

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

Диффузия в многофазных средах

по направлению подготовки / специальности

16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:

Компьютерное моделирование в инженерной теплофизике и аэрогидродинамике

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер, инженер-исследователь

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Ю.Н. Рыжих

Э.Р. Шрагер

А.Ю. Крайнов

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

БК-2 Способен использовать этические принципы в профессиональной деятельности.

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и общетехнических дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований.

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

ОПК-5 Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности.

ПК-2 Способен проводить исследования по аэрогидродинамике и процессам теплообмена изделий РКТ с использованием высокопроизводительной компьютерной техники.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОБК-2.1 Знает основы и принципы профессиональной этики в соответствующей области профессиональной деятельности

РОБК-2.2 Умеет проектировать решение профессиональных задач с учетом принципов профессиональной этики

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерные технологии для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

РООПК-5.1 Знает методику учета современных тенденций развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности

РООПК-5.2 Умеет учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности

РОПК - 2.1 Знает основы разработки численных методов решения прикладных задач

РОПК - 2.2 Умеет использовать пакеты прикладных программ и разрабатывать оригинальные программы реализации моделей

2. Задачи освоения дисциплины

– Получить представление об основных процессах диффузионного типа в твердых средах .

– Научиться формулировать задачи диффузионного переноса, встречающиеся в практических приложениях, и выбирать методы их решения.

– Получить представление о построении моделей сред с диффузией в современной термодинамике.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Седьмой семестр, зачет с оценкой

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения (знания) по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Основы теории и методы решения дифференциальных уравнений», «Математическая физика», «Гидродинамика», «Термодинамика», «Физика».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 24 ч.

-практические занятия: 24 ч.

в том числе практическая подготовка: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Общие понятия и определения

Механизмы диффузии в разных средах. Закон Фика. Обобщенный закон Фика. Способы выражения состава сплавов, растворов, смесей. Понятие растворимости. Химический потенциал. Однородные и структурно неоднородные среды.

Тема 2. Постановка и методы решения диффузионных задач.

Уравнения многокомпонентной диффузии. Диффузия по границам зерен и фаз. Варианты граничных условий. Решения простейших задач. Введение в методы определения коэффициентов диффузии.

Тема 3. Диффузия и химические реакции.

Реакционная (реактивная) диффузия. Методы решения задач реакционной диффузии. Примеры практических задач (окисление, коррозия, диффузионная сварка, модификация поверхностного слоя, синтез новых материалов).

Тема 4. Модели сред с диффузией в континуальной термомеханике.

Уравнения для потоков в термодинамике необратимых процессов и в расширенной термодинамике. Перекрестные эффекты. Диффузия и напряжения. Диффузия во внешнем поле. Уравнение Аллена-Кана и Кана-Хиллиарда.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в седьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность зачета с оценкой 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

б) План практических занятий по дисциплине.

в) Учебное пособие А.Г. Князева Введение в термодинамику необратимых процессов. Лекции о моделях. // Томск. Издательство «Иван Федоров» 2014. – 172 с.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Гуров К.П. Феноменологическая термодинамика необратимых процессов / М. Наука, 1978. – 128 С..

2. Мерер Х. Диффузия в твердых телах. Монография / Изд-во ИД Интеллект, 2011.- 536 С.

3. Бокштейн Б.С., Ярославцев А.Б. Диффузия атомов и ионов в твердых телах / М.: МИСИС 2005. – 362 С.

4. Каур И., Густ В. Диффузия по границам зерен и фаз / М.: Машиностроение, 1991. - 448 с.

5. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур . М.: Мир. – 2002. – 461 С.

6. Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е. Явления переноса / М.: Химия. – 1974 г.

б) дополнительная литература:

1. Rice S.A. Comprehensive chemical kinetics. V.25. Diffusion limited reactions. Edited by C.H.Vamford etc. / Elsevier. 1985

2. Де Гроот С.Р. Мазур П. Неравновесная термодинамика / .

3. Бенар Ж. Окисление металлов. Т. 1. Теоретические основы / 1967

4. Лариков Л.Н., Исайчев В.И. Диффузия в металлах и сплавах. Справочник. / Киев: Наукова думка. – 1987

5. Handbook of solid state diffusion.V.1 Diffusion Fundamentals and Techniques; V.2 Diffusion Analysis in Material Applications (edited by A.Paul and S.Divinski) / Elsevier. 2017

6. Гуров К.П., Карташкин Б.А., Угасте Ю.Э. Взаимная диффузия в многофазных металлических системах / М.: Наука, 1981. – 352 С.

7. Старк Дж.П. Диффузия в твердых телах / М.: Энергия. 1980. – 240 С.

8. Lebon G., Jou D., Casas-Vázquez J. Understanding Non-equilibrium Thermodynamics. Foundations, Applications, Frontiers / Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. – 325 С.

9. Gerard D. C. Kuiken Thermodynamics of Irreversible Processes: Applications to Diffusion and Rheology / Wiley. 1994. – 458 pp.

в) ресурсы сети Интернет:
– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система.
<http://www.consultant.ru>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:
– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.
Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.
Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Князева Анна Георгиевна, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры математической физики ФТФ ТГУ.