

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам.директора по научной
работе _____ М.А. Коротин
_____ 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине «Дефекты и диффузионные явления в металлах»

Всего учебных часов.	– 72
Всего аудиторных занятий, час.	– 18
Всего часов на самостоятельную работу аспиранта, час.	– 54

Екатеринбург 2019

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 Физика и астрономия (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №867), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»; программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»; паспорта специальности научных работников специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»; учебного плана аспирантуры ИФМ.

Составитель рабочей программы

Профессор, д.т.н. _____ В.В. Попов.

Рабочая программа утверждена на заседании ученого совета ИФМ №___ от __.____.2019 г.

Председатель ученого совета ИФМ

«__»_____2019 г.

(подпись)

Устинов В.В.

Согласовано:

(подпись)

(_____)

«__»_____2019 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В курсе «Дефекты кристаллического строения и диффузионные явления в металлах» изучаются точечные, линейные и двумерные дефекты кристаллического строения в металлах, механизмы диффузии, законы диффузии, различные типы диффузионных коэффициентов, рассматриваются методы исследования структуры, дефектов кристаллического строения и диффузии. Круг рассматриваемых тем способствует ознакомлению аспиранта как с историей развития представлений о дефектах кристаллического строения и диффузионных явлений в металлах, современными представлениями в этих областях и современными методами исследования данных объектов и явлений.

Рабочая программа составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 Физика и астрономия (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №867), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния», утвержденной _____;
- паспорта специальности научных работников специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»;
- учебного плана ИФМ по основной образовательной программе послевузовского профессионального образования (аспирантура) по специальности 01.04.11 «Физика магнитных явлений»

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Распределение часов учебных занятий

Вид занятий	Количество часов в семестр (третий)	Трудоемкость	
		Час.	Зач. ед.
Лекционные занятия	18	18	0.5
Самостоятельная работа	52	52	1.5
ИТОГО	72	72	2

2.2 Содержание дисциплины

2.2.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий

Темы лекционных занятий	Содержание	Объем в часах
-------------------------	------------	---------------

Точечные дефекты.	Виды точечных дефектов. Термодинамика точечных дефектов. Миграция точечных дефектов. Взаимодействие дефектов. Способы образования дефектов. Источники и стоки точечных дефектов. Комплексы точечных дефектов. Методы определения концентрации вакансий, энергии их образования и миграции.	2
Дислокации.	Основные типы дислокаций. Скольжение и переползание дислокаций. Вектор Бюргерса. Энергия дислокаций. Силы, действующие на дислокацию. Взаимодействие параллельных дислокаций. Полные и частичные дислокации. Дефекты упаковки. Дислокации в типичных металлических структурах. Дислокации в упорядоченных сплавах. Пересечение дислокаций. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Образование дислокаций.	4
Границы зерен и субзерен	Малоугловые границы. Высокоугловые границы. Модели высокоугловых границ зерен. Специальные и произвольные границы. Структура границ зерен. зерен. Энергия границ. Зернограницная сегрегация примесей. Термодинамика границ зерен. Статистическая теория адсорбции на границах зерен. Фазовые переходы на границах зерен. Миграция границ зерен. Рост зерен в поликристаллах. Модели неравновесных границ зерен в наноматериалах.	4
Объемная диффузия в твердых телах	Общие законы диффузии. Диффузионный поток. Первый закон Фика. Различные типы диффузионных коэффициентов. Второй закон Фика. Решения второго уравнения диффузии. Диффузия и случайные блуждания. Зависимость коэффициента диффузии от температуры. Механизмы диффузии в металлах. Связь между коэффициентом самодиффузии и характеристиками вакансий. Феноменологическая теория диффузии. Движущая сила диффузионного массопереноса. Описание диффузии по Онзагеру. Теория взаимной диффузии Даркена и эффект Киркендалла. Уточнение теории Даркена по Маннингу. Взаимная диффузия в многокомпонентных системах. Взаимная диффузия при наличии градиента температуры и внешнего силового поля.	2
Диффузия по дислокациям, границам зерен и фаз	Модель изолированной границы Фишера. Решение Фишера для постоянного источника. Точное решение Уиппла для постоянного источника. Точное решение Судзуоки для мгновенного источника. Диффузия в поликристаллах. Классификация диффузионных кинетических режимов по Харрисону. Кинетические режимы типа А, В и С. Определение	6

	диффузионной ширины границы зерна и коэффициентов сегрегации на основании результатов диффузионных экспериментов для режимов В и С. Модель кубических зерен. Модель параллельных границ. Модель сферических зерен. Модель Левина-Мак Каллума. Диффузия по дислокациям и малоугловым границам зерен. Модель дислокационной трубки. Уравнение диффузии вдоль дислокационной трубки. Решения Ле Клера-Рабиновича: изолированная дислокационная трубка. Решение Ле Клера Рабиновича: дислокационная стенка. Зернограничная диффузия в тонких пленках. Диффузия по мигрирующим границам зерен. Прерывистое выделение. Прерывистое огрубление. Прерывистое растворение. Миграция границ зерен, вызванная диффузией. Механизмы зернограничной диффузии. Влияние структуры границ на диффузию. Влияние кристаллической структуры на зернограничную диффузию. Сегрегационные эффекты зернограничной диффузии. Особенности зернограничной диффузии в нанокристаллических и наноструктурных материалах.	
--	--	--

2.2.2. Практические занятия, их наименование, содержание, объем в часах
 Практические занятия не предусмотрены учебным планом

