

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 26.07.2023 14:16:41

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Diffusion in solids / Диффузия в твердых телах

Закреплена за подразделением

Кафедра физической химии

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Advanced Metallic Materials and Engineering / Современные металлические материалы и инжиниринг

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 2

аудиторные занятия

24

самостоятельная работа

66

часов на контроль

54

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	24	24	24	24
Итого ауд.	24	24	24	24
Контактная работа	24	24	24	24
Сам. работа	66	66	66	66
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

к.ф.м.н, доцент, Родин А.О.; дфмн, профессор, Бокштейн Б.С.

Рабочая программа

Diffusion in solids / Диффузия в твердых телах

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Металлургия, 22.04.02-ММТ-22-10А.plx Advanced Metallic Materials and Engineering / Современные металлические материалы и инжиниринг, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСиС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Металлургия, Advanced Metallic Materials and Engineering / Современные металлические материалы и инжиниринг, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСиС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра физической химии

Протокол от 22.06.2021 г., №11-20/21

Руководитель подразделения к.ф.м.н. Салимон А.И.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель курса – формирование у студентов умений и навыков проведения расчетов скоростей диффузионных процессов, выявления основных закономерностей диффузии в твердых кристаллических телах..
1.2	Задачи курса:
1.3	Научить:
1.4	Анализу возможности диффузионных процессов;
1.5	Математической формулировки диффузионных задач;
1.6	Оценке параметров диффузии по табличным данным и эмпирическим корреляциям;
1.7	навыкам самостоятельной работы с литературой.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.02
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Innovative IT: Trends and Perspectives / Инновационные информационные технологии: тренды и перспективы	
2.1.2	Materials science of metals and semiconductors / Материаловедение металлов и полупроводников	
2.1.3	Thermodynamics and kinetics in materials science / Термодинамика и кинетика в материаловедении	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Modelling and optimization in physical metallurgy / Моделирование и оптимизация в металлургии	
2.2.2	Solar Energy Systems Design and Construction / Конструкции солнечных установок	
2.2.3	Thermal and thermomechanical treatment of special steels and alloys / Термическая и термомеханическая обработка сталей и сплавов	
2.2.4	Scientific research / Научно-исследовательская практика (преддипломная)	
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий	
Знать:	
УК-1-31 Основные закономерности массопереноса в твердых телах	
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии	
Уметь:	
ОПК-1-У1 решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний	
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий	
Уметь:	
УК-1-У1 Выбирать диффузионные задачи, соответствующие основным макроскопическим процессам массопереноса.	
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии	
Владеть:	
ОПК-1-В1 фундаментальными знаниями, знаниями в междисциплинарных областях в области металлургии	
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий	
Владеть:	
УК-1-В1 Навыком поиска диффузионных параметров в заданных системах и их использования при решении	

диффузионных задач

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Макроскопическое описание диффузии. Коэффициент диффузии. Основные решения.							
1.1	Поток. Уравнения диффузии. Основные решения. /Пр/	2	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1			
1.2	Виды коэффициентов диффузии. /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1			
1.3	Экспериментальные методы определения коэффициентов диффузии. Эмпирические закономерности и теоретическое описание. /Пр/	2	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1			
1.4	Макроскопическое описание диффузии. Коэффициент диффузии. Основные решения /Ср/	2	15	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1			
	Раздел 2. Диффузия в кристаллических телах							
2.1	Механизмы диффузии. Случайные блуждания. Атомная модель диффузии. /Пр/	2	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1			
2.2	Вакансии и диффузия. /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1			
2.3	Диффузия в многокомпонентных системах. Макроскопическое описание и атомные модели /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1			Р3
2.4	Механизмы диффузии. Случайные блуждания. Вакансии и дефекты структуры. /Ср/	2	23	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1			
	Раздел 3. Границы зерен, поверхности, влияние поверхностных эффектов. Диффузия в наноматериалах							
3.1	Границы зерен и поверхности. Роль дефектов. Наноматериалы. /Пр/	2	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2			
3.2	Диффузионный рост фаз. Рост фаз на границах зерен. /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2		КМ1	Р4

3.3	Диффузия по границам зерен. Рост фаз. /Cr/	2	28	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2			
-----	--	---	----	---	--------------------------	--	--	--

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Коллоквиум	УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	На основе расчетов выполненных в семестре (по выбору) 1. Estimate the diffusion coefficient from empirical rules. Case of bulk and GB diffusion. 2. Formulate the diffusion problem for given technological process. 3. Predict the distribution of element in the given system (bulk diffusion). 4. Predict the distribution of element in the given system (GB diffusion).

