

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт Проблем машиноведения
Российской академии наук
(ИПМаш РАН)

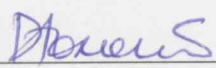
Одобрено на Ученом совете
ИПМаш РАН

Протокол №5/24
«04» июня 2024г.



«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ИПМаш РАН

д.т.н.

 В.А. Полянский
«04» июня 2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ДЕФЕКТОВ»**

Образовательная программа
«Физика конденсированного состояния»

Научная специальность:
1.3.8. Физика конденсированного состояния

Программу разработал: М.Ю. Гуткин

Форма обучения:
очная

Санкт-Петербург
2024

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Введение в теорию дефектов» реализуется в рамках элективной (обязательной) дисциплины основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук (ИПМаш РАН) для аспирантов очной формы обучения по образовательной программе «Физика конденсированного состояния», научные специальности: 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Рабочая программа разработана в соответствии с «Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 № 2122) и «Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов» (утверждены приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации 20.10.2021 № 951), и учебным планом программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по образовательной программе «Физика конденсированного состояния», научные специальности: 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Программа дисциплины «Введение в теорию дефектов» по учебному плану предусматривает: лекции, в том числе аудиторные занятия в интерактивной форме; самостоятельную работу. Текущая аттестация проводится в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой. Промежуточная аттестация осуществляется в период зачетно-экзаменационной сессии в форме экзамена.

Дисциплина «Введение в теорию дефектов» реализуется на втором курсе, продолжительность обучения – 1 семестр. Экзамен проводится в 4 семестре.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Введение в теорию дефектов» проводится с целью формирования у студентов по возможности ясного и наглядного представления о реальной структуре кристаллических тел и об изменении этой структуры под влиянием внешних воздействий. Основное внимание уделяется максимально упрощенному изложению основ теории точечных дефектов и теории дислокаций. Общие положения теории дефектов иллюстрируются конкретными примерами и простыми численными оценками. Математический аппарат используется в достаточно урезанном виде, громоздкие выкладки либо относятся на практические занятия, либо на самостоятельную работу студентов. Предпочтение отдается качественному анализу устоявшихся модельных представлений, хорошо подтвержденных на эксперименте. В то же время лекции содержат ряд вопросов, которые обычно не рассматриваются в подобных курсах, но оказываются чрезвычайно важными как для понимания особенностей развития дефектных структур, так и для практики теоретических исследований.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ООП

Учебная дисциплина «Введение в теорию дефектов» входит в элективную часть ОП «Физика конденсированного состояния» по направлению подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ИПМаш РАН.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки в области математики и механики, сформированные у обучающихся в процессе освоения программы аспирантуры.

Дисциплина «Введение в теорию дефектов» служит основой для осуществления дальнейшей профессиональной деятельности.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины аспирант должен знать основные определения и положения теории дефектов в кристаллах; понимать физическую суть механизмов и процессов развития дефектной структуры, процессов пластической деформации и разрушения в кристаллических материалах; иметь представления о возможностях современной приборно-метрологической базы для исследования дефектной структуры кристаллов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Фазовые переходы» осваивается в 4 семестре.

Виды учебной работы
Лекции
Практические занятия, семинары
в том числе аудиторные занятия в интерактивной форме

Самостоятельная работа
Экзамены (подготовка, сдача)

Разделы дисциплины:

