

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»*

*Факультет физико-математических и естественных наук*

Рекомендовано МССН  
по направлению 04.00.00 «Химия»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины**

**ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

**Рекомендуется для направления подготовки**

**04.06.01 «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

### 1. Цели и задачи дисциплины:

**Цель дисциплины:** формирование у аспирантов основ научного химического мышления, получение необходимого запаса фактических сведений в области синтеза, строения и свойств твёрдых фаз, а также навыков работы с этими веществами.

#### Задачи:

- освоение основных теоретических концепций, описывающих строение кристаллических и аморфных твёрдых фаз;
- освоение современных методов исследования материалов;
- изучение методов синтеза твердых веществ.
- получение представления о применении твердых веществ

### 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина *Химия твердого тела* относится к *вариативной* части Блока 1 «Дисциплины (модули)»

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

#### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
<b>Универсальные компетенции</b>			
1	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	История и философия науки Методология научных исследований Приоритетные направления развития химии	
<b>Профессиональные компетенции</b>			
1	ПК-1 Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области химии, владение культурой научного исследования в области химии	Методология научных исследований Приоритетные направления развития химии	

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1,

ПК-1

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** методы критического анализа и достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

**Уметь:** выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач.

**Владеть:** методологией теоретических и экспериментальных исследований в области химии, культурой научного исследования в области химии твердого тела.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы

.№ п/п	Вид учебной работы	Всего часов	Курсы			
			I	II	III	IV
<b>1.</b>	<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	60		60		
	В том числе:					-
1.1.	Лекции	40		40		
1.2.	Лабораторные работы (ЛР)	20		20		
<b>2.</b>	<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	48		48		
	В том числе:					-
2.2.	Реферат			18		
2.3	Выполнение домашних заданий			15		
2.4.	Подготовка и прохождение аттестации			15		
<b>3.</b>	<b>Общая трудоемкость (ак.часов)</b>	108		108		
	<b>Общая трудоемкость (зачетных единиц)</b>	3		3		

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Содержание разделов дисциплины

Название разделов (тем) дисциплины	Краткое содержание разделов (тем) дисциплины:
<b>Химия и материалы. Классификация твердофазных материалов</b>	Классификация материалов по составу: металлические и неметаллические (полимеры, керамика, стекло), композиционные материалы (на металлической и керамической основе). Классификация материалов по структурному признаку: монокристаллы, поликристаллы, аморфные и смешанные и функциям. Классификация по свойствам (конструкционные материалы (традиционные и новые) и функциональные (электрические, оптические, магнитные, сенсорные, суперионники, биологические)
<b>Природа твердых тел</b>	Химическая связь в твердых телах. Факторы, влияющие на образование структуры твердых тел. Связь стехиометрии и структуры. Типы химической связи и кристаллических решеток. Молекулярные кристаллы. Ионная связь и ионные структуры. Ковалентная связь и атомные решетки. Ковалентный радиус и ионный радиус. Уравнение Сандерсона. Закономерности образования ионных структур. Энергия решетки ионного кристалла. Уравнение Борна и уравнение Капустинского. Металлическая связь и структура металлов. Электронная структура твердых тел. Зонная теория. Зонная структура металлов и полупроводников.

