

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Кинетика фазовых переходов

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
С.Н. Филимонов

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

ПК-1 Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.2 Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования

ИПК 1.1 Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования

2. Задачи освоения дисциплины

– Получить представления об основных методах описания фазовых переходов I рода: формальной химической кинетике и неравновесной термодинамике, о феноменологических и атомистических моделях диффузии, о кинетике роста (растворения) изотропной фазы, о классической теории нуклеации.

– Научиться применять понятийный и математический аппарат кинетики фазовых переходов для формулирования краевых задач массопереноса при росте новой фазы в двухфазной системе, научиться выделять предельные режимы роста (растворения) фаз.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

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

Шестой семестр, зачет с оценкой

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: общая физика, математический анализ, классическая механика, термодинамика материалов.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 32 ч.

-практические занятия: 16 ч.

в том числе практическая подготовка: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Постулаты формальной химической кинетики

Классификация химических реакций. Первый постулат формальной химической кинетики (закон действующих масс). Параллельные и последовательные реакции. Второй постулат формальной химической кинетики (принцип Аррениуса). Активированный комплекс. Константа скорости реакции в теории активированного комплекса.

Тема 2. Основы феноменологической кинетики.

Законы термодинамики для закрытых и открытых систем. Возрастание энтропии в “прерывных” системах. Потoki и движущие силы. Уравнение непрерывности. Линейные законы. Феноменологические коэффициенты. Стационарные состояния. Теорема Пригожина.

Тема 3. Феноменологические и микроскопические модели диффузии.

Линейная неравновесная термодинамика и закон Фика. Диффузия в неидеальном твердом растворе (“восходящая” диффузия). Дифференциальное уравнение диффузии. Механизмы миграции атомов в твердом теле. Уравнение Эйнштейна-Смолуховского. Решеточные модели диффузии.

Тема 4. Формальная кинетика роста (растворения) фаз.

Гетерофазные реакции. Реакционный слой. Скорость гетерофазной реакции и межфазный поток. Баланс потоков на фазовой границе. Баланс потоков на границе раздела в системе кристалл-раствор. Диффузионная зона (приближение Нёрнста). Кинетический и диффузионный режимы роста-растворения. Кинетика роста фазы со сферической границей в приближении Нёрнста и в квазистационарном приближении. Представление об устойчивости формы роста. Кинетика движения фазовой границы при кристаллизации расплава (задача Стефана).

Тема 5. Кинетика образования зародышей.

Стационарная скорость образования зародышей в теории Фольмера-Беккера-Дёринга. Формула Зельдовича для скорости образования жидких капель. Образование зародышей в различных фазах. Массовая кристаллизация. Теория Колмогорова-Аврами-Мейла-Джонсона.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, 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 шестом семестре проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и задачу. Продолжительность зачета 1.5 часа.

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) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - Курс: [Кинетика фазовых переходов 3 курс \(ФФ.Б.2 сем.\) \(tsu.ru\)](https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/)

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

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Кристиан Дж. Теория превращений в металлах и сплавах. Ч.1. Термодинамика и общая кинетическая теория. М.: Мир, 1978. – 806 с.
- Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. Ижевск, 2001 - 159 с. (электронный ресурс НБ ТГУ).
- Пригожин И., Дефэй Р. Химическая термодинамика. М: БИНОМ. Лаб. Знаний, 2010. – 533 с.
- Жданов В. П. Элементарные физико-химические процессы на поверхности. - Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1988. - 316 с.

б) дополнительная литература:

- Гуров К.П. Взаимная диффузия в многофазных металлических системах. М.: Наука, 1981. – 349 с.
- Свечникова Л. А. Структурные и фазовые превращения в металлах и сплавах: учебник / Л. А. Свечникова, В. И. Темных, А. М. Токмин. Издательство Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. - 284 с.
URL: <https://znanium.com/catalog/product/1819674>
- Малютина Ю.Н. Термодинамика фазовых превращений и диффузия в металлах и сплавах: учеб. пособие / Малютина Ю.Н., Батаев И.А., Ленивцева О.Г., Лазуренко Д.В. Издательство Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 108 с.
- Мелихов И. В. Физико-химическая эволюция твердого вещества. 4-е изд., (эл.) - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 312 с.
URL: <https://znanium.com/catalog/product/540466>

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 On-eNote, 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 Юпайт – <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

Эрвье Юрий Юрьевич, доктор физ.-мат. наук, ТГУ, кафедра физики полупроводников, профессор