

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный
университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет естественных наук

СОГЛАСОВАНО

Декан ФЕН

Резников В. А.

Подпись

5 октября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Функциональные материалы

направление подготовки: 04.04.01 Химия

направленность (профиль): Химия

Форма обучения: очная

Разработчик:

д.ф.-м.н., проф. Окотруб А.В.

Зав. кафедрой

д.х.н., проф., чл.-к. РАН Федин В.П.

Руководитель программы:

чл.-корр. РАН, проф. Нетесов С.В.

Новосибирск, 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
5. Перечень учебной литературы	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	8

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
М-ОПК-2. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	М-ОПК-2.1. Проводит критический анализ собственных экспериментальных («в стекле» и «in silico») данных, корректно интерпретирует их	- <i>умеет</i> искать информацию по структуре и свойствам химических веществ и материалов в научных публикациях и иных источниках с использованием БД, Интернета и других средств; - <i>умеет</i> читать и использовать информацию об электронном строении, анализировать, обобщать и систематизировать литературные данные по структуре веществ.
	М-ОПК-2.2. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	- <i>знает</i> основные понятия атомного и электронного строения вещества, физической химии, химии твёрдого тела и материаловедения; - <i>умеет</i> грамотно и аргументированно интерпретировать собственные результаты и литературные данные с привлечением знаний о строении и свойствах материалов.
М-ПК-2. Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук, способен к анализу и обобщению отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	М-ПК-2.1. Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных	- <i>умеет</i> искать информацию по структуре и свойствам химических веществ и материалов в научных публикациях и иных источниках с использованием БД, Интернета и других средств; - <i>умеет</i> читать и использовать информацию об электронном строении, анализировать, обобщать и систематизировать литературные данные по структуре веществ.
	М-ПК-2.2. Анализирует и обобщает отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования в выбранной области химии (химической технологии)	- <i>умеет</i> анализировать, обобщать и систематизировать литературные данные; - <i>формулирует</i> необходимые заключения и выводы для написания квалификационной работы, публикаций и докладов; - <i>имеет</i> опыт написания литературного обзора по заданной тематике.
М-ПК-5. Способен выбирать обоснованные подходы к анализу связи структура-свойство и к конструированию веществ и материалов с заданными химическими, физическими, физико-	М-ПК-5.1. Применяет знания о химических, физических, физико-химических свойствах и биологической активности известных веществ и материалов при анализе соотношения «структура-свойство»	- <i>знает</i> основные особенности строения наноматериалов; - <i>имеет</i> представление о взаимосвязи между структурой и свойствами веществ и материалов; - <i>умеет</i> предсказывать и объяснять физические и химические свойства химических веществ и материалов исходя из представлений об атомном и электронном строении соединений. Умеет использовать эти закономерности для структурно-химического дизайна новых веществ и материалов.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
химическими свойствами и/или биологической активностью		

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения дисциплины *Функциональные материалы*:

- Общая и неорганическая химия
- Органическая химия
- Координационная химия
- Физическая химия
- Строение вещества

Дисциплины и факультативы, для изучения которых необходимо освоение дисциплины *Функциональные материалы*:

- Химия твёрдого тела
- Физические методы установления строения органических соединений
- Теоретические и экспериментальные методы исследования в неорганической химии
- Строение неорганических веществ
- Органические функциональные материалы и их приложение
- Основные принципы научного материаловедения
- Строение и свойства неорганических твердых веществ и минералов
- Научно-исследовательская работа

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Трудоемкость дисциплины – 3 з. е. (108 ч).

Форма промежуточной аттестации: в 1-м семестре – зачет, в 2-м семестре – экзамен.

