


МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
материаловедения и индустрии наносистем  
Академик РАН

 В.М. Иевлев  
подпись, расшифровка подписи  
21.04.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.05.01 Композиционные материалы**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

*04.03.02 – Химия, физика и механика материалов*

2. Профиль подготовки/специализация: *Материаловедение и индустрия наносистем*

3. Квалификация выпускника: *бакалавр*

4. Форма обучения: *очная*

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *материаловедения и индустрии наносистем*

6. Составители программы: *Сладкопезцев Борис Владимирович, кандидат химических наук*

7. Рекомендована: *Научно-методическим советом химического факультета, протокол № 3 от 19.04.2022*

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр(ы): 8

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов представлений о композиционных материалах, их видах, физико-химических свойствах, способах получения и областях применения.

В ходе изучения дисциплины студенты должны

- приобрести знания об основных классах композиционных материалов, о физико-химических свойствах компонентов композитов и критериях конструирования; об основах термодинамики композиционных систем и процессах межфазного взаимодействия; об основных физических характеристиках композитов;
- знать основные классы композитов: композиты на основе металлической и полимерной матриц, жидкокристаллические композиты, керамические и углерод-углеродные композиционные материалы, био- и нанокompозиты. Знать основные методы их получения, физико-химические характеристики и области применения.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1.

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам: для освоения курса студент должен быть знаком с основными разделами общей и неорганической химии, иметь представления о методах анализа состава и структуры вещества.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах, изученных студентами ранее: «Общая и неорганическая химия»; «Органическая химия»; «Микроскопические методы исследования структуры материалов»; «Спектроскопические методы исследования материалов»; «Перспективные методы активации процессов синтеза функциональных материалов», «Полупроводниковые материалы и сверхпроводники», «Аморфные жидкокристаллические материалы».

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен использовать знания о методах синтеза и свойствах материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, для решения профессиональных задач	ПК-2.1	Способен выбирать методы синтеза материалов различного назначения (в том числе наноматериалов) в соответствии с поставленной задачей	Знать: современные представления о подходах к синтезу композиционных материалов с заданными свойствами Уметь: использовать полученные знания для выбора метода синтеза композиционных материалов Владеть: навыками синтеза некоторых видов материалов с композиционными свойствами
		ПК-2.2	Способен использовать знания о свойствах материалов для решения конкретных профессиональных задач	Знать: основные типы современных композиционных материалов и их свойства Уметь: прогнозировать возможности применения материалов в различных областях с учётом их физико-химических характеристик Владеть: навыками использования знаний о свойствах основных классов композиционных материалов для решения конкретных профессиональных задач

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.**

**Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой**

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			7 семестр	8 семестр
Контактная работа		60		60
в том числе:	лекции	30		30
	практические	30		30
	лабораторные	–		–
	курсовая работа	–		–
Самостоятельная работа		48		48
Промежуточная аттестация (для экзамена)				
Итого:		108		108

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Классификация и критерии конструирования композиционных материалов. Основные компоненты композитов	Понятие композиционных материалов. Классификация композитов. Критерии конструирования. Периодический закон Д.И. Менделеева и свойства химических элементов. Физико-химические свойства основных компонентов композитов. Металлы. Полупроводники. Полимеры. Жидкие кристаллы. Стекла. Керамики. Основные группы композиционных материалов	–
1.2	Термодинамика композиционных систем. Межфазное взаимодействие и совместимость компонентов	Термодинамика систем с поверхностями раздела. Термодинамические функции для систем с межфазными границами раздела. Условие равновесия на фазовой границе. Формула Лапласа. Поверхностное натяжение. Совместимость компонентов композита. Химическая совместимость. Влияние легирующих добавок на стабильность волокнистого композита. Классификация композитов на основе межфазного взаимодействия. Стабильность границы раздела композита. Термическая и механическая стабильность. Прочность границы и характер разрушения композита.	–
1.3	Физические свойства композитов	Общее определение физических свойств композита. X-Y-эффект. Упругие свойства композиционных материалов: композит, армированный непрерывными волокнами и	–

