

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«22» мая 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Химия функциональных металлических и композиционных материалов

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки (специальность):

04.04.01 Химия

Направленность (профиль) ОПОП:

Химия твердого тела

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол №3 от 12.05.2020)

Москва 2020

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.04.01 «Химия» (программа магистратуры), утвержденного приказом МГУ от 30 августа 2019 года № 1033.

Год (годы) приема на обучение 2020/2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p>СПК-1.М: Способен использовать представления о взаимосвязи электронного строения, кристаллической структуры, физических и химических свойств твердых тел для синтеза новых веществ и материалов с заданными свойствами</p>	<p>СПК-1.М.1. объясняет физические свойства твердых тел на основе информации об их электронном строении и кристаллической структуре</p>	<p>Знать: Современные теории, описывающие структуру, электронное строение и свойства твердых тел</p>
<p>СПК-3.М: Способен планировать и осуществлять синтез конструкционных и функциональных материалов с заданными свойствами на основе представлений химической термодинамики и кинетики, прогнозировать и оценивать их поведение при воздействии различных эксплуатационных факторов</p>	<p>СПК-3.М.1. на основе информации о диаграммах состояния многокомпонентных систем определяет условия синтеза конструкционных и функциональных материалов с определенными эксплуатационными характеристиками. СПК-3.М.2. на основе представлений химической термодинамики и кинетики прогнозирует поведение металлических сплавов, композиционных и иных материалов при воздействии различных эксплуатационных факторов СПК-3.М.3. обоснованно выбирает методы химического модифицирования твердых материалов с целью оптимизации их функциональных свойств и защиты от коррозионных разрушений.</p>	<p>Знать: Современные методы получения металлических сплавов и композиционных материалов Знать: Основные характеристики материалов с особыми физическими (электрическими, магнитными, механическими, тепловыми) свойствами и области их применения Знать: Электрохимические механизмы коррозионных разрушений; общие закономерности химической и электрохимической коррозии. Уметь: на основе информации о строении диаграмм состояния двух-, трех- и многокомпонентных систем выбирать пределы легирования и режимы термической обработки при получении сплавов и композици-</p>

		<p>онных материалов.</p> <p>Уметь: подбирать способы защиты металлов и сплавов от коррозионных разрушений путем модифицирования их состава и структуры, применения специальных методов обработки поверхности, а также электрохимических методов защиты от коррозии.</p> <p>Владеть: Методами оценки и прогнозирования поведения композиционных материалов при получении, а также при воздействии на них различных эксплуатационных факторов.</p> <p>Владеть: Методами химического модифицирования твердых материалов с целью оптимизации их функциональных свойств и защиты от коррозионных разрушений.</p>
--	--	--

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 61 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (38 часов занятия лекционного типа, 15 часов занятия семинарского типа, 4 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа – групповые консультации, 2 часа – промежуточный контроль успеваемости), 47 часов составляет самостоятельная работа учащегося.

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

Знать: основные определения, теоремы и методы математического анализа; основные понятия, положения и законы механики, учения о электричестве; общие положения, законы и теории неорганической химии, физической химии, кристаллохимии, химии твердого тела, физико-химического анализа.

Уметь: характеризовать физико-химические процессы, осуществлять поиск научно-технической информации, анализировать научно-техническую информацию.

Владеть: навыками анализа диаграмм состояния двухкомпонентных систем и диаграмм фазовых равновесий трехкомпонентных систем.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Раздел 1. Функциональные материалы	48	22	11			2*	35	17	8**	25
Тема 1.1.	7	4	2				6	2		2
Тема 1.2.	6	4	2				6	2		2
Тема 1.3.	5	2	1				3	2		2
Тема 1.4..	5	2	1				3	2		2