	<p>Кристаллические структуры твердых тел. Классификация способов описания. Кристаллическая решетка и элементарная ячейка. Основные типы кристаллических решеток. Теория плотнейших упаковок. Кристаллическая структура металлов. Кристаллическая структура керамики. Структура кристаллическом состоянии. Молекулярные кристаллы. Полиморфизм и аллотропия. Единичные и поликристаллические материалы. Аморфная и аморфно-кристаллическая структуры.</p>
<b>Твердые растворы</b>	<p>Твердые растворы замещения (изовалентное, гетеровалентное замещение), внедрения и вычитания. Кластеры в твердых растворах. Механизмы образования твердых растворов. Условия образования твердых растворов. Экспериментальные методы изучения твердых растворов.</p>
<b>Дефекты в кристаллах и нестехиометрия</b>	<p>Совершенные и несовершенные кристаллы. Типы дефектов. Дефекты Шоттки и Френкеля. Центры окраски. Кластеры и агрегаты дефектов, антиструктурные дефекты, протяженные дефекты. Нестехиометрия и дефекты. Дислокации. Свойства, определяемые точечными дефектами, дислокациями, объемными дефектами. Механические свойства и реакционная способность твердых тел.</p>
<b>Фазовые переходы</b>	<p>Фазовые переходы и их классификация. Классификация Бюргера. Классификация фазовых переходов по Эренфесту. Классификация Уббеллоде. Представление фазовых переходов на диаграммах состояния. Термодинамика фазовых переходов.</p>
<b>Препаративные методы получения твердых тел</b>	<p>Твердофазные реакции (экспериментальное осуществление твердофазных реакций, кинетика твердофазных реакций). Кристаллизация растворов, расплавов, стекол и гелей. Транспортные реакции и реакции внедрения и ионного обмена. Методы электрохимического восстановления. Выращивание монокристаллов (Методы Чохральского, Бриджмена и Стокбаргера, Вернейля, зонная плавка, кристаллизация из растворов или расплавов)</p>
<b>Методы исследования твердых тел</b>	<p>Дифракционные методы (рентгеновские методы, электронография, нейтронография). Микроскопические методы. Спектральные методы (оптическая микроскопия, электронная микроскопия, колебательная спектроскопия, ЯМР, ЭПР, электронная спектроскопия). Термический анализ.</p>
<b>Физические свойства твердых тел</b>	<p>Ионная проводимость и твердые электролиты. Электрические свойства. Магнитные и оптические свойства. Стекло, цемент и бетон, огнеупорные материалы.</p>

## 5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Лаб. зан.	СРС	Всего час.
1.	Химия и материалы. Классификация твердофазных материалов.	2		3	5
2.	Природа твердых тел	6		5	11
3.	Твердые растворы.	5		4	9
4.	Дефекты в кристаллах и нестехиометрия	3		4	7
5.	Фазовые переходы	6		8	14
6.	Препаративные методы получения твердых тел	6	10	8	24
7.	Методы исследования твердых тел	6	10	8	24
8.	Физические свойства твердых тел	6		8	14

## 6. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1.	1, 6, 8	1. Постановка задачи по синтезу. Выбор объекта синтеза 2. Сбор литературных данных по объекту синтеза и исследования. Определение условий синтеза и методов анализа. 3. Приготовление исходных веществ для синтеза (высушивание, при необходимости перекристаллизация)	6
2.	6,	1. Расчет навесок исходных веществ. Взвешивание. Гомогенизация. Прессование. 2. Отжиг с промежуточными перешихтовками.	10
3.	3, 7, 8	1. Пробоподготовка для проведения РФА. Определение фазности образцов. 2. Расчет параметров кристаллической решетки полученных фаз. 3. ДТА и ДСК полученных образцов. 4. Написание отчета	14

## 7. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрены учебным планом

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийная аудитория или учебная аудитория с возможностью использования проектора и компьютерной техники для занятий по представлению презентационных материалов обучающимися. Компьютерные (дисплейные) классы с доступом к сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета для проведения обучающимися самостоятельной работы и проведения компьютерного тестирования обучающихся (при необходимости).

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Москва, ул. Орджоникидзе, 3, корп.1 Учебная химическая лаборатория для проведения групповых занятий	Комплект специализированной мебели, доска меловая; специализированное оборудование химической лаборатории, химическая	Программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions (EES) № 56278518 от 23.04.2019

лекционного, семинарского и лабораторного типа, индивидуальных консультаций, самостоятельной работы:	посуда, химические реактивы, ноутбук, имеется wi-fi	(продлевается ежегодно, программе присваивается новый номер)
--	---	--

1. Высокотемпературные муфельные электропечи ШОЛ-13
2. Высокотемпературная микроволновая муфельная печь НАMiLab-C1500
3. Лабораторный пресс «Легат» F-12
4. ТермоанализаторSDT-Q600
5. Дифрактометр рентгеновский ДРОН-7
6. Программируемый гидравлический пресс SpexX-Press 3635
7. Мельница-ступка FritschPulverisette 2
8. Компьютеры для проведения вычислений, обработки результатов и доступа к информационным системам.