		<p>порошковый композит. Прочность композиционных материалов. Адгезия и смачивание в композитах. Формирование межфазного контакта. Уравнения Дюпре и Юнга. Взаимодействие контактирующих поверхностей при адгезии и прочность соединений. Адгезионная прочность на поверхности раздела и механические свойства композитов. Смачивание различных типов материалов. Процессы смачивания и адгезии. Актуальные научные задачи получения стабильных композитов.</p>	
1.4	Композиты на основе металлической матрицы	<p>Общая характеристика методов получения композитов с металлической матрицей. Классификация методов получения и обработки. Жидкофазные методы. Методы осаждения-напыления. Технологические процессы получения и обработки металлических композитов. Обработка давлением. Процессы порошковой металлургии. Методы получения дисперсно-упрочнённых композитов. Методы получения псевдосплавов и эвтектических композиционных материалов. Металлические волокнистые композиционные материалы (МВКМ). Свойства и методы получения МВКМ на основе титана, магния, алюминия, никеля и кобальта. Области применения МВКМ. Дисперсно-упрочнённые композиционные материалы (ДКМ). Свойства и методы получения ДКМ на основе алюминия, никеля, хрома, молибдена, вольфрама и серебра. Области применения ДКМ. Псевдосплавы. Свойства и методы получения псевдосплавов на основе железа, вольфрама, молибдена, никеля и титана. Области применения псевдосплавов. Эвтектические композиционные материалы</p>	—
1.5	Композиты на основе полимерной матрицы	<p>Состав и основные свойства полимерных композитов. Армирующие волокна и матрицы для полимерных композиционных материалов (ПКМ). Наногибридные полимер-неорганические композиты. Поверхность раздела фаз в ПКМ. Метод изготовления слоистых и намотанных ПКМ. Золь-гель методы получения наногибридных полимер-неорганических композитов. Дендримеры. Области применения полимерных композиционных материалов.</p>	—
1.6	Жидкокристаллические композиты	<p>Основные свойства жидких кристаллов. Методы получения жидкокристаллических композитов. Области применения.</p>	—
1.7	Керамические и углерод-углеродные композиционные материалы	<p>Керамические композиционные материалы (ККМ): основные свойства и методы получения. Применение ККМ. Углерод-углеродные композиционные материалы. Основные свойства, методы получения и области применения.</p>	—
1.8	Новые виды композитов	Синергетика процессов создания композиционных	—

		материалов. Новые виды материалов и технологий. Нано- и биоккомпозиты. Композиционные материалы в системе «гидроксипатит – титан»	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Классификация и критерии конструирования композиционных материалов. Основные компоненты композитов	Классификация композитов. Критерии конструирования. Периодический закон Д.И. Менделеева и свойства химических элементов. Физико-химические свойства основных компонентов композитов. Керамики. Основные группы композиционных материалов.	—
2.2	Термодинамика композиционных систем. Межфазное взаимодействие и совместимость компонентов	Термодинамика систем с поверхностями раздела. Термодинамические функции для систем с межфазными границами раздела. Условие равновесия на фазовой границе. Формула Лапласа. Поверхностное натяжение. Совместимость компонентов композита. Химическая совместимость. Влияние легирующих добавок на стабильность волокнистого композита.	—
2.3	Физические свойства композитов	Общее определение физических свойств композита. X-Y-эффект. Упругие свойства композиционных материалов: композит, армированный непрерывными волокнами и порошковый композит. Прочность композиционных материалов. Адгезия и смачивание в композитах. Формирование межфазного контакта. Уравнения Дюпре и Юнга. Взаимодействие контактирующих поверхностей при адгезии и прочность соединений. Адгезионная прочность на поверхности раздела и механические свойства композитов. Смачивание различных типов материалов. Процессы смачивания и адгезии. Актуальные научные задачи получения стабильных композитов.	—
2.4	Композиты на основе металлической матрицы	Общая характеристика методов получения композитов с металлической матрицей. Классификация методов получения и обработки. Жидкофазные методы. Методы осаждения-напыления.	—
2.5	Композиты на основе полимерной матрицы	Состав и основные свойства полимерных композитов. Армирующие волокна и матрицы для полимерных композиционных материалов (ПКМ). Наногибридные полимер-неорганические композиты. Поверхность раздела фаз в ПКМ.	—
2.6	Жидкокристаллические композиты	Основные свойства жидких кристаллов. Методы получения жидкокристаллических композитов. Области применения.	—
2.7	Керамические и углерод-углеродные композиционные материалы	Керамические композиционные материалы (ККМ): основные свойства и методы получения. Применение ККМ. Углерод-углеродные композиционные материалы. Основные свойства, методы получения и области применения.	—
2.8	Новые виды композитов	Синергетика процессов создания композиционных материалов. Новые виды материалов и технологий. Нано- и биоккомпозиты. Композиционные материалы в системе «гидроксипатит – титан»	—
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1			
3.2			

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№	Наименование темы	Виды занятий (количество часов)
---	-------------------	---------------------------------

п/п	(раздела) дисциплины	Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Классификация и критерии конструирования композиционных материалов. Основные компоненты композитов	2	2	–	6	10
2	Термодинамика композиционных систем. Межфазное взаимодействие и совместимость компонентов	4	4	–	6	14
3	Физические свойства композитов	4	4	–	6	14
4	Композиты на основе металлической матрицы	5	5	–	6	16
5	Композиты на основе полимерной матрицы	5	5	–	6	16
6	Жидкокристаллические композиты	4	4	–	6	14
7	Керамические и углерод-углеродные композиционные материалы	4	4	–	6	14
8	Новые виды композитов	2	2	–	6	10
	Итого:	30	30	–	48	108

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В процессе изучения дисциплины предполагаются: работа с конспектами лекций и литературными источниками, специализированными интернет-ресурсами, базами данных и библиотеками; подготовка и защита рефератов.

