

Приложение 1.

Вопросы для подготовки к государственному экзамену

Раздел 1. Физика твердого тела

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 CaTiO₃.

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. Основы кристаллофизики

Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле.

Точечные группы симметрии. Стереогрфическая проекция. Элементы симметрии точечных групп, теоремы об их умножении, примеры некоммутативности умножения. Ограничения, накладываемые трансляционной симметрией на порядок поворотных осей. Теорема Эйлера и вытекающие из нее ограничения на сочетания осей симметрии точечных групп.

Кристаллические категории, сингонии и системы (классы). Элементарный параллелепипед, стандартные обозначения и установки. Символы Германа-Могена. Обозначения точечных групп симметрии. Порождающие, координатные и диагональные элементы симметрии. Вывод и описание 32 точечных групп симметрии. Группы Кюри.

Принцип Неймана. Тензоры второго ранга и примеры описываемых ими свойств. Ортогональные преобразования. Свойства матрицы (a_{ij}) ортогонального преобразования. Независимость симметричности, антисимметричности и следа тензора от выбора системы координат. Характеристическая поверхность второго порядка для симметричных тензоров. Зависимость формы и ориентации поверхности от сингонии кристалла. Физические свойства кристалла и геометрические свойства характеристической поверхности: длина радиус-вектора, свойство радиус-вектора и нормали. Приведение к главным осям.

Приведение тензора второго ранга к главным осям путем решения секулярного уравнения и построения окружности Мора. Величина, характеризующая свойство в данном направлении. Пример магнитной восприимчивости порошка из произвольно ориентированных анизотропных зерен.

Понятие механического напряжения. Физический смысл и названия диагональных и недиагональных компонентов тензора напряжений $[\sigma_{ij}]$. Симметричность тензора напряжений. Частные формы тензора напряжений (одноосное напряжение, гидростатическое давление, напряжение чистого сдвига). Доказательство того, что выбором ортогональных осей любое напряжение можно выразить как сумму гидростатического давления и напряжения сдвига (напряжения, нормальные компоненты которого равны нулю).

Полярные и аксиальные векторы. Векторное произведение как пример аксиального вектора. Представление векторного произведения в виде антисимметричного тензора второго ранга. Понятие деформации трехмерного тела. Определение тензора дисторсий $[e_{ij}]$, тензора деформаций $[\varepsilon_{ij}]$ и тензора вращений (вариатора) $[\omega_{ij}]$. Физический смысл и названия компонентов тензоров $[e_{ij}]$ и $[\varepsilon_{ij}]$. Поворот кристалла как целого, задаваемый антисимметричным тензором $[\omega_{ij}]$. Геометрический смысл главных осей тензора деформаций. Объемное расширение в произвольной системе координат. Тепловое расширение.

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. Ферромагнетики. Магнитная структура ферромагнетиков.

Спиновые волны, магноны.

Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

9. 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.

Раздел 2. Физическое материаловедение

1. Строение металлов и сплавов

Основные понятия, используемые при изучении фазовых равновесий: фазы, независимые компоненты, стабильные и метастабильные равновесия. Правило фаз Гиббса и условия его применимости. Т-Р-с фазовые диаграммы. Теорема Палатника и условия ее применимости. Правило фаз Райнза как следствие теоремы Палатника. Правило стыка трех граничных линий на двумерных диаграммах и сечениях диаграмм.

Т-Р диаграммы состояния однокомпонентных систем. Анализ температурной и барической зависимостей энергии Гиббса. Определение переходов I рода. Знаки скачков энтропии и объема переходов I рода при повышении температуры и давления. Соотношение между температурами плавления стабильной и метастабильной фаз. Формула Клапейрона-Клаузиуса. Наклоны линий фазовых переходов вблизи тройной точки. Уравнение Вант-Гоффа и кривизна линии сублимации. Т-Р-V и Т-V диаграммы и Р-V проекции диаграмм с положительным и отрицательным объемным эффектом плавления.

Т-с диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Энергия Гиббса, энтропия и энтальпия смешения твердых растворов. Правило общей касательной к кривым энергии Гиббса для двухфазного равновесия. Правило рычага. Диаграммы типа чечевицы и диаграммы с максимумом и минимумом на кривой плавления для систем с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях. Концентрационные зависимости кривых энергии Гиббса жидкости и твердого раствора

при характерных температурах. Пути кристаллизации (изменение состава и количества жидкой и твердой фаз) образцов с заданным средним химическим составом.

T-c диаграммы состояния двухкомпонентных систем с эвтектическим, перитектическим, монотектическим и метатектическим превращением. Концентрационные зависимости кривых энергии Гиббса жидкости и кристаллических фаз при характерных температурах. Энергия Гиббса слабого раствора и фазовые границы вблизи чистого вещества. Пути кристаллизации и термограммы охлаждения образцов с заданным средним химическим составом.

