

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

Композиционные материалы

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:

Фундаментальная физика

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

О.Н. Чайковская

Председатель УМК

О.М. Сюсина

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

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

ПК-3 – 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);

ИПК-1.2 Обрабатывает полученные первичные данные и соотносит их с теориями зарубежного регионоведения и современными тенденциями развития.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить понятийный аппарат и инструментарий получения и анализа научных и экспериментальных данных о композиционных материалах.

– Научиться применять понятийный аппарат научного исследования и анализа данных для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (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

Семестр 1, зачет.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Кристаллография, Физика твердого тела, Дефекты в твердых телах, Теория пластичности, Теория дислокаций, Структурные фазовые переходы. Знать основы современных методов исследования структуры, элементного и фазового состава (рентгеноструктурный анализ, растровая и просвечивающая электронная микроскопия), физических и механических свойств.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

– лекции: 24 ч.;

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Основные типы и классификации композиционных материалов.

Введение. Место композиционных материалов (КМ) в современном материаловедении. Определение КМ. Классификации КМ (примеры и основные свойства): по геометрии наполнителя, по схеме расположения, по природе компонентов, по методам получения, по структуре наполнителя. Преимущества и недостатки КМ. Связи на поверхности раздела КМ, взаимная диффузия и химические реакции.

Тема 2. Принципы разрушения и деформации волокнистых композиционных материалов.

Волокна и матрица. Архитектура волокон. Упругая деформация анизотропных волокнистых КМ. Вывод правила смеси. Критическая длина и объемная доля волокон. Закон Гука для волокнистых КМ с бесконечными волокнами. Стадии пластической деформации волокнистого КМ. Упругая деформация в композитах с короткими волокнами. Метод Эшелби для оценки внутренних напряжений. Физические основы торможения разрушения в волокнистых КМ. Перераспределение напряжений между волокнами и матрицей. Трибологические свойства волокнистых КМ.

Тема 3. Деформация и принципы упрочнения дисперсно-упрочненных КМ.

Дислокационное описание начала разрушения и упрочнения в дисперсно-упрочненных КМ. Упругие свойства дисперсно-упрочненных КМ. Физические основы торможения разрушения в дисперсно-упрочненных КМ. Разрушение хрупкой матрицы, расчет теоретической прочности по Оровану в применении к КМ. Особенности Трибологические свойства волокнистых КМ

Тема 4. Термодинамика композиционных систем.

Термодинамика систем с поверхностями раздела. Основные термодинамические представления о композиционных материалах. Аддитивные свойства композитов. Адгезия и смачивание в композиционных материалах.

Тема 5. Способы получения композиционных материалов.

Физические и химические методы получения непрерывных волокон и нитевидных кристаллов. Направленная кристаллизация эвтектических сплавов. Получение КМ методами порошковой металлургии.

Тема 6. КМ с новыми функциональными свойствами.

Общие понятия о слоистых композиционных материалах. Физические основы торможения разрушения в слоистых композиционных материалах. Современные наноконпозиционные материалы: КМ на основе полимерной матрицы, жидкокристаллические композиты, наноконпозиции, сэндвичевые конструкции, наноламинаты, керамические КМ. Примеры применения КМ.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине осуществляется путем контроля посещаемости 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 проводится в письменной форме по билетам. Продолжительность зачета 1,5 часа.

На промежуточную аттестацию планируется не более 24 баллов.

В курсе «Композиционные материалы» максимальная сумма баллов по дисциплине составляет 100 баллов и формируется следующим образом: 24 балла по результатам текущей аттестации и 76 баллов по результатам промежуточной аттестации (зачет). Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов, полученной по итогам

текущего контроля и промежуточной аттестации (зачета). Итоговая аттестация (зачет) ставится в соответствии с рейтинговой шкалой:

0-50 баллов – «незачет»;

51-100 баллов – «зачет».

Письменная часть зачета включает в себя 2 вопроса из списка контрольных вопросов по курсу, проверяющих сформированность компетенции ПК-1 в соответствии с индикаторами ИПК-1.1 и ИПК-1.2. Ответы даются в развернутой форме.

Пример билета на зачете:

БИЛЕТ №1.

Вопрос 1. Определение композиционных материалов. Классификации КМ (примеры и основные свойства)?

Вопрос 2. Опишите, в чем заключается классическая задача Эшелби и как она применима к композиционным материалам?

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».

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

в) Перечень вопросов для сдачи зачета по дисциплине:

1. Место композиционных материалов в современном материаловедении?
2. Определение композиционных материалов. Классификации КМ (примеры и основные свойства)?
3. Волокнистые композиционные материалы. Упругая деформация анизотропных волокнистых КМ?
4. Связи на поверхности раздела КМ, взаимная диффузия и химические реакции?
5. Критическая длина и объемная доля волокон. Закон Гука для волокнистых КМ с бесконечными волокнами?
6. Разрушение хрупкой матрицы, расчет теоретической прочности по Оровану?
7. Дислокационное описание начала разрушения и упрочнения в дисперсно-упрочненных КМ?
8. Физические основы торможения разрушения в волокнистых композиционных материалах?
9. Принципы упрочнения в дисперсно-упрочненных композиционных материалах «пластичная матрица - хрупкий наполнитель»?
10. Опишите принцип упрочнения в композиционных материалах «хрупкая матрица-пластичный наполнитель»?
11. Принцип упрочнения в композиционных материалах «хрупкая матрица - хрупкий наполнитель»?
12. Свойства и получение дисперсно-упрочненных композиционных материалов?
13. Упругие свойства в волокнистых композиционных материалах. Модуль упругости однонаправленного композиционного материала при различных видах нагружения.
14. Выведите правило смесей для композиционных материалов?
15. Опишите, в чем заключается классическая задача Эшелби и как она применима к композиционным материалам?
16. Упругие свойства дисперсно-упрочненных композиционных материалов?
17. Получение композиционных материалов методами порошковой металлургии?