Рекомендации по освоению дисциплины: необходимы систематическая работа с конспектом лекций и литературными источниками, а также с тематическими Интернет-ресурсами.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Фахльман Б. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б. Фахльман ; пер. с англ. Д. О. Чаркина и В. В. Уточниковой ; под ред. Ю. Д. Третьякова и Е. А. Гудилина. – Долгопрудный : Интеллект, 2011. – 463 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2.	Андреева А. В. Основы физикохимии и технологии композитов : Учебное пособие для студ. вузов по направлению «Материаловедение, технологии материалов и покрытий» (специальность "Материаловедение в машиностроении" / А.В. Андреева. – М. : ИПРЖР, 2001. – 191 с.
3.	Сайфуллин Р. С. Физикохимия неорганических полимерных и композиционных материалов / Р. С. Сайфуллин. — М. : Химия, 1990. — 239 с.
4.	Композиционные материалы / Под ред. Л. Браутмана, Р. Крока. В 8-ми томах. – М. : Мир, 1978.
5.	Соколовская Е. М. Физикохимия композиционных материалов / Е. М. Соколовская, Л. С. Гузей. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1978. — 255 с.
6.	Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / С. Л. Баженов [и др.]. – Долгопрудный : Интеллект, 2010. — 347 с.
7.	Композиционные материалы : справочник / Л. Р. Вишняков, Т. В. Грудина, В. Х. Кадыров и др. ; АН УССР. Ин-т проблем материаловедения; под ред. Д. М. Карпиноса. — Киев : Наукова думка, 1985. — 592 с.
8.	Принципы создания композиционных полимерных материалов / Ал. Ал. Берлин, С. А. Вольфсон, В. Г. Ошмян и др. — М. : Химия, 1990. — 237 с.

9.	Жаркова Г. М. Жидкокристаллические композиты / Г. М. Жаркова, А. С. Сонин. – Новосибирск : Наука, 1994. – 211 с.
10.	Периодические журналы «Applied composite materials», «Journal of composite materials»

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a> - сайт Зональной Научной Библиотеки Воронежского государственного университета
2.	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека
3.	<a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a> - один из крупнейших в мире онлайн-сборников опубликованных научных исследований (Elsevier)
4.	<a href="http://www.rusnanonet.ru/">http://www.rusnanonet.ru/</a> - информационно-аналитический портал российской национальной нанотехнологической сети

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1.	Практикум синтез и исследование нанодисперсных систем [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. 4 к. днев. отд-ния хим. фак., для направления 020300 - Химия, физика и механика материалов] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост.: Е.В. Томина и др.]. – Электрон. текстовые дан. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. – Загл. с титул. экрана. – Свободный доступ из интрасети ВГУ. – Текстовый файл. –Windows 2000; Adobe Acrobat Reader. – <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-102.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-102.pdf</a> >.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При реализации дисциплины используются различные типы лекций – вводные лекции, информационные лекции с визуализацией (мультимедийные презентации), по отдельным темам – обзорные. На практических занятиях: выступление с рефератами, семинарские занятия. Текущая аттестация осуществляется в форме контрольных работ, промежуточная – по КИМ.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Мультимедийный проектор BENQ, экран, ноутбук

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Классификация и критерии конструирования композиционных материалов. Основные компоненты композитов	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
2.	Термодинамика	ПК-2	ПК-2.1	Устный опрос

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	композиционных систем. Межфазное взаимодействие и совместимость компонентов		ПК-2.2	
3.	Физические свойства композитов	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
4.	Композиты на основе металлической матрицы	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
5.	Композиты на основе полимерной матрицы	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос Контрольная работа №1
6.	Жидкокристаллические композиты	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
7.	Керамические и углерод-углеродные композиционные материалы	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
8.	Новые виды композитов	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос Рефераты
Промежуточная аттестация форма контроля – зачёт с оценкой				Перечень вопросов

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

*Защита реферата*

*Устный опрос*

*Решение задач*

#### Темы рефератов

1. Композиционные материалы для протезирования
2. Нанокompозиты
3. Жидкокристаллические композиты: основные свойства и области применения
4. Композиционные наноматериалы на основе интеркалированного графита
5. Композиционные материалы в авиастроении

Требования к оформлению реферата

Реферат представляется в электронном виде в формате документа MS Word.

