

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ имени М.Н. Михеева
Уральского отделения Российской академии наук

СОГЛАСОВАНО
зам. директора института
по научной работе
доктор физ.-мат. наук

УТВЕРЖДАЮ
Директор института
академик РАН



 Н.В. Мушников

 М.А. Коротин

« 02 »  2025 г.

« 01 »  2025 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по специальности
1.3.8. Физика конденсированного состояния
по физико-математическим наукам

Специализация: **Физические свойства интерметаллических соединений**

Екатеринбург
2025

1. Общие сведения

Фазовые превращения в металлах и сплавах. Кристаллизация. Рост кристаллов при затвердевании жидких металлов. Неравновесные формы роста. Термическое и концентрационное переохлаждение. Анизотропия скорости роста. Структура слитка. Ликвация. Методы получения монокристаллов (метод Чохральского, Бриджмена, зонной плавки). Структура кристаллических и аморфных твердых тел. Мартенситные и полиморфные превращения. Кристаллография и структурный механизм мартенситного превращения.

Литература

1. Лодиз Р., Паркер Р.
Рост монокристаллов / Пер. с англ. под ред. А.А.Чернова и А.Н.Лобачева. - М.: Мир, 1974. - 540 с. :ил. - Библиогр.в конце статей..
2. Современная кристаллография: В 4-х т./ АН СССР.Ин-т кристаллографии им.А.В. Шубникова; Редколл.: Б.К.Вайнштейн и др. - Т.1: Симметрия кристаллов.Методы структурной кристаллографии. - М.: Наука, 1979. - 383с.с ил.
3. Современная кристаллография: В 4-х т./ АН СССР.Ин-т кристаллографии им. А.В.Шубникова; Редколл.: Б.К.Вайнштейн и др. - Т.2: Структура кристаллов/ Б.К.Вайнштейн, В.М.Фридкин, В.Л.Инденбом. - М.: Наука, 1979. - 359 с.: ил.
4. Современная кристаллография: В 4-х т./ АН СССР. Ин-т кристаллографии им. А.В.Шубникова; Редколл.: Б.К.Вайнштейн и др. - Т.3: Образование кристаллов / А.А.Чернов, Е.И.Гиваргизов, Х.С.Багдасаров и др. - М.: Наука, 1980. - 407 с.: ил.
5. Современная кристаллография: В 4-х т./ АН СССР.Ин-т кристаллографии им. А.В.Шубникова; Редколл.: Б.К.Вайнштейн и др. - Т.4: Физические свойства кристаллов/ Л.А.Шувалов, А.А.Урусовская, И.С.Желудев и др. - М.: Наука, 1981. - 495с.: ил.
6. Киттель Чарльз
Введение в физику твердого тела/ Пер. с 4-го амер. изд. А.А.Гусева и А.В.Пахнева; Под общ.ред.А.А.Гусева. - М.: Наука, 1978. - 791 с.: ил.
7. Павлов П.В., Хохлов А.Ф.
Физика твердого тела: Учеб. пособие для студентов по

спец."Физика". - М.: Высшая школа, 1985. - 384 с.: ил.

8. **Попов Артемий Александрович**

Теория превращений в твердом состоянии: Учеб.пособие для вузов/ М-во образования и науки РФ ГОУ ВПО "УГТУ - УПИ".

- Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. - 168 с. ISBN 5-321-00446-3

9. **Родионов Дмитрий Петрович, Счастливцев Вадим Михайлович**

Стальные монокристаллы/ РАН.Урал.отд-ние. Ин-т физики

металлов. - Екатеринбург: УрО РАН, 1996. - 274 с.: ил. ISBN 5-7691-0539-9

2. Структура реальных кристаллов

Структурные несовершенства в реальных кристаллах (точечные дефекты, дислокации, субграницы и границы зерен, включения второй фазы). Субмикро- и наноструктурные материалы и методы их получения.

Литература

1. **Андриевский Р.А., Рагуля А.В.**

Наноструктурные материалы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов

651800 "Физ. материаловедение" - Москва : Академия, 2005 (ГУП Сарат. полигр. комб.). - 178, [1] с. : ил., табл.; 21 см. - (Высшее профессиональное образование. Естественные науки); ISBN 5-7695-2034-5 (в пер.)

