

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
материаловедения и индустрии наносистем



В.М. Иевлев  
25.06.2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.02.01 Дизайн, синтез и свойства функциональных материалов**

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**  
04.06.01 Химические науки
- 2. Профиль подготовки/специализация:** 020021 Химия твердого тела
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** аспирант
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Материаловедения и индустрии наносистем
- 6. Составители программы:** *д.ф.-м.н., проф. Даринский Борис Михайлович*
- 7. Рекомендована:** *Научно-методическим советом химического факультета, протокол № 5 от 17.06.2021*
- 8. Учебный год:** 2024-2025 **Семестр(ы):** 7

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Курс «Дизайн, синтез и свойства функциональных материалов» преследует три основных цели. Первая из них заключается в создании теоретического фундамента на основе избранных разделов квантовой химии, кристаллохимии, химии и физики твердого тела, неравновесной термодинамики, необходимых для теоретического моделирования состава и структуры неорганических материалов в соответствии с заданными функциональными свойствами. При этом во главу угла ставится рассмотрение взаимосвязи между качественным и количественным составом вещества, природой химической связи, химическим или кристаллохимическим строением, с одной стороны, и функциональными свойствами различных неорганических материалов, с другой. Вторая цель этого курса состоит в систематике и классификации современных функциональных материалов с выделением наиболее общих признаков, характерных для каждой группы этих веществ. При этом внимание аспирантов акцентируется на перспективах расширения спектра практического применения этих материалов в результате модифицирования их физико-химических свойств. Третья задача данного курса состоит в изучении современных экспериментальных и промышленных методов, с помощью которых возможно осуществить модифицирование состава, химической или кристаллохимической структуры, а следовательно, и функциональных свойств данного материала.

Изучение этого курса преследует цель развить у аспирантов пространственное химическое мышление, научить теоретическому подходу к научным проблемам и критически воспринимать, казалось бы, незыблемые химические теории, т.к. все они неизбежно уточняются со временем.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Б1, вариативная часть

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<b>знать:</b> тенденции развития материаловедения, основные типы современных функциональных материалов и их свойства; современные представления о подходах к синтезу функциональных материалов с заданными свойствами;
		<b>уметь:</b> прогнозировать возможности применения материалов в различных областях с учётом их физико-химических характеристик;

		<p><b>владеть:</b> методами и средствами решения сформулированных задач синтеза и применения функциональных материалов; навыками и методами экспериментальных исследований свойств материалов; методами анализа, проектирования научного исследования и прогнозирования свойств по известным условиям синтеза материалов;</p>
ПК-1	способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.21 Химия твердого тела	<p><b>знать:</b> основные методы синтеза современных функциональных материалов с варьируемыми характеристиками;</p>
		<p><b>уметь:</b> выбирать и обосновывать оптимальные методы синтеза материалов; формулировать рекомендации по совершенствованию структуры и свойств функциональных устройств микро- и нанoeлектроники;</p>
		<p><b>владеть:</b> навыками планирования эксперимента, подготовки научно обоснованных выводов и оптимизации структуры и свойств функциональных устройств микро- и нанoeлектроники; способностью предлагать и анализировать модели физических явлений и процессов конденсации металлических, полупроводниковых и диэлектрических слоев;</p>
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<p><b>знать:</b> основные направления исследований в области современного материаловедения;</p>
		<p><b>уметь:</b> анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения;</p>
		<p><b>владеть:</b> способностью предлагать и анализировать возможности применения функциональных материалов в различных областях с учётом их физико-химических характеристик;</p>
УК-4	готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранных языках	<p><b>знать:</b> принципы функционирования современных информационных систем обмена научной информацией;</p>
		<p><b>уметь:</b> размещать информацию о направлениях научных исследований и полученных результатах исследований в информационных научных системах; взаимодействовать с другими пользователями посредством передачи текстовых, графических, аудио- и видеоизображений в компьютерных сетях; представлять научную информацию в виде презентаций, содержащих мультимедийное оформление</p> <p><b>владеть:</b> навыками использования мультимедийных технологий при обмене научной информацией</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/72.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		...	7	...
Аудиторные занятия	4		4	
в том числе: ИЗ	4		4	
практические				
лабораторные				
Самостоятельная работа	68		68	
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час./ экзамен – 36 час.)	зачет			
Итого:	72		72	