18. Направленная кристаллизация эвтектических сплавов?
19. Примеры применения композиционных материалов. Композиционные материалы с новыми функциональными свойствами?
20. Методы получения и области применения жидкокристаллических композитов?
21. Что такое нанокompозиты и сэндвичевые конструкции. Расскажите о применении композиционных материалов в технике?
22. Состав и основные свойства полимерных композитов. Методы получения полимерных композитов?

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Л.Н. Тялина, А.М. Минаев, В.А. Пручкин. Новые композиционные материалы. Учебное пособие. – Тамбов, 2011. – 80 с.
2. С.Л. Баженов. Механика и технология композиционных материалов. Научное издание. – М.: Интеллект, 2014.
3. А.Г. Кобелев, М.А. Шаронов, О.А. Кобелев, В.П. Шаронова. Материаловедение. Технология композиционных материалов. – М.: КноРус, 2016.
4. Б.М. Матвеев. Современные композиционные материалы. Учебное пособие. – Palmarium Academic Publishing, 2013.

б) дополнительная литература:

5. Иванов Д.А., Ситников А.И., Шляпин С.Д. Дисперсноупрочненные, волокнистые и слоистые неорганические композиционные материалы: учеб. пособие / МАТИ-РГТУ Им. К.Э.Циолковского. - Москва, 2009. - 305 С.
6. Современные композиционные материалы. Под редакцией Л. Браутмона и Р. Крока. М.: Из-во Мир, 1970, С. 13-157, 249-262, 286-303.
7. Г.С. Хомистер, К. Томак. Материалы, упрочненные волокнами. М.: Из-во Металлургия, 1969. С. 18-117.
8. D. Hull, T.W. Clyne. An introduction to composite materials. Second edition, Cambridge University Press. 1996. P. 1-8, 60-77, 121-131.
9. А. Келли. Высокопрочные материалы. М.: Из-во Мир, 1976. С. 8-242.
10. В. Кристенсен. Введение в механику композитов. М.: Из-во Мир, 1982. С. 25-35.
11. Сплавы с эффектом памяти формы. Под редакцией Фунакубо Х. М. М.: Из-во Металлургия, 1990. С. 24-41.
12. Ф. Макклиптон, А. Аргон. Деформация и разрушение материалов. М.: Из-во Мир, 1970. С. 255-309.
13. Физика прочности и пластичности. Под редакцией А.Аргуна. М.: Из-во Металлургия, 1972. С. 294-303.
14. К.А. Малышев, В.В. Сагарадзе и др. Фазовый наклеп аустенитных сплавов на основе железо-никелевой основе. М.: Из-во Наука. 1982. С. 166-204.
15. Сплавы никелида титана с памятью формы. Часть I. Структура, фазовые превращения и свойства. Под редакцией В.Г. Пушина. Из-во Екатеринбург, 2006. С.169-248, 356-413.
16. Углеродные волокна и углекомпозиты: Пер. с англ. / Под ред. Э. Фитцера. М.: Мир, 1988. 336 с.
17. Справочник по композиционным материалам: В 2 кн.: Пер. с англ.: / Под ред. Дж. Любина. М.: Машиностроение, 1988. Кн. 1. 448 с.; Кн. 2. 584 с.
18. Достижения в области композиционных материалов: Пер. с англ. / Под. ред. Дж. Пиатти. М.: Металлургия, 1982. 304 с.
19. Цирлин Н.К. Непрерывные неорганические волокна для композиционных материалов. М.: Металлургия, 1992. 206 с.

в) ресурсы сети Интернет:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp?>
 2. ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
 3. SpringerLink [Electronic resource] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Electronic data. – Cham, Switzerland, [s. n.]. – URL: <http://link.springer.com/>
 4. ProQuest Ebook Central [Electronic resource] / ProQuest LLC. – Electronic data. – Ann Arbor, MI, USA, [s. n.]. – URL: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tomskuniv-ebooks/home.action>
 5. <http://www.krugosvet.ru/node/37970> Энциклопедия Кругосвет.
- Композиционные материалы.
6. [pereplet.ru>obrazovanie/stsoros/770.htm](http://pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/770.htm) М.Л. Кербер. Композиционные материалы.
 7. <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/541/76541/57778> Л.Н. Тялина, А.М. Минаев, В.А. Пручкин. Новые композиционные материалы. Учебное пособие.

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 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.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Остапенко Марина Геннадьевна, к.ф.-м.н., НИ ТГУ ФФ кафедра физики металлов, доцент.