



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

**Утверждаю**

Проректор по учебной работе  
А.И. Вокин

2022 г.



**ПРОГРАММА**

**вступительного испытания для поступающих на обучение по программам  
подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**Научная специальность: 1.3.8 Физика конденсированного состояния**

**Иркутск 2022**

## 1. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### **Кристаллические тела.**

Строение кристаллов. Анизотропия кристаллов. Монокристаллы и поликристаллы. Пространственная решетка. Симметрия кристаллов. Сингонии, Точечные группы. Ячейка Вигнера –Зейтца. Обратная решетка. Зона Бриллюэна. Дефекты в кристаллах. Закон Гука. Упругая и пластическая деформации.

### **Внутренняя энергия тела.**

Первый закон термодинамики. Теплоемкости газов и твердых тел. Адиабатный процесс. Тепловые машины. Принцип действия тепловых двигателей. Цикл Карно. КПД теплового двигателя. Необратимость тепловых процессов. Второй закон термодинамики. Термодинамические величины. Температура. Работа и количество тепла. Первое и второе начала термодинамики. Теорема Нернста. Свободная энергия, химический потенциал, другие термодинамические потенциалы. Фазовые переходы и критические явления. Фазовые переходы второго рода, теория Ландау –Гинзбурга.. Критические индексы. Масштабная инвариантность. Флуктуации в окрестности критической точки.

### **Квантовая физика**

Основные положения квантовой механики. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции. Операторы. Дискретный и непрерывный спектры. Гамильтониан. Стационарные состояния. Гейзенберговское представление. Соотношения неопределенности. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Одномерное движение. Одномерный осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция. Прохождение через потенциальный барьер. . Состояние электронов атома. Уровни энергии. Самосогласованное поле. Тонкая структура темных уровней. Движение в магнитном поле. Идеальный ферми-газ, уравнение состояния и больцмановский предел. Вырожденный электронный газ.

### **Электрические свойства твердых тел**

Диэлектрическая проницаемость. Энергия электрического поля. Диэлектрическая проницаемость Электрическая емкость плоского конденсатора. Поляризация. Сегнетоэлектрики. Пьезо- и пирозлектрические эффекты. Пробой диэлектрика. High-K диэлектрики. Основные положения электронной теории проводимости металлов Сопротивление проводника. Зависимость сопротивления от температуры. Эффект Холла Сверхпроводимость. Эффект Мейснера. Сверхпроводники первого и второго рода Теория Гинзбурга – Ландау- Абрикосова – Ландау. Изотопический эффект. Эффекты Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость. Купраты. Основные положения электронной теории проводимости металлов Сопротивление проводника. Зависимость сопротивления от температуры. Основные виды полупроводников, применяемые в современной электронике и микроэлектронике. Электрическая проводимость полупроводников и ее зависимость от температуры и освещения. Собственная и примесная проводимости полупроводников. Электронно-дырочный переход. Полупроводниковый диод. Вольт-амперная характеристика диода. Биполярный транзистор. МДП–транзистор. Применение полупроводниковых приборов. Интегральные схемы. Аналоговая и цифровая электроники. Уровни Ландау. Квантовый эффект Холла (целочисленный , дробный).

### **Магнитные свойства твердых тел.**

Энергия магнитного поля. Плотность энергии. Магнитное поле. Плотность энергии электромагнитного поля. Виды магнитного упорядочения. Диамагнетики. Парамагнетики. Ферромагнетики. Антиферромагнетики. Теория молекулярного поля. Температура Кюри. Магнитные домены. Доменные границы Блоха и Нееля. Доменные границы с поперечными связями. Оси легкого и трудного намагничивания. Высокоплотная запись информации на магнитных носителях. Эффект гигантского магнитоимпеданса. Эффект гигантского магнитосопротивления.

### **Нанокристаллические материалы**

Фуллерены, углеродные нанотрубки, графен. Особенности строения, свойства, применение. Пористый кремний, пористый алюминий, фотонные кристаллы, фононные кристаллы, плазмонные кристаллы. Метоматериалы. Аэрогель. Цеолиты. Наноантенны. Жидкие кристаллы. Квазикристаллы. Карбид кремния. Политипы. Нитрид галлия. Магнитные аморфные и нанокристаллические материалы. Сплавы типа Finemet. Биологические наноматериалы. Супрамолекулярная химия.

## **2. Рекомендуемая литература и источники**

### **Основная литература**

1. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники -М.: Лаборатория Базовых Знаний, СПб. : Невский Диалект, 2001. - 488 с.
2. Пасынков В.В., Сорокин В. С. Материалы электронной техники - СПб.: Лань, 2004. -368 с.
3. Шука А.А. Электроника - СПб.: БХВ - Петербург, 2005. -799 с.
4. Гуртов В. А. Твердотельная электроника -2-е изд., доп.. -М.: Техносфера, 2005. -407 с.
5. . О Р. Пантелл, Г. Путхоф Основы квантовой электроники М.: «Мир» 1972 - Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика. Под ред. В. И. КоноМ.:Физматлит 2008 309 с
6. А.С. Давыдов Теория твердого тела М.: Наука 1976 637 с  
Суздаев, Игорь Петрович.
- 7 Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев. - 2-е изд., испр. - М. : Либроком, 2009. - 589 с.
- 8.Епифанов, Г. И. Физика твердого тела : учеб. пособие / Г. И. Епифанов. - СПб. : Лань, 2011. - 288 с. :
9. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник - 4-е изд., стер. - СПб. Лань, 2010. - 391 с.
10. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела: Учебное пособие по физике. М., издополнительная литература

### **Дополнительная литература**

1. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела.: Т.1,2, 1979. 824 с.
2. Василевский А.С. Физика твердого тела. Уч. пособие. М. «Дрофа», 2010, 210 с.
3. Епифанов Г.И., Мома Ю.А. Твердотельная электроника. Учебник. М.: Высшая школа, 1986, 304 с.-до «Книга по Требованию», 2012. 789 с

## **3. Форма проведения вступительного испытания**

Экзамен проводится устно по билетам.