## 9. Информационное обеспечение дисциплины

а) программное обеспечение:

- ОС Windows, MS Office (программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions), браузер Firefox (лицензия MPL-2.0) или браузер Chrome (лицензия Google Chrome Terms of Service); Adobe Reader (Adobe Software License Agreement).

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

НАЗВАНИЕ РЕСУРСА	ОПИСАНИЕ РЕСУРСА	АДРЕС ДОСТУПА
Научная электронная библиотека eLIBRARY		<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
Естественно-научный образовательный портал	Портал является составной частью федерального портала "Российское образование". Содержит ресурсы и ссылки на ресурсы по естественно-научным дисциплинам (физика, химия и биология)	<a href="http://www.en.edu.ru/">http://www.en.edu.ru/</a>
Сайт студентов, аспирантов и преподавателей ВУЗов	Доступ к ресурсам осуществляется через регистрацию. Скачивание ресурсов происходит за счет баллов. Баллы начисляются посредством sms	<a href="http://www.twirpx.com/">http://www.twirpx.com/</a>
ХиМик.ru	сайт о химии	<a href="http://www.xumuk.ru/">http://www.xumuk.ru/</a>
Ximia.org	все о химии	<a href="http://www.ximia.org/">http://www.ximia.org/</a>
alhimikov.net	На сайте представлены различные материалы по химии и смежным наукам. Они будут интересны преподавателям, учащимся и всем, кто интересуется химией	<a href="http://www.alhimikov.net/">http://www.alhimikov.net/</a>
himhelp.ru	Образовательный ресурс. Химия, полимеры, рефераты по химии	<a href="http://www.himhelp.ru/">http://www.himhelp.ru/</a>
chemNet	Химическая информационная сеть. Химический факультет МГУ	<a href="http://www.chem.msu.ru/">http://www.chem.msu.ru/</a>
Электронная библиотека по химии и технике		<a href="http://www.rushim.ru/books/books.htm">http://www.rushim.ru/books/books.htm</a>
gigapedia	На сайте собрано более 10 тыс. книг по химии, преимущественно на	<a href="http://gigapedia.com/">http://gigapedia.com/</a>

	английском языке. Для загрузки книг необходима регистрация	
OxfordJournals. LifeSciences	Журналы по естественно-научным дисциплинам	<a href="http://www.oxfordjournals.org/">http://www.oxfordjournals.org/</a>
Химическая наука и образование в России		<a href="http://www.chem.msu.ru/rus/">http://www.chem.msu.ru/rus/</a>
Российский химический журнал	Журнал	<a href="http://www.chem.msu.ru/rus/journals/jvho/welcome.html">http://www.chem.msu.ru/rus/journals/jvho/welcome.html</a>
<a href="#">Химическая энциклопедия</a>		<a href="http://www.chemport.ru">http://www.chemport.ru</a>
chemNet	Химическая информационная сеть. Химический факультет МГУ	<a href="http://www.chem.msu.ru/">http://www.chem.msu.ru/</a>
Электронная библиотека по химии и технике		<a href="http://www.rushim.ru/books/books.htm">http://www.rushim.ru/books/books.htm</a>
gigapedia	На сайте собрано более 10 тыс. книг по химии, преимущественно на английском языке. Для загрузки книг необходима регистрация	<a href="http://gigapedia.com/">http://gigapedia.com/</a>
OxfordJournals. LifeSciences	Журналы по естественно-научным дисциплинам	<a href="http://www.oxfordjournals.org/">http://www.oxfordjournals.org/</a>
Химическая наука и образование в России		<a href="http://www.chem.msu.ru/rus/">http://www.chem.msu.ru/rus/</a>