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	часов
<b>1. Лекции</b>			<b>0</b>

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение				5	5
2	Квантовая химия. Методы расчета и моделирования функциональных свойств веществ с молекулярной структурой. Молекулярная динамика				5	5
3	Широкозонные полупроводники. Получение, электро-физические свойства, кристаллическая структура. Основные области применения				5	5
4	Материалы для солнечных элементов				5	5
5	Широкозонные оксиды с сенсорными свойствами				5	5
6	Узкозонные полупроводники для инфракрасной оптоэлектроники.				5	5
7	Высокотемпературные сверхпроводники				5	5
8	Магнитные материалы				5	5

9	Ионные проводники				5	5
10	Фотонные кристаллы				5	5
11	Жидкие кристаллы				5	5
12	Биоматериалы				5	5
13	Структура перспективных функциональных наноматериалов на основе углерода. Фуллерены. Углеродные нанотрубки. Графен				8	8
	Итого:				68	72

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

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Организация изучения дисциплины предполагает:

- изучение основных и дополнительных литературных источников;

#### 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	Фальхман Б.. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б. Фальхман. – Долгопрудный : ИД «Интеллект», 2011. – 463 с.
2	Елисеев А.А. Функциональные наноматериалы / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин. – М. : Физматлит, 2010. – 452 с.
3	Эшби М. Конструкционные материалы. Полный курс / М. Эшби, Д. Джонс. - Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2010. - 672 с.
4	Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 400 с.
5	Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий / В.В. Старостин. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 431 с.
6	Третьяков Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов / Ю.Д. Третьяков, В.П. Путляев. – М. : Наука, 2006. – 400 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
7	Леенсон И.А. Химия в технологиях индустриального общества / И.А. Леенсон. - Долгопрудный : ИД «Интеллект», 2011. – 279 с.
8	Энциклопедия технологии полупроводниковых материалов: в 2 т. / под ред. К.А. Джексона, В. Шретера; пер. с англ. под ред. Э.П. Домашевской – Т. 1. - Электронная структура и свойства полупроводников. – М. : Водолей, 2004. – 967 с.
9	Гончаров Е.Г. Химия полупроводников / Е.Г. Гончаров, Г.В. Семенова, Я.А. Угай. – М. : Изд-во ВГУ, 1995. – 270 с.
10	Угай Я.А. Введение в химию полупроводников / Я.А. Угай. – М. : Высш. шк., 1975. – 302 с.
11	Третьяков Ю.Д. Химические принципы получения металлоксидных сверх-

	Проводников / Ю.Д. Третьяков, Е.А. Гудилин // Успехи химии. – 2000. – Т. 69, № 1. 40.
12	Мнеян М.Г. Сверхпроводники в современном мире / М.Г. Мнеян. – М. : Просвещение, 1991. – 69 с.
13	Ashby M. F. Materials: Engineering, Science, Processing and Design / <a href="#">M. F. Ashby</a> , <a href="#">H. Shercliff</a> , D. Sebon. - Amsterdam, London, New York, Sydney : Elsevier, 2011. - 672 p.
14	Угай Я.А. Общая и неорганическая химия / Я.А. Угай. – М. : Высшая школа, 2004. – 527 с.
15	Уэллс А. Структурная неорганическая химия / А. Уэллс: в 3-х т. М. : Мир, 1988. – Т. 1 – 405 с.; Т. 2 – 694 с.; Т. 3 – 563 с.
16	Фистуль В.И. Физика и химия твердого тела / В.И. Фистуль. – М. : Металлургия, 1. – 480 с.; Т. 2. – 320 с.
17	Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. Б.Н. Ар И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др.; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. - 2-е изд., испр. М.: Машиностроение, 1986, 384 с.