2. **Гусев Александр Иванович**

Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии.- Изд.2-е, испр.- М.: Физматлит, 2009. - 416с.:ил. ISBN 978-5-9221-0582-8

3. **Имри Йозеф**

Введение в мезоскопическую физику/ Пер.с англ. С.А.Булдагаева, А.С.Иоселевича, А.В.Лебедева и др. - М.: Физматлит, 2002. - 304 с.: ил. ISBN 5-9221-0247-8

4. **Келли А., Гровс Г.**

Кристаллография и дефекты в кристаллах/ Пер. с англ. С.Н.Горина, О.М.Кугаенко и В.С.Савченко; Под ред. М.П.Шаскольской. - М.: Мир, 1974. - 496с.

5. **Кобаяси Н.**
Введение в нанотехнологию/ Пер.с яп.А.В.Хачояна;Под ред. Л.Н.Патрикеева. - М.: БИНОМ.Лаборатория знаний.- 2005. - 134 с.:ил. ISBN 5-94774-218-7
6. **Орлов А.Н.**
Введение в теорию дефектов в кристаллах: Учеб. пособие для вузов по спец. "Физика металлов".- М.: Высшая школа, 1983. - 144 с.: ил.
7. **Валиев Р.З., Александров И. В.**
Объемные наноструктурные металлические материалы: Получение, структура и свойства. - М.: ИКЦ "Академкнига", 2007. - 398 с.: ил.

3. Физические свойства кристаллов и сплавов

Тепловые свойства. Теплоемкость твердых тел. Намагниченность и магнитная 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. Доменная структура ферромагнетика. Электрические свойства. 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.

Литература

1. **Иванов С.В., Мартышко П.С.**
Избранные главы физики : магнетизм, магнитный резонанс, фазовые переходы : курс лекций - Изд. 3-е, доп. - Москва : URSS, сор. 2018. - 204 с. : ил.; 22 см.; ISBN 978-5-9710-5271-5
2. **Шульце Г.**
Металлофизика/ Пер. с нем.А.К.Натансона; Под ред.Я.С.Уманского. - М.: Мир, 1971. - 503с.:ил.
3. **Шмидт, Вадим Васильевич.**
Введение в физику сверхпроводников / Изд. 2., испр. и доп. В.В. Рязановым и М.В. Фейгельманом. – М.: МЦНМО, 2000. - XIII, 397 с. :

ил.; 23 см. - (Современные лекционные курсы).; ISBN 5-900916-68-5

4. **Роуз-Инс А., Родерик Е.**

**Введение в физику сверхпроводимости/ Пер. с англ. Н.И.Гинзбург;
Под ред. В.В.Шмидта. - М.: Мир, 1972. - 272с.**

5. **Квасников, Иридий Александрович.**

**Введение в теорию электропроводности и сверхпроводимости - М.:
URSS : Ленанд, сор. 2009. - 212 с.; 21 см.; ISBN 978-5-397-00314-8**

4. Основы пластической деформации

Деформационное упрочнение. Механизмы пластической деформации моно- и поликристаллов. Роль дислокаций в пластической деформации. Разрушение. Отжиг, полигонизация, рекристаллизация.

Литература

1. **Бернштейн М.Л.,Займовский В.А.**

**Механические свойства металлов: Учебник для вузов по спец.
"Физика металлов" и "Металловедение, оборуд. и технология терм.
обработ. металлов".- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Металлургия, 1979.
- 495 с.: ил.**

2. **Полухин П.И., Горелик С.С., Воронцов В.К.**

**Физические основы пластической деформации: Учеб.пособие для
вузов. - М.: Металлургия, 1982. - 584с.**

3. **Хирт Дж.П.,Лоте И.**

**Теория дислокаций/ Пер.с англ.; Под ред.Э.М.Нагорного и
Ю.А.Осипьяна. - М.: Атомиздат, 1972. - 599с.:ил. - Библиогр.:с.565-
583.**

5. Старение и атомное упорядочение сплавов

Термодинамические теории. Механизм и кинетика. Влияние дефектов кристаллической решетки на процессы старения и упорядочения сплавов. Свойства (физические, механические, термодинамические) упорядочивающихся сплавов и их связь с реальной структурой. Особенности пластической деформации и упрочнения упорядочивающихся сплавов. Интерметаллические соединения.