№	Вид деятельности	Семестр	
		1	2
1	Лекции, ч	30	26
2	Практические занятия, ч		
3	Лабораторные занятия, ч		
4	Занятия в контактной форме, ч из них		
5	аудиторных занятий, ч	30	26
6	групповая работа с преподавателем, ч		
7	консультаций, ч		2
8	промежуточная аттестация, ч	2	2
9	Самостоятельная работа, ч	4	42
10	Всего, ч	36	72

Реализация дисциплины включена в практическую подготовку в ИНХ СО РАН при проведении следующих видов занятий, часть из которых предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью:

- лекции;
- практические занятия.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

1 и 2-й семестр
Лекции (56 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, ч
Раздел 1. Вводная часть курса	
Тема 1. Введение в предмет. Определение функциональных материалов, классификация функциональных материалов по свойствам и функциям; классификация функциональных неорганических материалов по составу, структуре, свойствам и областям применения, структурная иерархия материалов, многофункциональные материалы, физико-химические принципы конструирования новых материалов, роль материалов в техническом прогрессе, примеры технических прорывов, связанных со специфическими свойствами новых материалов.	4
Раздел 2. Основные закономерности электронного строения и функциональных свойств материалов.	
Тема 2. Электронная структура и свойства материалов, химическая связь и зонная теория твердых тел, деление твердых тел на проводники, полупроводники и диэлектрики, электропроводность металлов и полупроводников, собственная и примесная проводимость полупроводников.	6
Раздел 3. Методы синтеза кристаллических, керамических, пленочных материалов.	
Тема 3. Твердофазные способы получения неорганических материалов: спекание, метод прекурсоров, механохимические методы. Жидкофазные методы получения материалов: кристаллизация, осаждение из растворов, золь-гель методы. Мезопористые цеолиты. Свойства и применение цеолитов. Пористые координационные полимеры. Стратегия строительных блоков, контроль структуры. Способы классификации сеток и каркасов.	8
Раздел 4. Особенности строения и сверхпроводимость, магнетизм, ионная проводимость материалов.	
Тема 4. Формирование зон в приближении слабой и сильной связи; заполнение зон и типы материалов; уровень Ферми и поверхность Ферми; объем одного состояния в k-пространстве; электронная проводимость; движение электронов в магнитном поле; электроны и дырки; типы орбиталей и связанные с ними особенности электронного транспорта; основные свойства диэлектриков, металлов и полупроводников. Основные свойства сверхпроводников.	8
Раздел 5. Электронные и оптические свойства материалов.	

<u>Тема 5.</u> Основные понятия физики оптических явлений; отражение, преломление, поглощение и пропускание монохроматического излучения, линзы, френелевские пластинки, голография. Люминесцентные материалы. Принцип работы лазера, возбуждение центров, когерентное испускание и основные свойства лазерного излучения (яркость, длительность импульса, мощность генерации, поляризация). Методы оптической спектроскопии; молекулярные спектры поглощения, испускания, рассеяние света, поляризация и оптическая активность.	8
Раздел 6. Углеродные наноматериалы и их свойства.	
<u>Тема 6.</u> Аллотропные формы углерода; условия существования различных форм углерода, алмаз: кристаллическая решетка и элементарная ячейка, кристаллические формы, примеси; графит: кристаллическая структура, обратная и прямая решетки, зонная структура графена и графита. Фуллерены, методы синтеза, электронное строение и электронные свойства. Углеродные нанотрубки (УНТ), синтез, строение, свойства. Номенклатура УНТ, зависимость электропроводимости от структуры, структура зоны Бриллюэна УНТ. Дефекты УНТ, допированные УНТ.)	8
Раздел 7. Методы исследования структуры наноматериалов и пористых материалов.	
<u>Тема 7.</u> Виды электронной микроскопии, оптический предел, электронно-оптические схемы и принципы CS и CC коррекции в современных электронных микроскопах. Открытие зондовой микроскопии, туннельная микроскопия, атомно-силовая микроскопия (АСМ). Микроскопия электростатических и магнитных сил. Оптические методы в АСМ. Методы исследования пористых материалов. Изотермы сорбции газов, интерпретация сорбционных данных, уравнения изотерм. Распределение полостей по размеру и дисперсный состав. Теплота сорбции, расчет энтальпии и микрокалориметрические измерения.	8
Раздел 8. Методы исследования электрофизических и оптических свойств.	
Измерение электросопротивления и коэффициента Холла, геометрия контактов для измерений; схема контактов и методика измерения термо-ЭДС; схема контактов и методика измерения теплопроводности; модуляционный метод измерения теплоёмкости и теплопроводности пленок и нитей; устройства для измерения электропроводности, теплопроводности и термо-ЭДС на нано-нитей и нанотрубок – структура и принцип действия..	6