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

№ п/п	Ресурс
18	<a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a> - сайт Зональной Научной Библиотеки Воронежского государственного университета
19	<a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a> - Нанотехнологическое сообщество «Нанометр»
20	<a href="http://www.nanonewsnet.ru/">http://www.nanonewsnet.ru/</a> - новости нанотехнологий, информационно-аналитическое издание, посвященное вопросам популяризации и развития нанотехнологий в РФ
21	<a href="http://www.rusnanonet.ru/">http://www.rusnanonet.ru/</a> - информационно-аналитический портал российской национальной нанотехнологической сети

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

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

№ п/п	Источник
1	Иевлев В.М. Тонкие пленки неорганических материалов: Механизм роста и субструктура. / В.М. Иевлев. учеб. пособие. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2008. – 496 с.
2	Тонкие пленки и гетероструктуры : сборник задач и вопросов : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. 4 к. хим.и 3-4 к. физ. факультетов направления 020300 - Химия, физика и механика материалов] / сост.: В.М. Иевлев, А.С. Прижимов .— Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

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

**19. Фонд оценочных средств:**

**19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	<b>знать:</b> тенденции развития материаловедения, основные типы современных функциональных материалов и их свойства; современные представления о подходах к синтезу функциональных материалов с заданными свойствами;	Все разделы	
	<b>уметь:</b> прогнозировать возможности применения материалов в различных областях с учётом их физико-химических характеристик;	Все разделы	
	<b>владеть:</b> методами и средствами решения сформулированных задач синтеза и применения функциональных материалов; навыками и методами экспериментальных исследований свойств материалов; методами анализа, проектирования научного исследования и прогнозирования свойств по известным условиям синтеза материалов;	Все разделы	
ПК-1 способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.21 Химия твердого тела	<b>знать:</b> основные методы синтеза современных функциональных материалов с варьируемыми характеристиками;	Все разделы	
	<b>уметь:</b> выбирать и обосновывать оптимальные методы синтеза материалов; формулировать рекомендации по совершенствованию структуры и свойств функциональных устройств микро- и наноэлектроники;	Все разделы	
	<b>владеть:</b> навыками планирования эксперимента, подготовки научно обоснованных выводов и оптимизации структуры и свойств	Все разделы	

	функциональных устройств микро- и нанoeлектроники; способностью предлагать и анализировать модели физических явлений и процессов конденсации металлических, полупроводниковых и диэлектрических слоев;		
УК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<b>знать:</b> основные направления исследований в области современного материаловедения;	Все разделы	
	<b>уметь:</b> анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения;	Все разделы	
	<b>владеть:</b> способностью предлагать и анализировать возможности применения функциональных материалов в различных областях с учётом их физико-химических характеристик;	<i>Гетероструктуры</i>	
УК-4 готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранных языках	<b>знать:</b> принципы функционирования современных информационных систем обмена научной информацией;	Все разделы	
	<b>уметь:</b> размещать информацию о направлениях научных исследований и полученных результатах исследований в информационных научных системах; взаимодействовать с другими пользователями посредством передачи текстовых, графических, аудио- и видеоизображений в компьютерных сетях; представлять научную информацию в виде презентаций, содержащих мультимедийное оформление	Все разделы	
	<b>владеть:</b> навыками использования мультимедийных технологий при обмене научной информацией	Все разделы	
<b>Промежуточная аттестация</b>			КИМ

\* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.



## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено  
Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Владение основным материалом курса, полные и правильные ответы на зачете.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Отсутствие знаний по вопросу билета на зачете или неверные, значительно искаженные ответы.	–	<i>Не зачтено</i>

## 19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### 19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

- 01 Что такое материал (общее определение)?
- 02 В чем разница между функциональными и конструкционными материалами?
- 03 Назовите химические соединения (1-2 формулы), являющиеся типичными представителями: наноматериалов, катализаторов, стекол, диэлектриков, полупроводников, сверхпроводников, супериоников, магнитных и биоматериалов.
- 04 Чем наука о материалах отличается от неорганической химии физической химии, физики, химии твердого тела?
- 05 Как определить место наук о материалах среди остальных наук?
- 06 Что является объектом исследований науки о материалах?
- 07 Каковы основные цели и тенденции развития современного материаловедения?
- 08 Какие науки вносят наибольший вклад в изучение материалов?
- 09 Какие существуют методы физико-химического исследования материалов?
- 10 В чем проявляется роль фундаментального материаловедения в современном обществе?
- 11 В чем причина изменения современных приоритетов развития материаловедения?
- 12 Что относится к критическим технологиям развития в настоящее время?
- 13 Как существуют подходы к созданию новых материалов?
- 14 Какими методами можно прогнозировать структуру новых материалов?
- 15 Какие критерии позволяют осуществлять поиск новых функциональных материалов?
- 16 Какие принципы используются для получения новых функциональных материалов?
- 17 Какие области применения возможны для широкозонных полупроводников?
- 18 В чем заключаются преимущества функциональных свойств нитрида галлия?
- 19 Назовите основные методы получения объемных кристаллов и тонких пленок нитрида галлия
- 20 Объясните принцип работы светодиода на основе нитрида галлия
- 21 Докажите преимущества нитрида галлия в сравнении с кремнием и арсенидом галлия
- 22 Какие материалы используются в инфракрасной оптоэлектронике? Назовите типичных представителей.
- 23 Какие типы точечных дефектов характерны для халькогенидов свинца?
- 24 Каковы особенности фазовых диаграмм систем «элемент IVA группы – халькоген»?
- 25 В чем состоят отличия различных типов детекторов ИК-излучения?

