наблюдения дислокаций.



**9. 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.

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

**16. Типы магнитного упорядочения.**

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

**17. 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.

**18. 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.

**19. 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.

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

**21. Макроскопические процессы перемагничивания.**

Смещение доменных границ. Процессы вращения намагниченности.

Перестройка доменной структуры. Роль дефектов и взаимодействия доменов.

**22. Микроскопические механизмы перемагничивания**

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

**23. 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.

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

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

**25. 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.