Структура реферата: введение, основной текст с подразделами, заключение, список литературы. Список цитируемых источников оформляется в соответствии с ГОСТ, количество источников – не менее 15. Объём реферата – не менее 20 страниц.

Выступление для аудитории должно быть проведено с использованием презентации, которая должна включать в большей мере иллюстративный материал и минимум текста (пояснения, заголовки, ключевые моменты).

#### Перечень заданий для контрольных работ

##### Вариант 1

Задание 1. Чем отличаются друг от друга ультра- и инфракерметы? В каких условиях лучше использовать ультра-, а в каких инфракерметы?

Задание 2. Какие легирующие добавки следует ввести в матрицу, чтобы увеличить термическую стабильность и изменить межфазное взаимодействие в композите никель – волокна молибдена?



Задание 3. Решите задачу: Объемная доля волокон кевлар в однонаправленном органопластике на основе эпоксидной матрицы равна 60 об. %. Определите модули упругости  $E_{cl}$  и  $E_{cl}$ . Прокомментируйте точность определения  $E_{cl}$ .

### Вариант 2

Задание 1. Как прочность и тип связи на границе раздела влияют на характер разрушения волокнистого композита?

Задание 2. Какой материал Вы применили бы для работы при 1750 °С в агрессивной окислительной среде? Какие тип материала и характер армирования Вы выберете?

Задание 3. Решите задачу: Объемная доля высокопрочных углеродных волокон в однонаправленном углепластике на основе эпоксидной матрицы равен 60 об. %. Определите прочность композита при растяжении. Предел текучести матрицы при растяжении равен 40 МПа.

### Вариант 3

Задание 1. От чего зависит пропитка пористых материалов? Какой жидкий металл, с какими характеристиками лучше выбрать для пропитки вольфрама?

Задание 2. Имеется композит титан – волокна бора. При температуре выше 1073 К под давлением образуются бориды, разупрочняющие композит. Предложите методы повышения термической стабильности композита.

Задание 3. Решите задачу: Композитный материал, используемый для ремонта автомобиля, состоит из случайно ориентированных коротких стеклянных волокон и полиэфирной матрицы. Определите максимальную вязкость разрушения композита. Предполагается, что степень армирования равна 30 об. %; диаметр волокон 15 мкм; предел прочности волокон 1400 МПа, а прочность матрицы при сдвиге равна 30 МПа.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### *Собеседование по билетам к зачету*

---

Перечень вопросов к зачету и порядок формирования КИМ

1. Композиционные материалы, их классификация.
2. Композиты на основе полимерной матрицы. Состав и основные свойства полимерных композитов.
3. Адгезия и смачивание в композитах. Формирование межфазного контакта.
4. Жидкокристаллические композиты
5. Совместимость компонентов композита. Химическая совместимость.
6. Общая характеристика методов получения композитов с металлической матрицей.
7. Физико-химические свойства основных компонентов композитов
8. Дисперсно-упрочнённые композиционные материалы. Свойства и методы получения.
9. Стабильность границы раздела композита. Термическая и механическая стабильность.
10. Керамические композиционные материалы. Основные свойства и методы получения.
11. Адгезионная прочность на поверхности раздела и механические свойства композитов.
12. Металлические волокнистые композиционные материалы. Свойства и методы получения МВКМ
13. Влияние легирующих добавок на стабильность волокнистого композита.
14. Псевдосплавы. Эвтектические композиционные материалы
15. Упругие свойства композиционных материалов: композит, армированный непрерывными волокнами.
16. Углерод-углеродные композиционные материалы. Основные свойства, методы получения и области применения.
17. Прочность границы и характер разрушения композита.
18. Нано- и биокompозиты.
19. Общее определение физических свойств композита. X-Y-эффект.
20. Методы изготовления слоистых и намотанных полимерных композиционных материалов. Золь-гель методы получения наногибридных полимер-неорганических композитов.

Каждый КИМ содержит 2 вопроса из разных разделов программы.

### Описание технологии проведения

На подготовку письменного ответа на вопросы КИМ (на листах ответов) даётся 60 минут, после этого проводится устная беседа.

### Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели: владение понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области синтеза и применения перспективных функциональных материалов</i>	<i>Отлично</i>
<i>Обучающийся владеет понятийным теоретическими основами дисциплины, способен охарактеризовать основные классы функциональных материалов, допускает ошибки и неточности при ответе</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен охарактеризовать основные классы функциональных материалов, не умеет применять полученные знания на практике</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при ответе на вопросы КИМа и дополнительные вопросы.</i>	<i>Неудовлетворительно</i>