- 26 На каком принципе работают фотоэлементы? Как управлять их спектральной чувствительностью?
- 27 Какие примесные атомы обладают амфотерными свойствами в халькогенидах свинца?
- 28 В чем состоит преимущество узкозонных полупроводников AIVBVI по сравнению с аналогичными материалами AIBVI?
- 29 Что такое «спинопольный распад»?
- 30 На каком принципе работают фотоэлементы? Как управлять их спектральной чувствительностью?
- 31 За счет чего в полупроводниковых лазерах достигается «отрицательная» абсолютная температура?
- 32 Какие легирующие добавки вызовут в кремнии образование донорных и акцепторных уровней? Опишите это с помощью квазихимических символов.
- 33 Что такое p-n-p переход?
- 34 В каких случаях собственная проводимость полупроводника может быть выше примесной и наоборот?
- 35 Назовите основные классы высокотемпературных сверхпроводников?
- 36 Что такое «вихри Абрикосова»?
- 37 Объясните механизм эффекта Джозефсона
- 38 В чем состоят особенности кристаллической структуры ВТСП  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ ?
- 39 Что такое «композитные электролиты» и в каких случаях их обычно используют (примеры)?
- 40 Назовите типичные примеры протонных проводников
- 41 Опишите (словесно) структуру бета - глинозема. Почему этот твердый электролит имеет высокую катионную проводимость?
- 42 В чем заключаются различия в механизмах проводимости NaCl, AgCl и AgI?
- 43 Почему кобальтит лития обладает и ионной и электронной проводимостью?
- 44 Оцените размеры туннелей в структуре голландита. Какие катионы могут размещаться в таких туннелях?
- 45 Приведите примеры рекорсменов среди твердых электролитов по ионной проводимости (при возможно более низких температурах) по: (1) O<sup>2-</sup>, (2) F<sup>-</sup>, (3) Ag<sup>+</sup>, (4) Na<sup>+</sup>, (5) Li<sup>+</sup>
- 46 В чем заключается отличие твердых электролитов от жидких электролитов и ионных кристаллов?
- 47 Почему энтропия плавления AgI аномально мала?
- 48 Каковы возможные кристаллохимические критерии поиска новых суперионных проводников?
- 49 Почему необходимо использование «стабилизации» ZrO<sub>2</sub> за его счет легирования?
- 50 Чем жидкие кристаллы отличаются от «обычных»?
- 51 Чем нематические ЖК отличаются от холестерических и смектических ЖК?
- 52 Каковы основные особенности фазовых диаграмм (фазовых переходов), связанных с жидкими кристаллами?
- 53 В чем преимущества использования жидких кристаллов в науке и технике?
- 54 Назовите основные области использования жидких кристаллов.
- 55 Опишите принципы, позволяющие использовать жидкие кристаллы в устройствах отображения информации
- 56 Какие типы биоматериалов вы знаете?
- 57 Что такое биосовместимость и биорезорбируемость?
- 58 Опишите кристаллическую структуру гидроксиапатита
- 59 Назовите основные области применения биоматериалов
- 60 Какие существуют способы получения биоматериалов?
- 61 Что такое биомиметика?
- 62 Какие биоматериалы можно назвать биоинертными?

#### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса, выполнения практического задания. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.