## 10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

### а) основная литература

1. Физические методы исследования неорганических веществ. Учебное пособие для вузов / Т.Г. Баличева; Под ред. А.Б.Никольского. - М.: Академия, 2006. - 448 с
2. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. – М.: Высшая школа, 1987. - 364 с.
3. Г.Готтштайн. Физико-химические основы материаловедения. Бином.: Лаборатория знаний, 2009. 400с.

### б) дополнительная литература

1. Вест А.Р. Химия твердого тела: Теория и приложения В 2-х ч. Ч. 1 - М.: Мир, 1988. - 555 с.
2. Вест А.Р. Химия твердого тела: Теория и приложения В 2-х ч. Ч. 2 – М.: Мир, 1988. - 334 с.
3. Рао Ч.Н.Р., Гополакришнан Дж. Новые направления в химии твердого тела. Новосибирск: Наука, 1990, - 520с.
4. Ярославцев А.Б. Химия твердого тела М.: Научный мир, 2009. - 328 с.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Согласно учебному плану при изучении дисциплины «Химия твердого тела» предполагается проведение лабораторных работ, составление презентаций и рефератов по предложенным аспирантам темам, а также выполнение расчетных работ и домашних заданий. В конце года проводится промежуточный контроль в виде письменного экзамена, один вопрос в экзаменационном билете-устный.

## 1. Подготовка и выполнение лабораторных работ

Прежде чем начать выполнение синтеза, следует ознакомиться с соответствующими теоретическими разделами лекционного курса «Химия твердого тела». Далее совместно с преподавателем выбрать (из предложенных) соединение или фазу, которую необходимо будет получить и исследовать. Изучить предложенную преподавателем научную литературу, а также провести самостоятельный поиск, пользуясь информационно-справочными и поисковыми системами, на предмет способов получения, условий синтеза и физико-химических свойств выбранного для синтеза соединения. Составить план проведения синтеза и анализа искомого соединения. Провести необходимые расчеты для синтеза, выбрать режим отжига, провести синтез и подготовить пробы синтезированного вещества для проведения его анализа.

### *Оформление лабораторного журнала*

При работе в лаборатории необходимо вести лабораторный журнал, в котором полностью отражается подготовительная и экспериментальная работа студента. Лабораторный журнал заполняется дома и дополняется экспериментальными данными, полученными непосредственно по ходу выполнения работы.

В лабораторный журнал заносятся следующие сведения:

- дата и описание проведенных действий (например, работа с литературой, расчет необходимых навесок, взвешивание исходных веществ и т.д.)
- уравнения химических реакций, лежащие в основе синтеза
- расчет навесок
- режим отжига
- физико-химические данные о свойствах вещества, найденные в литературе
- полученные результаты анализа вещества

Полный отчет о проделанной работе должен содержать:

- литературные данные об исходных веществах и синтезированном веществе
- краткое описание последовательных операций (с обязательными расчетами навесок)
- реальные режимы синтеза (температура и время отжига, микроволновая или муфельная печь, наличие перешихтовок)
- результаты анализа полученного соединения (РФА, ДТА/TG)
- фазовый анализ полученного соединения с указанием возможных примесей
- расчет параметров кристаллической решетки
- описание фазовых переходов, выявленных ДТА (обратимый или необратимый, 1-го или 2-го рода и т.д.)
- краткие выводы

При оценке лабораторной работы учитывается полнота (степень) домашней подготовки, самостоятельность выполнения, а также сданный отчет

## 2. Требования к написанию рефератов

Написание реферата является

- одной из форм обучения студентов, направленной на организацию и повышение уровня самостоятельной работы студентов;
- одной из форм научной работы студентов, целью которой является расширение научного кругозора студентов, ознакомление с методологией научного поиска.