Самостоятельная работа студентов (46 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная работа во время занятий, из них:	24
закрепление, обобщение и повторение пройденного учебного материала	2
уточнение и дополнение сведений и знаний, полученных на лекциях	8
выполнение домашнего задания	4
подготовка к прохождению текущего контроля успеваемости (самостоятельные и контрольные работы)	8
изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	2
Самостоятельная работа во время промежуточной аттестации из них:	22
подготовка к экзамену	22

5. Перечень учебной литературы

1. Ю.Д. Третьяков, Х. Лепис Химия и технология твердофазных материалов. М.: МГУ, 1985.
2. У.Д. Кингери Введение в керамику. М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1967.
3. Ч. Пул, Ф. Оуэнс Нанотехнологии, Москва: Техносфера/ 2004.
4. Дж. Блейкмор Физика твердого тела. Москва, Мир, 1988.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

7.1 Ресурсы сети Интернет

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Удаленное взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и/или асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС, Skype, электронную почту и другие средства электронной коммуникации.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1 Перечень программного обеспечения

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для прохождения практики не требуется.

8.2 Информационные справочные системы

Не используются

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины *Функциональные материалы* используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.
3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по об-

разовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень результатов обучения по дисциплине *Функциональные материалы* и индикаторов их достижения представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Преподавание дисциплины *Функциональные материалы* предусматривает следующие формы текущего контроля: контроль посещаемости занятий, 10-минутные тесты на знание материала предыдущей лекции (на каждом занятии).

Зачет.

Студенты могут получить итоговую оценку за 7 семестр «зачет» удовлетворительно ответив на три вопроса по билетам и дополнительные вопросы, возникшие у экзаменатора.

Экзамен.

Студенты могут получить итоговые оценки за семестр «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно» ответив на три вопроса по билетам и дополнительные вопросы, возникшие у экзаменатора. Студенты, получившие "неуд" на экзамене, имеют право на переэкзаменовку.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине *Функциональные материалы*

Таблица 10.1

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
М-ОПК-2	М-ОПК-2.1. Проводит критический анализ собственных экспериментальных («в стекле» и «in silico») данных, корректно интерпретирует их	- <i>умеет</i> искать информацию по структуре и свойствам химических веществ и материалов в научных публикациях и иных источниках с использованием БД, Интернета и других средств; - <i>умеет</i> читать и использовать информацию об электронном строении, анализировать, обобщать и систематизировать литературные данные по структуре веществ.	Зачет, экзамен.
	М-ОПК-2.2. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	- <i>знает</i> основные понятия атомного и электронного строения вещества, физической химии, химии твёрдого тела и материаловедения; - <i>умеет</i> грамотно и аргументированно интерпретировать собственные результаты и литературные данные с привлечением знаний о строении и свойствах материалов	
М-ПК-2	М-ПК-2.1. Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах	- <i>умеет</i> искать информацию по структуре и свойствам химических веществ и материалов в научных публикациях и иных источниках с	

