

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  
25.06.2021.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.03 Химия твердого тела**

- 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:

Изучение общих закономерностей протекания твердофазных химических реакций, формирование знаний о современных достижениях в области создания функциональных и конструкционных материалов, а также наноматериалов

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Б1, вариативная часть

Специальная дисциплина отрасли науки и научной деятельности. Для усвоения данной дисциплины необходимы базовые знания по общей и неорганической химии. .

## 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, химии твердого тела, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий;
		<b>уметь:</b> находить научную информацию, необходимую для проведения исследования с использованием современных средств коммуникации
		<b>владеть:</b> навыками экспериментальных исследований свойств пленок неорганических материалов; методами анализа, проектирования научного исследования и прогнозирования свойств тонкопленочных материалов;
ПК-13	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области химии твердого тела с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<b>знать:</b> современные тонкопленочные материалы, перспективы их применения;
		<b>уметь:</b> выбирать теоретические варианты и экспериментальные методы решения физико-технологических задач; формулировать рекомендации по совершенствованию структуры и свойств тонкопленочных материалов; уметь оценивать свойства материала в зависимости от состава, атомной структуры и субструктуры
		<b>владеть:</b> навыками планирования эксперимента, подготовки научно обоснованных выводов и оптимизации структуры и свойств тонкопленочных материалов;
ПК-3	владением основами теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической, коллоидной, химии высокомоле-	<b>знать:</b> основные понятия фундаментальных разделов химии, в том числе химии твердого тела; теорию строения твердых тел; основные причины появления дефектов и их классифика-

	кулярных соединений, химии твердого тела и электрохимии)	цию
		<p><b>уметь:</b> использовать основные понятия и законы химии твердого тела,</p> <p><b>владеть:</b> навыками описания процессов дефектообразования в зависимости от температуры, давления собственного пара, наличия примесей</p>
ПК-4	способностью применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных	<p><b>знать:</b> основные понятия фундаментальных разделов химии, в том числе химии твердого тела; теорию строения твердых тел; основные причины появления дефектов и их классификацию</p> <p><b>уметь:</b> использовать основные понятия и законы химии твердого тела,</p> <p><b>владеть:</b> навыками использования мультимедийных технологий при обмене научной информацией</p>
ПК-5	владением навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами химии, владением навыками работы на современной научной аппаратуре при проведении химических экспериментов	<p><b>знать:</b> тенденции развития материаловедения, химии твердого тела, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий;</p> <p><b>уметь:</b> выбирать теоретические варианты и экспериментальные методы решения физико-технологических задач; формулировать рекомендации по совершенствованию структуры и свойств тонкопленочных материалов; уметь оценивать свойства материала в зависимости от состава, атомной структуры и субструктуры</p> <p><b>владеть:</b> навыками планирования эксперимента, подготовки научно обоснованных выводов и оптимизации структуры и свойств тонкопленочных материалов;</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 модели физических явлений и процессов конденсации металлических, полупроводниковых и диэлектрических слоев;</p>
УК-4	готовность использовать современные методы и технологии научной коммуни-	<p><b>знать:</b> принципы функционирования современных информационных систем обмена научной информацией;</p>

	кации на государственном и иностранных языках	<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
		<b>владеть:</b> навыками использования мультимедийных технологий при обмене научной информацией

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 4/144.**

**Форма промежуточной аттестации – экзамен.**

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		...	7	...
Аудиторные занятия	18		18	
в том числе: ИЗ	18		18	
практические				
лабораторные				
Самостоятельная работа	90		90	
Форма промежуточной ттестации (зачет – 0 час./ экзамен – 36 час.)		36		
Итого:	144		144	

#### 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)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Основы химии твердого тела				10	28
3	Керамические, стеклообразные и аморфные материалы.				10	10
4	Металлические материалы				10	10
5	Полупроводниковые материалы				10	10
6	Материалы для преобразования энергии				10	10
7	Наноматериалы				10	10
8	Композиционные материалы, нанокompозиты				10	10
9	Материалы для записи информа-				10	10

	ции					
10	Материалы для хранения водород				10	10
	Итого:				90	144

#### 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	Третьяков Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов. / Ю.Д. Третьяков, В.П. Путляев. Серия: Классический университетский учебник. – М. : Наука, 2006. – 400 с. Изд. «Наука»
2	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.
3	Ярославцев А.Б. Химия твердого тела / А.Б. Ярославцев.— М. : Науч. мир, 2009. — 322 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Фистуль В.И. Физика и химия твердого тела / В.И. Фистуль. – М. : Металлургия. 1995. Т.1 - 400 с., Т.2 - 320 с.
5	Браун М. Реакции в твердых телах / М. Браун, Д. Доллимор, А. Галвей. – М. : Мир, 1983. – 360 с.
6	Елисеев А.А. Функциональные наноматериалы. / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин; под ред. Ю.Д. Третьякова. учеб. пособие. - М. : Физматлит, 2010. - 456 с.
7	Гусев А.И. Нанокристаллические материалы. / А.И. Гусев, А.А. Ремпель. – М. : Физматлит, 2000, 224 с.
8	И.П. Суздаев. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. / И.П. Суздаев. Комкнига.- М. : 2006 - 592 с.
9	Андреева А.В. Основы физикохимии и технологии композитов: учеб. пособие для вузов. / А.В. Андреева. - М.: ИПРЖР, 2001. – 192 с.
10	Оксидная керамика: спекание и ползучесть. / В.С. Бокунов В.С., А.В. Беляков и др. – М. : Изд. РХТУ, 2007. - 584 с.
11	Кнотько А.В. Химия твердого тела/ А.В. Кнотько, И.А.Пресняков, Ю.Д. Третьяков. - М. : Академия. - 2006. – 306 с.
12	Синельников Б.М. Физическая химия кристаллов с дефектами/ Б.М.Синельников – М. : Высш. шк., 2005. – 137 с.
13	Крегер Ф. Химия несовершенных кристаллов / Ф. Крегер. - М. : Мир, 1969. -

	654 с.
14	Вест А. Химия твердого тела : Теория и приложения: в 2-х ч./ А. Вест. - М. : Мир, 1988. - Ч. 1. - 555 с. ; Ч. 2. – 334 с.