2. Кристаллическое строение металлов и сплавов и его дефекты

Основные типы кристаллических решеток. Элементарные ячейки. Индексы направлений и плоскостей в кристаллической решетке. Анизотропия свойств кристаллов. Типичные кристаллические решетки металлов. Кристаллографические плоскости и направления с наибольшей плотностью упаковки атомов в кубической и гексагональных решетках.

3. Физические свойства металлов

Электронное строение и физические свойства металлов. Поверхность Ферми и зоны Бриллюэна.

Удельная теплоемкость. Атомная теплоемкость, ее температурная зависимость. Теплоемкость простых и переходных металлов. Теплоемкость электронного газа. Характеристическая температура. Правило Неймана и Коппа для металлических фаз и гетерогенных сплавов. Применение методов калориметрического и термического анализа в металловедении.

Основные методы измерения электрических свойств. Физическая сущность электрической проводимости металлов. Зависимость электрического сопротивления чистых металлов от температуры и давления. Влияние дефектов на электрическое сопротивление металлов. Электрическое сопротивление неупорядоченных и упорядоченных твердых растворов. Концентрационная зависимость электрического сопротивления твердых растворов (правило Маттиссена-Флеминга). Неоднородные твердые растворы (K-состояние). Электрические свойства химических соединений и промежуточных фаз. Электрические свойства гетерогенных сплавов.

Основные виды магнетизма и их признаки. Диа- и парамагнитные металлы, их положение в таблице Менделеева. Закон Кюри-Вейса. Методы измерения пара- и диавосприимчивости. Пара- и диамагнитные свойства металлических фаз и гетерогенных сплавов. Магнитные свойства ферромагнетиков. Кривая намагничивания и цикл магнитного гистерезиса. Понятие о размагничивающем факторе. Основные методы измерения ферромагнитных свойств. Спонтанная намагниченность. Природа обменного взаимодействия. Условие появления ферро- и антиферромагнетизма.

4. Методы исследования и контроля структуры и свойств металлов

Получение рентгеновских лучей. Спектр в рентгеновском диапазоне. Поглощение и рассеяние рентгеновских лучей в веществе. Детектирование ионизирующего излучения.

Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности. Дифракция в аморфных веществах.

Рассеяние свободным электроном. Атомная амплитуда рассеяния. Температурный фактор. Интенсивность рентгеновских рефлексов. Рассеяние одной элементарной ячейкой. Структурная амплитуда. Погасания брегговских отражений.

Обратная решетка. Сфера Эвальда. Основные дифракционные схемы в представлении обратной решетки: метод Лауэ, метод порошка, метод вращения (качания).

Понятие о кинематическом и динамическом приближениях теории дифракции. Первичная и вторичная экстинкция. Идеальный и мозаичный кристалл. Рентгеновская дифракционная микроскопия. Методы изучения совершенных кристаллов.

Основные закономерности взаимодействия пучка электронов с веществом. Упругие и неупругие взаимодействия. Методы растровой электронной микроскопии и просвечивающей электронной микроскопии, область применения.

Оптическая схема просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ), формирование изображения. Дифракционный контраст в ПЭМ. Темнопольное и светлопольное изображения. Общие требования к образцам для ПЭМ. Методы приготовления образцов для ПЭМ.

Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Устройство и принцип работы РЭМ. Детекторы сигналов в РЭМ. Формирование контраста в РЭМ. Основные механизмы образования изображения в РЭМ. Микрорентгеноспектральный анализ.

Основная литература для подготовки:

Физика твердого тела

Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.

Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. I, II. М.: Мир, 1979.

Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М.: Мир, 1969.

Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.

Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 2000.

Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.

Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.

Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2000.

Физическое материаловедение

1. Гуляев А.П. Металловедение: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1986.

2. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1990.
3. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1992.
4. Золотаревский В.С. Механические свойства металлов. М.: Изд-во МИСиС. 1998.

Дополнительная литература

1. Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термическая обработка и рентгенография. М.: Изд-во МИСиС, 1994.
2. Технология термической обработки цветных металлов и сплавов: Учебник для вузов /Б.А. Колачев и др. М.: Металлургия, 1992.
3. Ильин А.А. Механизм и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах. М.: Наука, 1994.
4. Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1980.
5. Я.С.Уманский, Ю.А.Скаков. Физика металлов. М., Металлургия, 1978.
6. А.М.Захаров. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. М., Металлургия, 1978.
7. Шаскольская М.П. Кристаллография. М., Высшая школа, 1983.
8. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М., Металлургия, 1982.
9. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. Физика металлов. Атомное строение металлов и сплавов. М., Атомиздат, 1987.
10. Мирошниченко И.С. Закалка из жидкого состояния. М., Металлургия. 1980.
11. Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. М., Металлургия, 1981.
12. Шульце Г. Металлофизика. М., Мир, 1971, 503 с илл.
13. М.Л.Бернштейн. Структура деформированных металлов. М., Металлургия, 1977.