Реферат — письменная работа объемом 10-18 печатных страниц, выполняемая студентом в течение длительного срока (от одной недели до месяца). Реферат (от лат. *referrer* — докладывать, сообщать) — краткое точное изложение сущности какого-либо вопроса, темы на основе одной или нескольких книг, монографий или других первоисточников. Реферат должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемому вопросу.

**Целью** написания рефератов является:

привитие аспирантам навыков библиографического поиска необходимой литературы (на бумажных носителях, в электронном виде);



привитие аспирантам навыков компактного изложения мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу в письменной форме, научно грамотным языком и в хорошем стиле;

приобретение навыка грамотного оформления ссылок на используемые источники, правильного цитирования авторского текста;

#### **Требования к содержанию:**

- материал, использованный в реферате, должен относиться строго к выбранной теме;
- необходимо изложить основные аспекты проблемы не только грамотно, но и в соответствии с той или иной логикой (хронологической, тематической, событийной и др.)
- при изложении следует сгруппировать идеи разных авторов по общности точек зрения или по научным школам;

#### **Структура реферата.**

1. Начинается реферат с *титального листа*.

2. За титульным листом следует *Оглавление* или *Содержание*. Оглавление - это план реферата, в котором каждому разделу должен соответствовать номер страницы, на которой он находится.

3. *Текст* реферата. Он делится на три части: *введение, основная часть и заключение*.

а) *Введение* - раздел реферата, посвященный постановке проблемы, которая будет рассматриваться и обоснованию выбора темы.

б) *Основная часть* - это звено работы, в котором последовательно раскрывается выбранная тема. Основная часть может быть представлена как цельным текстом, так и разделена на главы. При необходимости текст реферата может дополняться иллюстрациями, таблицами, графиками, но ими не следует "перегружать" текст.

в) *Заключение* - данный раздел реферата должен быть представлен в виде выводов, которые готовятся на основе подготовленного текста. Выводы должны быть краткими и четкими. Также в заключении можно обозначить проблемы, которые "высветились" в ходе работы над рефератом, но не были раскрыты в работе.

4. *Список источников и литературы*. В данном списке называются как те источники, на которые ссылается студент при подготовке реферата, так и все иные, изученные им в связи с его подготовкой. В работе должно быть использовано не менее 5 разных источников. Работа, выполненная с использованием материала, содержащегося в одном научном источнике, является явным плагиатом и не принимается. Оформление Списка источников и литературы должно соответствовать требованиям библиографических стандартов

*Список литературы*. В списке литературы соответствующие источники указывают в том же порядке, в каком они упоминаются в тексте реферата.

*Пример оформления ссылок:*

1. Г. Готташтайн. *Физико-химические основы материаловедения*. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2009. - 400 с.

2. Емельянова Ю. В., Шафигина Р. Р., Буянова Е. С., Жуковский В. М., Зайнуллина В. М., Петрова С. А. *Кислородпроводящие ионники семейства BIMEVOX: синтез, структура и проводимость* // Журнал физической химии. - 2006. - Т. 80, № 11. - С. 1943-1948.

#### **Оценивая реферат, преподаватель обращает внимание на:**

- соответствие содержания выбранной теме;
- отсутствие в тексте отступлений от темы;
- соблюдение структуры работы, четка ли она и обоснована;
- умение работать с научной литературой - вычленять проблему из контекста;
- умение логически мыслить;
- культуру письменной речи;
- умение оформлять научный текст (правильное применение и оформление ссылок, составление библиографии);
- умение правильно понять позицию авторов, работы которых использовались при написании реферата;
- способность верно, без искажения передать используемый авторский материал;
- соблюдение объема работы;
- аккуратность и правильность оформления, а также технического выполнения работы.

## 12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Химия твердого тела» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

### Разработчики:

доцент кафедры неорганической химии

М.Г. Сафроненко

**Заведующий кафедрой**  
неорганической химии

В.Н. Хрусталёв