Тема 1.5.	5	2	1				3	2		2
Тема 1.6..	5	2	1				3	2		2
Тема 1.7.	5	2	1				3	2		2
Тема 1.8.	5	2	1				3	2		2
Тема 1.9.	5	2	1				3	1		1
Раздел 2. Композиционные материалы	40	16	4			2*	22	8	8**	16
Тема 2.1.	7	4	1				5	2		2
Тема 2.2.	4	2	1				3	1		1
Тема 2.3.	8	4	1				5	2		2
Тема 2.4.	8	4	1				5	2		2
Тема 2.5.	3	2					2	1		1
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	10			2		2	4	6		6
Итого	108	38	15	2		6	61	31	16	47

* – текущий контроль в форме контрольной работы осуществляется по всем темам раздела;

** – текущий контроль в форме написания реферата и его защиты осуществляется по всем темам раздела.

Содержание тем:

Тема 1.1. Закономерности формирования структуры и свойств материалов. Механизм кристаллизации. Самопроизвольная и не самопроизвольная кристаллизация. Особенности формирования структуры сплавов. Влияние химического состава на структуру спла-

вов. Формирование структуры в условиях сверхвысоких скоростей охлаждения. Аморфные и квазикристаллические металлические материалы, их свойства и перспективы применения. Основные виды термической обработки сплавов: отжиг, закалка, отпуск и старение. Термическая обработка и диаграммы состояния.

Тема 1.2. Конструкционные материалы: основные понятия. Общие требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Пластическая деформация. Диаграмма растяжения. Модуль упругости. Основные характеристики прочности и пластичности. Твердость. Вязкость. Методы повышения конструкционной прочности.

Тема 1.3. Конструкционные стали и их механические свойства. Особенности формирования структуры и свойств конструкционных сталей различных типов: углеродистых, легированных, высокопрочных (среднеуглеродистых комплексно-легированных, мартенситно-старяющихся, метастабильных аустенитных). Влияние термической обработки на прочность стали.

Тема 1.4. Жаростойкие, жаропрочные и хладостойкие материалы. Жаростойкость металлов и сплавов. Жаростойкие стали. Катастрофическая карбюризация (metal dusting). Жаропрочность. Критерии жаропрочности. Ползучесть: критерии, механизм, пути предотвращения. Особенности формирования структуры и свойств основных жаропрочных материалов. Железоникелевые сплавы. Хладноломкость и её критерии. Влияние примесей, структуры, размера зерна и химического состава на хладостойкость стали. Основные группы хладостойких материалов.

Тема 1.5. Сплавы на основе алюминия, магния, титана и бериллия. Антифрикционные материалы. Особенности формирования структуры и свойств сплавов на основе алюминия, магния, титана и бериллия. Выбор системы легирования и вида термической обработки. Бериллиевые бронзы. Баббиты. Антифрикционные материалы. Критерии оценки подшипникового материала. Антифрикционные сплавы на основе меди, алюминия, цинка, железа. Фрикционные материалы и их классификация.

Тема 1.6. Коррозионностойкие и радиационностойкие материалы. Коррозия металлов и многофазных сплавов. Виды коррозии. Коррозионностойкие непассивирующиеся и пассивирующиеся металлы. Основные коррозионностойкие стали, применяемые в промышленности. Коррозионно-стойкие покрытия. Радиационностойкие материалы.

Тема 1.7. Материалы с особыми магнитными свойствами. Основные характеристики магнитных материалов. Влияние химического состава и структурных факторов на процесс намагничивания и на магнитные характеристики материалов. Классификация магнитных материалов и их применение. Магнитотвердые материалы.

Тема 1.8. Материалы с особыми тепловыми свойствами. Физико-химические основы изменения температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР). Сплавы с заданным ТКЛР. Инварные сплавы: Fe-Ni, Fe-Ni-Co, Fe-Co-Cr, аморфные. Ферромагнитные сплавы с низким и средним ТКЛР. Немангнитные сплавы с низким и средним ТКЛР на основе циркония, никеля и титана. Сплавы с высоким ТКЛР. Сплавы с заданным температурным коэффициентом модуля упругости. Элинварные сплавы

Тема 1.9. Материалы с особыми электрическими свойствами. Строение и свойства материалов с высокой электрической проводимостью. Основные типы промышленных проводниковых материалов. Методы получения сверхчистых материалов. Сплавы на основе редкоземельных металлов, элементов семейства платиновых металлов и непереходных металлов с уникальными физическими свойствами (сверхпроводимостью, магнитными и транспортными свойствами, Кондо-эффектом).