Наименование разделов и тем:
Тема 1. Идеальный и реальный кристаллы. Идеальный кристалл: кристаллические решетки; парные взаимодействия; типы связей в кристаллической решетке; прочность идеальной решетки. Реальный кристалл: общая классификация дефектов; точечные дефекты; линейные дефекты; планарные дефекты; объемные дефекты; связь между различными классами дефектов.
Тема 2. Основные характеристики вакансий. Механизмы образования; энергия образования; объем; равновесная концентрация.
Тема 3. Основы теории диффузии. Подвижность вакансий; энергия миграции; механизмы диффузии; коэффициент диффузии. Решения типовых задач теории диффузии; диффузия в неограниченном теле; частные случаи начального распределения вещества: бесконечно тонкий слой, слой конечной толщины, ступенчатое распределение концентрации. Вакансионные модели высокотемпературного окисления металлов: параболический рост; поток вакансий; стоки; постановка диффузионной задачи; решения при отсутствии стоков, при наличии внутренних стоков, при наличии пограничных стоков, при наличии внутренних и пограничных стоков.
Тема 4. Межузельные атомы, краудионы и примеси. Основные конфигурации; объем; энергия образования; равновесная концентрация; подвижность; краудионы. Примеси внедрения и замещения. Упругая модель точечного дефекта. Взаимодействие точечных дефектов с полем упругих напряжений. Упругое взаимодействие точечных дефектов.
Тема 5. Предыстория и геометрия дислокаций. Линейные дефекты – основные понятия. Предыстория – основные идеи; первые модели дислокаций (Орован, Поляни, Тэйлор). Дисторсии Вольтерра: винтовые и краевые дислокации; клиновые дисклинации; дисклинации кручения; вектор Бюргерса; вектор Франка. Контур и вектор Бюргерса; геометрические свойства дислокаций. Пластическая деформация как движение дислокаций.
Тема 6. Упругие поля и энергии дислокаций. Упругие поля и энергии: винтовая дислокация – поля в бесконечном и конечном цилиндре, закручивание Эшелби, энергия; краевая дислокация – расчет поля напряжений и энергии. Энергия дислокации – основные выводы.
Тема 7. Взаимодействие дислокаций. Силы, действующие на дислокацию. Упругое взаимодействие между дислокациями. Силы взаимодействия. Энергии взаимодействия. Основные дислокационные конфигурации. Дислокационные петли.
Тема 8. Размножение дислокаций. Приближение линейного натяжения. Размножение дислокаций. Источник Франка-Рида. Двойное поперечное скольжение.
Тема 9. Дислокационные реакции. Реакции аннигиляции, слияния, расщепления. Трансформации дислокационных сеток.
Тема 10. Движение дислокаций. Движение дислокаций – скольжение краевых и винтовых дислокаций. Переползание краевых дислокаций. Взаимодействие краевой дислокации с точечными дефектами. Барьер и напряжение Пайерлса. Скорость движения дислокаций. Особые точки на дислокационной линии – изломы, ступеньки, перегибы. Движение с помощью парных перегибов.
Тема 11. Расщепление дислокаций. Полные и частичные дислокации. Расщепление дислокаций.
Тема 12. Зарождение новой фазы в однокомпонентных расплавах. Влияние вязкости расплава на скорость нуклеации.
Тема 13. Механизмы пластической деформации и упрочнения. Элементы кинетики дислокаций. Термоактивированная пластичность. Деформационное упрочнение. Карты механизмов пластической деформации. Развитие

дислокационных структур. Зарождение и развитие дисклинационных структур. Фрагментация.
--

Тема 14. Основы теории разрушения. Нарушения сплошности и типы трещин. Критерии зарождения и роста трещин. Механизмы зарождения трещин. Карты механизмов разрушения металлов. Критерии макроразрушения.

5. Образовательные технологии

В преподавании курса используются следующие образовательные технологии:

- лекции;
- практические занятия;
- самостоятельная подготовка.

6. Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

7. Практические занятия

Выполнение расчетов по темам 1–4, 6–8, 10–14.

8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов включает:

- работу с лекционными материалами;
- работу с учебной литературой;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к промежуточной аттестации.

Самостоятельная работа студентов обеспечена:

- материалами в электронном виде;
- имеющейся в библиотеке учебной литературой.

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Рекомендуемая литература

Основная

1. Гуткин М.Ю. Введение в теорию дефектов. Часть 1. Точечные дефекты: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 126 с.
2. Гуткин М.Ю. Введение в теорию дефектов: конспект лекций. – 2011.
3. Трушин Ю.В. Физическое материаловедение: учебник. – СПб.: Наука, 2000. – 286 с.

Дополнительная

4. Владимиров В.И. Физическая теория пластичности и прочности: конспект лекций. – Л.: ЛПИ им. М.И.Калинина, Части I (1973) и II (1975).
5. Орлов А.Н. Введение в теорию дефектов в кристаллах: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1983. – 144 с.

6. Штремель М.А. Прочность сплавов. Часть I. Дефекты решетки: учебник. – М.: МИСИС, 1999. – 384 с.
7. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: учебник. – М.: Металлургия, 1990. – 336 с.
8. Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций. – М.: Атомиздат, 1972. – 600 с.
9. Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах. – М.: Металлургия, 1978. – 248 с.
10. Малкович Р.Ш. Математика диффузии в полупроводниках. – СПб: Наука, 1999. – 389 с.
11. Теодосиу К. Упругие модели дефектов в кристаллах. – М.: Мир, 1985. – 352 с.
12. Владимиров В.И. Физическая природа разрушения металлов. – М.: Металлургия, 1984: – 280 с.
13. Финкель В.М. Портрет трещины. – М.: Металлургия, 1989. – 192 с.

9.2 Технические средства обеспечения дисциплины

Учебный процесс осуществляется путем чтения лекций и проведения практических занятий с использованием мультимедийных материалов и вычислительной техники для проведения расчетов и анализа их результатов.

9.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При чтении лекций и проведении практических занятий используются:

- мультимедийные материалы;
- вычислительная техника.

10. Критерии оценивания и оценочные средства

По результатам курса слушатели получают зачет или сдают экзамен в конце каждого семестра.

11. Методические указания по организации изучения дисциплины

Специальные рекомендации отсутствуют.