Приложение 2. Образец титульного листа магистерской диссертации

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

«К защите допущена»

Зав. ОАМ ИФТТ РАН, к.ф.-м. наук,

Симонов С.В. _____

« ____ » _____ 20 __ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему _____

Направление подготовки: 28.04.04 «Наносистемы и наноматериалы»

Квалификация: Магистр

Выполнена:

(ФИО магистранта)

_____ подпись _____

« ____ » _____ 20 __ г.

Научный руководитель:

(должность, степень, фамилия, инициалы)

_____ подпись _____

« ____ » _____ 20 __ г.

Соруководитель (Научный консультант)(при наличии):

(должность, степень, фамилия, инициалы)

_____ подпись _____

« ____ » _____ 20 __ г.

Черноголовка 20 ____

Приложение 3.

Общие требования к оформлению магистерских диссертаций

Общие правила оформления текста

Рекомендуемый объем магистерской диссертации 30-50 страниц, включая таблицы графики, рисунки. Текст печатается на стандартном листе бумаги формата А4. Поля оставляются по всем четырем сторонам печатного листа: левое поле – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – не менее 20 мм. Шрифт Times New Roman, 14 кегль, межстрочный интервал 1,5. Абзацный отступ – 1,27 см. Текст печатается на одной стороне листа. Выравнивание по ширине. Расстояние между заголовками глав и параграфов и текстом составляет один или два интервала. Основные структурные части работы :«Введение», «Главы 1, 2. » и т.д., «Заключение», «Список литературы», «Приложение» начинаются с новой страницы. Названия основных разделов «Введение», «Глава 1, ... Глава 2....» «Заключение», «Список литературы», «Приложение» печатаются по центру строки, без подчеркивания. Точка в конце названия основных разделов не ставится. Подразделы, параграфы, пункты, подпункты на новую страницу не переносятся. Переносы слов в заголовках разделов и подразделов не допускаются.

Весь текст, подписи к рисункам, таблицам и графикам оформляется на русском языке.

Страницы магистерской диссертации с рисунками и приложениями должны иметь сквозную нумерацию. Первой страницей является титульный лист, на котором номер страницы не проставляется. Номер страницы ставится арабскими цифрами в центре нижней части листа.

Магистерская диссертация должна быть переплетена.

Правила написания буквенных аббревиатур

В тексте выпускной квалификационной работы, кроме общепринятых буквенных аббревиатур, могут быть использованы вводимые лично авторами буквенные аббревиатуры, сокращенно обозначающие какие-либо понятия из соответствующих областей знания. При этом первое упоминание таких аббревиатур указывается в круглых скобках после полного наименования, в дальнейшем они употребляются в тексте без расшифровки.

Правила оформления таблиц, рисунков, графиков

Таблицы и рисунки должны иметь названия и порядковую нумерацию (например, табл. 1, рис. 3). Нумерация таблиц и рисунков должна быть сквозной для всего текста магистерской диссертации. Порядковый номер таблицы (арабскими цифрами) проставляется в правом верхнем углу над ее названием. Текст подписей к рисункам и название таблицы может печататься на 1-2 размера шрифта меньше основного текста (Times New Roman, 13-12 кегель)

Правила оформления ссылок на использованные литературные источники

При использовании в работе материалов, заимствованных из литературных источников, цитировании различных авторов, необходимо делать соответствующие ссылки, а в конце работы помещать список использованной литературы. В тексте после используемого заимствованного материала в квадратных скобках приводится номер источника по списку использованной литературы. Нумерация источников используемой литературы – сквозная, в соответствии с приведенным списком литературы.

Правила оформления библиографического списка

Библиографический список использованных источников в Разделе «СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ» должен включать в себя литературные, статистические, патентные, электронные и другие источники, материалы которых использовались при написании магистерской диссертации.

При оформлении библиографического списка указываются все реквизиты книги, статьи, патента и т.п. : фамилия и инициалы автора, название книги, место издания, название издательства и количество страниц. Для статей, опубликованных в периодической печати, следует указывать наименование издания, номер (выпуск, том), год, а также занимаемые страницы. Образец оформления реквизитов источника представлен ниже: Сычев М.С. История Астраханского казачьего войска: учебное пособие – Астрахань: Волга, 2009. – 231 с.

Правила оформления приложений

В приложение не включается список использованной литературы, справочные комментарии и примечания. Приложения оформляются как продолжение выпускной квалификационной работы на ее последних страницах.

Каждое приложение должно начинаться с новой страницы с указанием в правом верхнем углу слова «Приложение» и иметь тематический заголовок. При наличии в работе более одного приложения их следует пронумеровать. Нумерация страниц, на которых даются приложения, должна быть сквозной и продолжать общую нумерацию страниц основного текста. Связь основного текста с приложениями осуществляется через ссылки, которые употребляются со словом «смотри», оно обычно сокращается и заключается вместе с шифром в круглые скобки по форме. Отражение приложения в оглавлении работы делается в виде самостоятельной рубрики с полным названием каждого приложения.