Литература

1. **Современная кристаллография: В 4-х т./ АН СССР. Ин-т кристаллографии им. А.В. Шубникова; Редколл.: Б.К. Вайнштейн и др. - Т.1: Симметрия кристаллов. Методы структурной кристаллографии. - М.: Наука, 1979. - 383 с. с ил.**
2. **Современная кристаллография: В 4-х т./ АН СССР. Ин-т кристаллографии им. А.В. Шубникова; Редколл.: Б.К. Вайнштейн и др. - Т.2: Структура кристаллов/ Б.К. Вайнштейн, В.М. Фридкин, В.Л. Инденбом. - М.: Наука, 1979. - 359 с.: ил.**
3. **Современная кристаллография: В 4-х т./ АН СССР. Ин-т кристаллографии им. А.В. Шубникова; Редколл.: Б.К. Вайнштейн и др. - Т.3: Образование кристаллов / А.А. Чернов, Е.И. Гиваргизов, Х.С. Багдасаров и др. - М.: Наука, 1980. - 407 с.: ил.**
4. **Современная кристаллография: В 4-х т./ АН СССР. Ин-т кристаллографии им. А.В. Шубникова; Редколл.: Б.К. Вайнштейн и др. - Т.4: Физические свойства кристаллов/ Л.А. Шувалов, А.А. Урусовская, И.С. Желудев и др. - М.: Наука, 1981. - 495 с.: ил.**
5. **Гусев, Александр Иванович.**
Нестехиометрия, беспорядок, ближний и дальний порядок в твердом теле - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 689 с. : ил., табл.; 22 см. - (Фундаментальная и прикладная физика).; ISBN 978-5-9221-0609-2
6. **Кривоглаз М.А., Смирнов А.А.**
Теория упорядочивающихся сплавов.- М.: Физматгиз, 1958. - 388 с.: ил. - Библиогр.: с.381 – 388
7. **Структуры и стабильность упорядоченных фаз / Э. В. Козлов, В. М. Дементьев, Н. М. Кормин, Д. М. Штерн; Том. гос. архит.-строит. акад. - Томск : Изд-во Том. ун-та, 1994. - 244, [1] с. : ил.; 20 см.; ISBN 5-7511-0713-6 : Б. ц.**
8. **Гринберг Б.А., Сюткина В.И.**
Новые методы упрочнения упорядоченных сплавов. - М.: Металлургия, 1985. - 175 с.: ил. - Библиогр. С.16.
9. **Гринберг Б.А., Иванов М.А.**
Интерметаллиды Ni₃Al и TiAl: микроструктура, деформационное поведение / Отв. ред. В.М. Счастливцев. - Екатеринбург: УрО РАН, 2002. - 360 с.: ил.

6. Экспериментальные методы исследования структуры

Основы теории дифракции рентгеновских лучей и электронов совершенными и несовершенными кристаллами. Методы рентгеноструктурного анализа. Электронная просвечивающая и растровая микроскопия. Теория дифракционного контраста на электронно-микроскопическом изображении модулированных, периодических структур, упорядоченных сплавов, кристаллов с дефектами. Структурная и магнитная нейтронография. Атомная силовая микроскопия. Магнитный структурный анализ. Дифференциальный термический анализ. Дилатометрия. Электронная спектроскопия: основы метода и области применения.

Литература

1. Бахтизин Р.З.
2. Сканирующая туннельная микроскопия – новый метод изучения поверхности твердых тел // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т. 6, № 11. С. 1-7. 407 с.: ил. 407 с.: ил.
3. Гинье А.
Рентгенография кристаллов: Теория и практика/ Пер. с франц. Е.Н.Беловой и др.; Под ред. Н.В.Белова. - М.: Физматгиз, 1961. - 604 с.:ил.
4. Горелик С. С.
Рентгенографический и электронно-оптический анализ Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям 550500 - Metallurgy, 651300 - Metallurgy, 651800 - Физ. материаловедение / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев. — 4-е изд., перераб. и доп.. — М. : МИСИС, 2002. — 357,[1] с. ил.; 27. — ISBN 5-87623-096-0.
5. Кривоглаз Михаил Александрович
Дифракция рентгеновских лучей и нейтронов в неидеальных кристаллах.- Киев: Наук.думка, 1983. - 407 с.: ил.
6. Миронов, В. Л.
Основы сканирующей зондовой микроскопии : учебное пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений - Москва : Техносфера, 2009. - 143 с. : цв. ил.; 22 см. - (Мир физики и техники).; ISBN 978-5-94836-236-6
7. Методы исследования материалов: структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий : учеб. пособие / Л. И. Тушинский [и др.]. - М. : Мир , 2004. - 384 с. : ил. - (Учебник для высших учебных заведений). - ISBN 5-03-003572-9

8. **Утевский Лев Маркович**
Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. - М.: Металлургия, 1973. - 583 с.:ил.
9. **Электронная и ионная спектроскопия твердых тел/**
Дж.Маан,В.Спайсер,А.Либш и др.; Под ред.Л.Фирмэнса и др; Пер.с
англ.под ред.В.И. Раховского. - М.: Мир, 1981. - 467 с.: ил.