

РАЗРАБОТАНА  
кафедрой\_электротехники,  
электроники и автоматики  
11 марта 2015г,

УТВЕРЖДЕНА  
Ученым советом физико-  
технического факультета  
12 марта 2015 г

протокол №8

## 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 полупроводников**

**Астрахань – 2015 г.**

## **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).

### **Библиографический список (основная литература)**

1. Василевский А.С. Физика твердого тела. Москва: Дрофа, 2010.
2. Гущин В.С. Элементы физики твердого тела. УГТУ-УПИ. Екатеринбург, 2007.
3. Давыдов А.С. Теория твердого тела. Москва: Дрофа, 2009.
4. Епифанов Г. И. Физика твердого тела: Учебное пособие. 4-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2011.
5. Заглубский А.А., Чернова А.П. Структура и электронные свойства твердых тел. С.-Петербург, 2007.
6. Морозов А.И. Физика твердого тела. Кристаллическая структура. Фононы. Москва, МГИРЭиА, 2006.
7. С. Klingshirn. Semiconductor Optics. Springer, 2007.

### **Основные критерии оценивания ответа поступающего в аспирантуру**

(уровень знаний поступающего оценивается по пятибалльной системе).

На вступительном экзамене перед поступающим в аспирантуру ставится комплексная ситуационная задача.

**При решении комплексной ситуационной задачи можно использовать следующие критерии оценки**

<p>5 «отлично»</p>	<p>-дается комплексная оценка предложенной ситуации; -демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять; - последовательное, правильное выполнение всех заданий; -умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.</p>
<p>4 «хорошо»</p>	<p>-дается комплексная оценка предложенной ситуации; -демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять; - последовательное, правильное выполнение всех заданий; -возможны единичные ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя; -умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.</p>
<p>3 «удовлетворительно»</p>	<p>-затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации; -неполное теоретическое обоснование, требующее наводящих вопросов преподавателя; -выполнение заданий при подсказке преподавателя; - затруднения в формулировке выводов.</p>
<p>2 «неудовлетворительно»</p>	<p>- неправильная оценка предложенной ситуации; -отсутствие теоретического обоснования выполнения заданий.</p>

### **Перечень вопросов к вступительному испытанию**

#### Общие вопросы

1. Законы сохранения импульса, момента импульса, энергии. Их связь с однородностью пространства.
2. Малые колебания системы материальных точек. Свободные колебания. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Явления резонанса.
3. Первое начало термодинамики. Термодинамическое и статистическое определение энтропии. Неравенство Клаузиуса. Второе начало термодинамики.
4. Равновесие фаз. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клайперона - Клаузиуса.
5. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау.
6. Канонический ансамбль. Статистическое определение свободной энергии.
7. Свободная энергия идеального газа. Управление состоянием я и химический

потенциал идеального газа.

8. Термодинамические потенциалы.

9. Явления переноса: вязкость, диффузия, теплопроводимость.

10. Броуновское движение. Случайные блуждания и диффузия броуновских частиц. Случайная сила и уравнение Ланжевена. Уравнение Лиувилля.

11. Основные свойства электронного газа в металлах в приближении свободных электронов. Распределение Ферми-Дирака. Поверхность Ферми.

12. Система уравнений Максвелла для напряженности электрического и индукции магнитного полей в вакууме.

13. Волновое уравнение для электромагнитного поля в вакууме. Плоские монохроматические волны. Поляризация электромагнитных волн.

14. Распространение света в веществе: дисперсия, фазовая и групповая скорости, комплексный показатель преломления.

### Специальный блок

1. Основные типы химических связей в твердых телах: ионные, ковалентные, металлические, ван-дер-Ваальсовы. Понятие об атомных и молекулярных орбиталях. Гибридизация атомных орбиталей.

2. Теорема Блоха и её основные следствия. Волновая функция электронов в идеальных кристаллических структурах. Волновой вектор и квазиимпульс электрона в кристаллической решетке.

3. Зонная модель твердого тела. Формирование энергетических зон и их заполнение электронами. Энергия Ферми. Приближение сильно и слабо связанных электронов.

4. Основные особенности электронных свойств полупроводников. Доноры и акцепторы. Собственная примесная проводимость. Электронные и дырочные полупроводники.

5. Статистика электронов в полупроводниках. Вырожденный и невырожденный электронный газ. Критерий вырождения.

6. Квазичастицы в твердом теле: электроны, дырки, фононы, экситоны, поляроны. Дисперсионные зависимости, эффективная масса электронов и дырок.

7. Зоны Бриллюэна и методы их построения.

8. Межзонные оптические переходы в прямозонных и непрямозонных полупроводниках без учета экситонного эффекта.

9. Межзонные переходы во внешнем поле. Влияние магнитного поля на движение и энергетический спектр электронов и дырок. Уровни Ландау и циклотронный резонанс. Спектр межзонного поглощения в магнитном поле.

10. Экситоны большого радиуса в полупроводниках. Энергия связи и радиус экситона. Экситонное поглощение в прямозонных и непрямозонных полупроводниках.

11. Волновые функции мелких примесей в полупроводниковых кристаллах. Оптические переходы типа примесь-зона в поглощении и люминесценции.

Экситоны, связанные на мелких примесях. Гигантская сила осциллятора перехода в связанное состояние.

12. Основные представления о кристаллических структурах с пониженной размерностью. Изолированные квантовые ямы и сверхрешетки. Системы I и II типов.

13. Электронные и дырочные уровни в изолированной квантовой яме на примере структуры GaAs/AlGaAs. Оптические переходы и правила отбора. Двумерные энергетические зоны и плотность состояний.

14. Экситонные состояния в квантовых ямах. Энергия связи тяжелых и легких экситонов в структуре GaAs/AlGaAs в зависимости от ширины ямы.

15. Электрические, фотоэлектрические и термоэлектрические явления в полупроводниковых гетероструктурах.

16. Эффект Холла в полупроводниковых гетероструктурах с двумерным электронным газом.

#### **Рекомендуемая дополнительная литература**

8. Питер Ю, Мануэль Кардона «Основы физики полупроводников» М., Физматлит, 2002.

9. А.Я. Шик, П.Г. Вакуева, С. Ф. Мусихин. Физика Низкоразмерных систем. СПб. Наука, 2001.

10. В. Л. Бонч-Бруевич, С. Г. Калашников «Физика полупроводников», М.Наука, 1977.

11. Ф. Басани, Дж. Пастори-Парравичини. Электронные состояния и оптические переходы в твердых телах. Москва, Наука, 1982.

12. "Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры." Под ред. Л.Ченг и К.Плог, Москва "Мир", 1989 г.

13. G. Bastard, "Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures". Lcs editions de physique, Les Ulis Cedex, France, 1989.

14. John H. Davies "The physics of low-dimensional semiconductors. An introduction". Cambridge university press, United Kingdom, 1999.