

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ИМ. Х.И.АМИРХАНОВА ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО  
ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ФГБУН ИФ ДНЦ РАН)



*[Handwritten signature]*

Утверждаю  
И.о. директора  
А.К. Муртазаев

« 15 » сентября 2014 г.

Протокол Ученого Совета

№ 8 от 15 сентября 2014 г.

ПРОГРАММА ИТОГОВОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ЭКЗАМЕНА

Программа Итогового государственного экзамена составлена на основании федеральных государственных образовательных стандартов к основной образовательной программе высшего образования подготовки научно-педагогических кадров по направлению 03.06.01 – Физика и астрономия, утвержденным приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 г. № 867.

Разработчики программы:

и.о. директора Института физики ДНЦ РАН, д.ф.-м.н., Муртазаев А.К.

в.н.с. Института физики ДНЦ РАН, к.ф.-м.н., Хизриев К.Ш.

## Структура программы государственной итоговой аттестации.

- I. Пояснительная записка
- II. Компетентностная характеристика выпускника аспирантуры
- III. Содержание программы государственного экзамена.
- IV. Литература
- V. Критерии оценивания ответа аспиранта в ходе итогового государственного экзамена

## **I. Пояснительная записка**

Государственная итоговая аттестация, завершающая освоение имеющих государственную аккредитацию основных образовательных программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, является итоговой аттестацией обучающихся в аспирантуре по программам подготовки научно-педагогических кадров.

Государственная итоговая аттестация проводится государственными экзаменационными комиссиями в целях определения соответствия результатов освоения обучающимися основных образовательных программ подготовки научно-педагогических кадров соответствующим требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

К государственной итоговой аттестации допускаются обучающиеся, в полном объеме выполнившие учебный план или индивидуальный учебный план по соответствующим образовательным программам. В соответствии с ФГОС ВО (подготовка кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» в блок «Государственная итоговая аттестация» входит подготовка и сдача государственного экзамена и защита выпускной квалификационной работы, выполненной на основе результатов научно-исследовательской работы. Лицам, успешно прошедшим государственную итоговую аттестацию по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре выдается соответственно диплом об окончании аспирантуры.

## **II. Компетентностная характеристика выпускника аспирантуры по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, профиль подготовки – Физика конденсированного состояния.**

Государственная итоговая аттестация призвана определить степень развития следующих компетенций выпускников аспирантуры:

### ***Универсальные компетенции***

- УК-1 «способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях»;
- УК-2 «способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки»;
- УК-3 «готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач»;
- УК-4 «готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках»;

- УК-5 «способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития».

#### ***Общепрофессиональные компетенции***

- ОПК-1 «способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий»;
- ОПК-2 «готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования».

#### ***Профессиональные компетенции***

- ПК-1 «способность свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач в физике конденсированного состояния»;
- ПК-2 «способность использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности»;
- ПК-3 «способность и готовность применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей»;
- ПК-4 «способность использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности».

### **III. Содержание программы итогового государственного экзамена по направлению 03.06.01 – Физика и астрономия, направленность (профиль) «Физика конденсированного состояния»**

#### **1. Силы связи в твердых телах**

- Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: Ван-дер-Ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.
- Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO<sub>3</sub>.
- Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

## **2. Симметрия твердых тел**

- Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера-Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.
- Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

## **3. Дефекты в твердых телах**

- Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.
- Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

## **4. Дифракция в кристаллах**

- Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
- Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.

## **5. Колебания решетки**

- Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн.
- Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

## **6. Тепловые свойства твердых тел**

- Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
- Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.
- Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.

- Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.
- Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана - Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

## 7. Электронные свойства твердых тел

- Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.
- Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна - Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.
- Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.
- Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.
- Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.
- Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

## 8. Магнитные свойства твердых тел

- Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри-Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
- Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
- Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).
- Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
- Спиновые волны, магноны.
- Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

## 9. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел

- Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига.
- Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
- Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).
- Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

## 10. Сверхпроводимость

- Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.
- Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.
- Эффект Джозефсона.
- Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

## IV. Литература.

### Основная литература

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 2000.
2. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.
3. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1990.
4. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2002.
5. Ч.Киттель. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 2007.
6. Дж. Займан Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 2007.
7. Шаскольская М.П. Кристаллография. М., 2002

### Дополнительная литература

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 2010.
2. П.С.Киреев. Физика полупроводников. М., 2005.
3. Кардона П. Ю. Введение в физику полупроводников. М.: Физматлит, 2002..
4. А. Гойял. Токонесущие ленты второго поколения. М.: ЛКИ, 2009, 431с.
5. Швейкин Г.П., Губанов В.А., Фотиев А.А. и др. Электронная структура и физико-химические свойства высокотемпературных сверхпроводников. М: Наука. 1990.



6. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. М.: Физматлит. 2000.
7. Гинзберг Д.М. Физические свойства высокотемпературных сверхпроводников. М.: Мир, 1990.
8. Хартманн У. Очарование нанотехнологии. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2008.
9. Рыжонков, Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2008.
10. Рамвиди Н.Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры. М.: Физматлит, 2007.
11. Рамвиди Н.Г., Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. М.: Физматлит, 2008.

#### **V. Критерии оценивания ответа аспиранта в ходе итогового государственного экзамена**

| <b>Оценка</b>       | <b>Критерии оценки</b>   |
|---------------------|--|
| «отлично»           | аспирант исчерпывающе, логически и аргументировано излагает материал вопроса, тесно связывает теорию физики конденсированного состояния с практикой; обосновывает собственную точку зрения при анализе конкретной проблемы исследования, грамотно использует методы научной коммуникации, свободно отвечает на поставленные дополнительные вопросы, делает обоснованные выводы   |
| «хорошо»            | аспирант демонстрирует знание базовых положений в области физики конденсированного состояния и организации исследовательской деятельности без использования дополнительного материала; проявляет логичность и доказательность изложения материала, но допускает отдельные неточности при использовании ключевых понятий и способов научной коммуникации; в ответах на дополнительные вопросы имеются незначительные ошибки |
| «удовлетворительно» | аспирант поверхностно раскрывает основные теоретические положения физики конденсированного состояния и организации исследовательской деятельности, у него отсутствует знание специальной терминологии по физике конденсированного состояния и теории научной коммуникации; в усвоении программного материала имеются существенные пробелы, излагаемый материал не системати-   |

|                       |  |
|-----------------------|--|
|                       | зирова́н; выводы недостаточно аргументированы, имеются смысловые и речевые ошибки  |
| «неудовлетворительно» | аспирант допускает фактические ошибки и неточности в области физики конденсированного состояния и организации исследовательской деятельности, у него отсутствует знание специальной терминологии, нарушена логика и последовательность изложения материала; не отвечает на дополнительные вопросы по рассматриваемым темам, не может сформулировать собственную точку зрения по обсуждаемому вопросу |