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Homework 1 To calculate the diffusion profile for given system. Compare the experimental data and empirical correlation.	УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Рассчитать для выбранной системы концентрационный профиль, с учетом типа образцов и температурно-временных параметров отжига. Выполнить работу с использованием табличных данных и эмпирических оценок. Сравнить с реальными профилями в эксперименте.
P2	Homework 2 Determination of diffusion coefficient in metals. Computer training.	УК-1-В1;УК-1-31;УК-1-У1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Провести с помощью компьютерного тренажера серию экспериментов, обеспечивающих определение температурной зависимости коэффициентов диффузии.
P3	Homework 3 Thermochemical and thermal treatment. Calculate the element distribution after high temperature treatment	УК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Рассчитать распределение концентрации элемента по материалу в макро- и микро- масштабе с использованием физических моделей
P4	Homework 4 Diffusion along grain boundaries.	УК-1-В1;УК-1-31;УК-1-У1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Подбор условий для выявления зернограничной диффузии в системе с неопределенными диффузионными параметрами.

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

1. Estimate the diffusion coefficient from empirical rules. Case of bulk and GB diffusion.
 2. Formulate the diffusion problem for given technological process.
 3. Predict the distribution of element in the given system (bulk diffusion).
 4. Predict the distribution of element in the given system (GB diffusion).
- Please, use the results of the homework for numeric estimations.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Выполненные домашние задания позволяют получить студенту оценку удовлетворительно. На экзамен выносятся вопросы по методике расчета и зависимости результатов расчета от параметров. Экзаменационная оценка складывается из баллов, набранных в семестре (60%) и баллов, набранных на экзамене (40%).

Оценка отлично (excellent) ставится, если студент набрал 85 и более баллов (из 100)

Оценка хорошо (good) ставится, если студент набрал 70 и более баллов (но менее 85)

Оценка удовлетворительно (satisfactory) ставится, если студент набрал 50 и более баллов.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Бокштейн Б. С.	Диффузия в металлах: учеб. пособие для студ. вузов по спец.- Физика металлов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1978
Л1.2	Бокштейн Б. С., Менделев М. И., Похвиснев Ю. В.	Физическая химия: термодинамика и кинетика: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л1.3	Островский А. С., Бокштейн Б. С.	Физическая химия. Разд.: Диффузия в металлах: Метод указания для самостоят. работы студ. спец. 0708, 0709 и 510400	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
Л1.4	Бокштейн Б. С., Ярославцев А. Б.	Диффузия атомов и ионов в твердых телах	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2005

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Андреев Л. А., Новиков А. В., Новикова Е. А., Бокштейн Б. С.	Физика и химия твердого тела. Металлы и полупроводники: практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005
Л2.2	Ulanovskiy I. B.	Hydrogen diffusion and porosity formation in aluminium	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	ScienceDirect - сайт научных публикаций	www.sciencedirect.com
----	---	-----------------------

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Therm_DZ
П.2	Физическая химия
П.3	Зернограничная диффузия
П.4	Microsoft Office

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных**7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Ауд.	Назначение	Оснащение
A-323a	Аудитория для самостоятельной работы	комплект учебной мебели пакет на 6 рабочих мест с компьютерами, принтер, лицензионных программ MS Office
Холл библиотеки (Г)	Библиотека:	комплект специализированной мебели

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Занятия удобно проводить в форме обсуждения процессов, движущих сил и контролирующих стадий. Привлечение физических моделей твердого тела. Каждая задача должна доводиться до получения численных значений. С учетом математических трудностей представляется разумным решение задач в классе в самых грубых приближениях с последующим обсуждением результата. Более точные расчеты необходимо проводить в домашних условиях с привлечением современных математических пакетов. Необходимо приучать студентов к использованию табличных данных, часть которых можно приводить в виде избранных, отобранных, упрощенных таблиц, а далее выдавать задания по поиску данных. Для успешной самостоятельной работы студента необходимо обеспечить доступ студентов к размещенным материалам по курсу.

Все задания, выданные на дом, должны проверяться на следующих занятиях.

дополнительная литература

Boris S. Bokstein, Mikhail I. Mendeleev, David J. Srolovitz, Thermodynamics and kinetics in materials science (a short course), Oxford University Press, 2005.

Leonard M. Sandler. Advanced condensed matter. Cambridge Univ. Press, 2009.