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

№ п/п	Ресурс
15	<a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a> - сайт Зональной Научной Библиотеки Воронежского государственного университета
16	<a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a> - Нанотехнологическое сообщество «Нанометр»
17	<a href="http://www.nanonewsnet.ru/">http://www.nanonewsnet.ru/</a> - новости нанотехнологий, информационно-аналитическое издание, посвященное вопросам популяризации и развития нанотехнологий в РФ
18	<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	Гончаров Е.Г. Химия полупроводников: учеб. пособие / Е.Г. Гончаров, Г.В. Семенова, Я.А. Угай. - Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1995. – 270 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 соот-	<b>знать:</b> тенденции развития материаловедения, химии твердого тела, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий;	Основы химии твердого тела	Устный опрос

ветствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	<b>уметь:</b> находить научную информацию, необходимую для проведения исследования с использованием современных средств коммуникации	Основы химии твердого тела	Устный опрос
	<b>владеть:</b> навыками экспериментальных исследований свойств пленок неорганических материалов; методами анализа, проектирования научного исследования и прогнозирования свойств тонкопленочных материалов;	Основы химии твердого тела	Устный опрос
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> современные тонкопленочные материалы, перспективы их применения;	Материалы для преобразования энергии Наноматериалы Композиционные материалы, нанокompозиты Материалы для записи информации Материалы для хранения водорода	Устный опрос
	<b>уметь:</b> выбирать теоретические варианты и экспериментальные методы решения физико-технологических задач; формулировать рекомендации по совершенствованию структуры и свойств тонкопленочных материалов; уметь оценивать свойства материала в зависимости от состава, атомной структуры и субструктуры		Устный опрос
	<b>владеть:</b> навыками планирования эксперимента, подготовки научно обоснованных выводов и оптимизации структуры и свойств тонкопленочных материалов;		Устный опрос
ПК-2 Владение основами теории фундаментальных разделов химии (Прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической, коллоидной, химии высокомолекулярных соединений, химии твердого тела и электрохимии)	<b>знать:</b> основные понятия фундаментальных разделов химии, в том числе химии твердого тела; теорию строения твердых тел; основные причины появления дефектов и их классификацию	Керамические, стеклообразные и аморфные материалы.	Устный опрос
	<b>уметь:</b> использовать основные понятия и законы химии твердого тела, <b>владеть:</b> навыками описания процессов дефектообразования в зависимости от температуры, давления собственного пара, наличия примесей		Устный опрос

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;	Основы химии твердого тела	Устный опрос
	<b>уметь:</b> анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения;	Основы химии твердого тела	Устный опрос
	<b>владеть:</b> способностью предлагать и анализировать модели физических явлений и процессов конденсации металлических, полупроводниковых и диэлектрических слоев;	Основы химии твердого тела	Устный опрос
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;	Основы химии твердого тела	Устный опрос
	<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		
	<b>владеть:</b> навыками использования мультимедийных технологий при обмене научной информацией	Основы химии твердого тела	
<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.

	Уровень	
--	---------	--



Критерии оценивания компетенций	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:**

1. Понятие о твердой фазе. Совершенные несовершенные кристаллы. Тепловой беспорядок в кристалле.
2. Разупорядочение собственное и примесное. Структурные дефекты и их классификация.
3. Точечные дефекты, их характеристика. Нейтральные и заряженные дефекты.
4. Номенклатура точечных дефектов. Основные типы разупорядочения в кристаллах простых веществ.
5. Метод квазихимических реакций. Химические потенциалы точечных дефектов.
6. Термодинамическая оценка температурной зависимости концентрации точечных дефектов - разупорядочение по Шоттки
7. Термодинамическая оценка температурной зависимости концентрации точечных дефектов - разупорядочение по Френкелю
8. Дефектообразование в беспримесных кристаллах простых веществ. Полное равновесие дефектов. Метод Броуэра.
9. Использование метода Броуэра при описании дефектообразования в кристалле простого вещества (вакансии - единственный тип точечных дефектов).
10. Дефектообразование в кристаллах простых веществ, содержащих примесь - температурная зависимость концентрации дефектов в кристалле полупроводника. температурная зависимость концентрации дефектов в кристалле полупроводника
11. Механизм вхождения примеси в решетку кристалла простого вещества.
12. Теория нестехиометрии, основные понятия. Отображение отклонения от стехиометрии на фазовых диаграммах.
13. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса.
14. Геометрические свойства дислокаций. Типы дислокаций.
15. Энергия дислокаций. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами и между собой.
16. Движение дислокаций. Образование и размножение дислокаций
17. Структурно-чувствительные и объемные свойства. Механические свойства
18. Оптическое поглощение, центры окраски
19. Влияние дефектов на электрические свойства материалов
20. Механизмы диффузии
21. Твердофазные реакции

### **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.