#### 4. Перечень вопросов для подготовки к вступительному экзамену

1. Строение кристаллов. Анизотропия кристаллов. Монокристаллы и поликристаллы. Пространственная решетка. Симметрия кристаллов
2. Сингонии. Точечные группы. Ячейка Вигнера –Зейтца. Обратная решетка. Зона Бриллюэна. Дефекты в кристаллах. Закон Гука. Упругая и пластическая деформации.
3. Первый закон термодинамики. Теплоемкости газов и твердых тел. Адиабатный процесс. Тепловые машины. Принцип действия тепловых двигателей. Цикл Карно. КПД теплового двигателя. Необратимость тепловых процессов.
4. Второй закон термодинамики. Термодинамические величины. Температура. Работа и количество тепла. Первое и второе начала термодинамики. Теорема Нернста. Свободная энергия, химический потенциал, другие термодинамические потенциалы.
5. Состояние электронов атома. Уровни энергии. Самосогласованное поле. Тонкая структура тонких уровней. Движение в магнитном поле.
  6. Основные постулаты квантовой механики. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции. Соотношения неопределенности.
  7. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Одномерное движение. Одномерный осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция. Прохождение через потенциальный барьер.
  8. Диэлектрическая проницаемость. Энергия электрического поля. Диэлектрическая проницаемость. Электрическая емкость плоского конденсатора. Поляризация. Сегнетоэлектрики. Пьезо- и пьезоэлектрические эффекты. Пробой диэлектрика. High-K диэлектрики.
  9. Основные положения электронной теории проводимости металлов. Сопротивление проводника. Зависимость сопротивления от температуры. Эффект Холла. Теория возмущений. Возмущения, не зависящие от времени. Периодические возмущения. Квазиклассическая теория возмущений.
  10. Сверхпроводимость. Эффект Мейснера. Сверхпроводники первого и второго рода. Теория Гинзбурга – Ландау- Абрикосова –Горькова. Изотопический эффект. Эффекты Джозефсона.
  11. Теория сверхпроводимости Бардина – Куппера – Шриффера. Купперовские пары
  12. Высокотемпературная сверхпроводимость
  13. Основные положения электронной теории проводимости металлов. Сопротивление проводника. Зависимость сопротивления от температуры..
  14. Основные виды полупроводников, применяемые в современной электронике и микроэлектронике. Электрическая проводимость полупроводников и ее зависимость от температуры и освещения. Собственная и примесная проводимости полупроводников. Электронно-дырочный переход.
  15. Полупроводниковый диод. Вольт-амперная характеристика диода. Биполярный транзистор. МДП–транзистор. Применение полупроводниковых приборов. Интегральные схемы.
  16. Уровни Ландау. Квантовый эффект Холла (целочисленный , дробный).
  17. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.
  18. Законы излучения абсолютно черного тела.
  19. Твердые тела, колебания решетки, взаимодействие электронов с решеткой, фононы и другие квазичастицы. Модель Эйнштейна и модель Дебая теплоемкости твердого тела.
  20. Идеальный ферми-газ, уравнение состояния и больцмановский предел.

- Вырожденный электронный газ и его термодинамика
21. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау- Гинзбурга .Параметры порядка. Флуктуации в окрестности критической точки.
  22. Энергия магнитного поля. Плотность энергии. Магнитное поле. Плотность энергии электромагнитного поля. Виды магнитного упорядочения. Диамагнетики. Парамагнетики. Ферромагнетики. Антиферромагнетики.
  23. Теория молекулярного поля Температура Кюри. Закон Кюри. Закон Кюри – Вейсса.
  24. Магнитные домены. Доменные границы Блоха и Нееля. Доменные границы с поперечными связями. Оси легкого и трудного намагничивания. Процессы смещения доменных границ. Процессы поворота намагниченности. Высокоплотная запись информации на магнитных носителях
  25. Эффект гигантского магнитоимпеданса.
  26. Эффект гигантского магнитосопротивления.
  27. Фуллерены, углеродные нанотрубки, графен. Особенности строения, свойства, применение.
  28. Пористый кремний, пористый алюминий.
  29. Фотонные кристаллы, фононные кристаллы, плазмонные кристаллы.
  30. Метоматериалы
  31. Аэрогель. Цеолиты .
  32. Наноматериалы. Жидкие кристаллы. Квазикристаллы.
  33. Карбид кремния. Политипы. Нитрид галлия.
  34. Магнитные аморфные и нанокристаллические материалы. Сплавы типа Finemet.
  35. Биологические наноматериалы. Супрамолекулярная химия.

Разработчик:

д.ф.-м. н., заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики Гаврилюк А.А.