Тема 2.1. Композиционные материалы (КМ): общая характеристика. Понятие «композиционные материалы». Классификация КМ: полимерные (ПКМ), металлические (МКМ), керамические (ККМ), углерод-углеродные (УУКМ), гибридные (ГКМ). Классификации КМ по материалу матрицы, по геометрии компонентов, по схеме армирования, по назначению. Металлические матрицы на основе алюминиевых сплавов, магниевых, титановых, и никелевых сплавов. Полимерные матрицы. Керамические матрицы (механокерамика, термокерамика, электрокерамика, магнетокерамика, хемокерамика, биокерамика, сверхпроводящая керамика). Армирующие элементы КМ. Металлические, стеклянные, кварцевые, углеродные, борные, органические, керамические волокна и нитевидные кристаллы. Их достоинства и недостатки.

Тема 2.2. Способы получения композиционных материалов. Способы получения КМ: твердофазные, жидкофазные, газо- и парофазные методы, методы электролитического осаждения, механического смешения, химические методы.

Тема 2.3. Взаимодействие компонентов КМ. Межфазная граница. Роль химических процессов на границах раздела фаз в КМ. Взаимодействие элементов при соединении металлов и сплавов. Механизмы процессов массопереноса в металлах и сплавах. Классификация поверхностей раздела. Прогнозирование взаимодействия элементов на поверхностях раздела КМ на основе диаграмм фазовых равновесий. Химическая совместимость металлов и сплавов.

Тема 2.4. Диффузионные процессы в КМ. Процессы взаимной диффузии. Модель формирования диффузионной зоны при образовании слоев новых фаз. Латентный период. Кинетика зародышеобразования в диффузионной зоне. Кинетика роста слоев новых фаз на начальных стадиях взаимодействия. Дислокационное строение диффузионной зоны с интерметаллическими соединениями. Влияние легирования на начальные стадии взаимодействия в КМ.

Тема 2.5. Применение КМ и перспективы развития. Перспективные направления обеспечения стабильности поверхностей раздела в КМ. Разработка новых типов волокон. Применение защитных покрытий. Подбор вариантов легирования.

6. Образовательные технологии.

Проводятся традиционные лекции с использованием мультимедийных презентаций, а также лекции проблемного характера, посвященные применению теории дифракции к структурным исследованиям. В ходе семинарских занятий студенты решают задачи, нацеленные на практическое усвоение лекционного материала, обсуждают предложенные преподавателем проблемы, а также отвечают на вопросы преподавателя.

7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Студентам предоставляется программа курса, план занятий и перечень заданий для самостоятельной работы. По каждой теме указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов. Дополнительные материалы размещаются на сайте кафедры общей химии: www.chem.msu.ru/rus/teaching/general-spec.html

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

1. Физико-химические основы создания функциональных металлических материалов: Учеб. для студентов / Н.А. Арутюнян, С.Ф. Дунаев; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, химический факультет. – М.: Onebook.ru, 2018. – 228 с.
2. Материаловедение. Учебник для вузов / Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. и др.; Общ. ред. Арзамасов Б.Н., Мухин Г.Г. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 648 с
3. Эшби М., Джонс Д. Конструкционные материалы. Полный курс. /Под ред. Баженова С.Л. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2010.
4. Батаев А.А., Батаев В.А. Композиционные материалы. Учебное пособие. – М. Логос, 2006. – 397 с.