	данных	использованием БД, Интернета и других средств; - <i>умеет</i> читать и использовать информацию об электронном строении, анализировать, обобщать и систематизировать литературные данные по структуре веществ.	
	М-ПК-2.2. Анализирует и обобщает отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования в выбранной области химии (химической технологии)	- <i>умеет</i> анализировать, обобщать и систематизировать литературные данные ; - <i>формулирует</i> необходимые заключения и выводы для написания квалификационной работы, публикаций и докладов; - <i>имеет</i> опыт написания литературного обзора по заданной тематике.	
М-ПК-5	М-ПК-5.1. Применяет знания о химических, физических, физико-химических свойствах и биологической активности известных веществ и материалов при анализе соотношения «структура-свойство»	- <i>знает</i> основные особенности строения наноматериалов; - <i>имеет</i> представление о взаимосвязи между структурой и свойствами веществ и материалов; - <i>умеет</i> предсказывать и объяснять физические и химические свойства химических веществ и материалов исходя из представлений об атомном и электронном строении соединений. Умеет использовать эти закономерности для структурно-химического дизайна новых веществ и материалов.	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<p><u>Зачет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – наличие полных ответов на все вопросы с несущественными ошибками, – осмысленность, логичность и аргументированность ответов при наличии затруднений в некоторых ответах, – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок, – ответы на дополнительные или уточняющие вопросы по теоретической части курса с помощью небольшого числа наводящих вопросов. 	<i>Зачет</i>
<p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Полные ответы на все вопросы с не принципиальными неточностями, – осмысленность, логичность и аргументированность ответов, – точность и корректность применения терминов и понятий, – способность свободно ориентироваться в теоретической части курса при ответах на дополнительные или уточняющие вопросы. 	<i>Отлично</i>
<p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – наличие полных ответов на все вопросы с несущественными ошибками, – осмысленность, логичность и аргументированность ответов при наличии 	<i>Хорошо</i>

<p>затруднений в некоторых ответах, – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок. — ответы на дополнительные или уточняющие вопросы по теоретической части курса с помощью небольшого числа наводящих вопросов.</p>	
<p>Экзамен: – наличие ответов на все вопросы, часть из которых неполные и/или с существенными ошибками, – осмысленное и последовательное изложение материала, наличие ошибок в логике, аргументации и объяснении отдельных теоретических вопросов, – корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок. — неполные ответы на дополнительные или уточняющие вопросы по теоретической части курса с помощью значительного числа наводящих вопросов.</p>	<p><i>Удовлетворительно</i></p>
<p>Экзамен: – наличие ответов не на все вопросы, часть из которых неполные и/или с существенными ошибками, – отсутствие осмысленности, логичности и аргументированности в изложении материала, – грубые ошибки в применении терминов и понятий или их незнание.</p>	<p><i>Неудовлетворительно</i></p>

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примеры теоретических вопросов на зачете:

1. Методы синтеза фуллеренов. Строение молекулы C₆₀, C₇₀. Кристаллическая структура и электрофизические свойства фуллерита.
2. Дисперсионные зависимости для электронов в твердом теле, уровень Ферми и поверхность Ферми. Форма поверхности Ферми в простейших случаях одно-, двух-, и трехмерных систем.
3. Для каких применений важны кристаллические пористые материалы (металл-органические каркасы и цеолиты)?
4. Сверхпроводники первого и второго рода, вихри Абрикосова. Движение вихрей Абрикосова. Качественно объяснить возможность «пиннинга» (пространственного закрепления) вихрей Абрикосова.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации (приложение 2), предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Примеры теоретических вопросов на экзамене:

1. Зонная структура металлов, диэлектриков и полупроводников. Распределение Ферми-Дирака. Качественно объяснить механизм электронного транспорта в полупроводниках и изменение электросопротивления полупроводников с температурой.
2. Методы синтеза и структура алмаза. Физические свойства алмаза, уникальность материала и области его применения.
3. Структура и основные электронные свойства графена.
4. Трехкомпонентные керамики со структурой шпинели АВ₂X₄. Факторы, влияющие на распределение катионов в шпинелях. Связь строения и магнитных свойств в материалах со структурой шпинели.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации (приложение 2), предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины
«Функциональные материалы»

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Ученого совета ФЕН	Подпись ответственного