2.2.3. Самостоятельная работа аспирантов

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень заданий для самостоятельной работы (рефераты, доклады, переводы, расчеты, планирование эксперимента и т.п.)	Трудоемкость	
		Час.	Зач.ед.
Раздел 1 Геометрическая теория структуры границ зерен и вспомогательные решетки. Тема 1.1. Нуль решетка. Тема 1.2. Решетка вспомогательных узлов. Тема 1.3. Полная решетка наложений. Тема 1.4. Модели структурных элементов границ	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Подготовка доклада.	8	
Раздел 2. Аналитические модели зернограничной диффузии. Тема 2.1. Подель изолированной границы. Решения Фишера, Уиппла и Судзуоки. Тема 2.2. Анализ Ле-Клера. Тема 2.3. Диффузионные кинетические режимы.	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Подготовка доклада.	12	

Раздел 3. Методы исследования дефектов и диффузии в твердых телах. 1. Просвечивающая электронная микроскопия. Электронная микроскопия прямого разрешения. 2. Микрорентгеноспектральный анализ и растровая электронная микроскопия. Количественный микрорентгеноспектральный анализ. 3. Туннельная и атомно-силовая микроскопия. 4. Рентгеноструктурный анализ. Анализ структурного состояния металлических материалов. Анализ дефектов кристаллического строения. 5. Оже-электронная спектроскопия. Оже-спектроскопия как метод анализа поверхности. 6. Ядерная гамма-резонансная спектроскопия. Применение ЯГР для исследования границ зерен. Применение ЯГР для исследования диффузии и дефектов. 7. Авторадиография. Качественная авторадиография. 8. Послойный радиометрический анализ. Методы снятия слоев. Методы снятия ультратонких слоев. Метод остаточной активности Грузина. 9. Вторичная ионная масс-спектрометрия. 10. Метод ядерного магнитного резонанса.	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины.	32	
ИТОГО		52	1

2.3 Учебно-методические материалы по дисциплине

2.3.1. Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. Хирт Д., Лоте И. "Теория дислокаций", М., "Мир", 1972.
2. Новиков И.И., Розин К.М. "Кристаллография и дефекты кристаллической решетки", М., "Металлургия", 1990.
3. Глейтер Г., Чалмерс Б. "Структура большеугловых границ зерен", М., "Металлургия", 1975.
4. Орлов А.Н., Перевезенцев В.М., Рыбин В.В. "Границы зерен в металлах", М., "Металлургия" 1980.

5. Бокштейн Б.С., Конечский Ч.В., Швиндлерман Л.С. Термодинамика и кинетика границ зерен в металлах. М.: Металлургия, 1986.
6. Боровский И.Б., Гуров К.П., Марчукова И.Д., Угасте Ю.Э. Процессы взаимной диффузии в сплавах. М.: Наука, 1973. .
7. Бокштейн Б.С, Бокштейн С.З., Жуховицкий А.А. "Термодинамика и кинетика диффузии в твердых телах", М., "Металлургия", 1974.
8. Каур И., Густ В. Диффузия по границам зерен и фаз. М.: Машиностроение, 1991. 448 с.
9. Зернограничная диффузия и свойства наноструктурных материалов / Под ред. Колобова Ю.Р., Валиева Р.З. Новосибирск: Наука, 2001. 232 с.

Дополнительная литература

1. Кайбышев О.А., Валиев Р.З. Границы зерен и свойства металлов. М: Металлургия, 1987. 214 с.
2. Структура и свойства внутренних поверхностей раздела в металлах / Под. ред. Б.С. Бокштейна. М.: Наука, 1988, 272 с.
3. Маннинг Д. "Кинетика диффузии атомов в кристаллах", ' м., "Мир", 1971.
4. Тонкие пленки - Взаимная диффузия и реакции / Под. ред. Поута Дж., Ту К., Мейера Дж.. М.: Мир, 1982.
5. Гуров К.П., Карташкин Б.А., Угасте Ю.Э. Взаимная диффузия в многофазных металлических системах. М: Наука, 1981. 352 с.
6. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982.
7. Рид С. Электронно-зондовый микроанализ. М.: Мир, 1979.
8. Вертхейм Г. "Эффект Мессбауэра", М., "Мир", 1968.
9. Химические применения мессбауэровской спектроскопии / Под. ред. В.И. Гольданского. М.: Мир, 1970, 502 с.

2.3.2. Примерный перечень тем рефератов и докладов

1. Современные модели зернограничной диффузии.
2. Модели неравновесных границ зерен.
3. Определение параметров диффузии методом послойного радиометрического анализа.
4. Модели диффузии в поликристаллах.
5. Типы диффузионных коэффициентов.
6. Вакансии и внедренные атомы в границах зерен. Механизмы зернограничной диффузии.
7. Метод количественной автордиографии.
8. Абсорбционная и эмиссионная мессбауэровская спектроскопия. Параметры ядерных гамма-резонансных спектров.
9. Определение концентрационной зависимости коэффициента взаимной диффузии по методу Матано.
10. Парциальные коэффициенты взаимной диффузии.

2.4. Средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Составители рабочей программы

д.ф.-м.н. _____ Попов В.В.
д.ф.м.н. _____ Меньшенин В.В.
д.ф.м.н. _____ Окулов В.И.

Рабочая программа утверждена на заседании ученого совета ИФМ №____ от __.__.2019 г.

Председатель ученого совета ИФМ

«__»_____2019 г.

(подпись)

Устинов В.В.

Согласовано:

(подпись)

(_____)

«__»_____2019 г.

Дополнения и изменения в рабочей программе
за _____ / _____ учебный год
в рабочую программу «Современные проблемы магнетизма» для специальности 01.04.11
«Физика магнитных явлений»:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании ученого совета ИФМ № ____
«____» _____ 20__ г.

Председатель ученого совета ИФМ
«____» _____ 2019 г.

(подпись)

Устинов В.В.