Дополнительная литература

1. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. Учебник для вузов. – М.: МИСИС, 2005. – 432 с
2. Новые материалы / Под научн. ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
3. Солнцев Ю.П. Хладостойкие стали и сплавы. Учебник для вузов. – СПб.: Химиздат, 2005. – 480 с.
4. Марукович Е.И., Карпенко Е.И. Износостойкие сплавы. – М.: Машиностроение, 2005. – 428 с.
5. Суперсплавы II. Жаропрочные материалы для аэрокосмических и промышленных энергоустановок / под ред. Симса Ч.Т., Столоффа Н.С., Хагеля У.К.: пер. с англ. В 2-х книгах. Кн.1 / под ред. Шалина Р.Е. – М.: Металлургия, 1995. – 384 С.
6. Преображенский А.А., Бишард Е.Г. Магнитные материалы и элементы. – М.: Высш. шк., 1986. – 352с.
7. McHenry M.E., Willard M.A., Laughlin D.E. Amorphous and nanocrystalline materials for applications as soft magnets // Progress in Materials Science 1999. V.44, p. 291 – 433.
8. Willard M.A., Daniil M. Chapter four – nanocrystalline soft magnetic alloys two decades of progress // Handbook of Magnetic Materials 2013, V. 21, p. 173 – 342.
9. Захаров А.И. Физика прецизионных сплавов с особыми тепловыми свойствами. – М.: Металлургия, 1986. – 239 с.
10. Ооцука К., Симидзу К., Судзуки Ю. Сплавы с эффектом памяти формы: Пер. с яп. / Под ред. Х. Фунакубо. – М.: Металлургия, 1990. – 224 с.
11. Кардона М.Ю.П. Основы физики полупроводников: Пер. с англ. И. И. Решиной. /Под ред. Б. П. Захарчени. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 560 с.
12. Inoue A., Takeuchi A. Recent development and application products of bulk glassy alloys // Acta Materialia 2011. V. 59. – p. 2243–2267.

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):
 1. - База данных: Springer Materials Landolt-Börnstein Database
<http://www.springermaterials.com/docs/index.html>
 2. Марочник сталей
http://s-metall.com.ua/spravochnik_stalej.html
- Описание материально-технической базы.
Занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным экраном и персональными компьютерами.

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

1. Дунаев Сергей Федорович, доктор химических наук, профессор, 8(495) 939-15-96.
2. Арутюнян Наталья Анриевна, к.х.н., научный сотрудник, 8 (495) 939-40-61.
3. Зверева Наталья Леонидовна, к.х.н., доцент, 8(495) 939-40-61.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п. 2, осуществляется на зачете

Полный перечень вопросов к зачету

Вопросы по содержанию раздела 1

1. Механизм кристаллизации. Самопроизвольная и не самопроизвольная кристаллизация.
2. Особенности формирования структуры сплавов. Влияние химического состава на равновесную структуру сплавов. Основные виды термической обработки.
3. Основные механические характеристики. Методы повышения конструкционной прочности.
4. Влияние термической обработки на прочность стали.
5. Особенности формирования структуры и свойств сталей различного назначения.

6. Особенности формирования структуры и свойств сплавов на основе алюминия, магния и титана (по выбору). Области применения.
7. Особенности формирования структуры и свойств сплавов на основе бериллия. Область применения.
8. Особенности формирования структуры и свойств сплавов на основе меди (по выбору). Область применения.
9. Электрохимическая коррозия металлов. Коррозия многофазных сплавов. Виды коррозии. Привести пример коррозионно-стойких и жаростойких материалов.
10. Критерии жаропрочности. Особенности формирования структуры и свойств основных жаропрочных материалов.
11. Критерии хладостойкости. Влияние примесей, структуры, размера зерна и химического состава на хладостойкость стали. Основные группы хладостойких материалов.
12. Основные характеристики магнитных материалов. Влияние химического состава и структурных факторов на процесс намагничивания и на магнитные характеристики материалов. Классификация магнитных материалов и их применение.
13. Природа аномальности изменения температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) при нагреве ферромагнитных сплавов. Привести примеры сплавов с заданным ТКЛР.
14. Природа аномальности изменения температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) при нагреве неферромагнитных сплавов. Привести примеры сплавов с заданным ТКЛР.
15. Строение и свойства материалов с высокой электрической проводимостью. Основные типы промышленных проводниковых материалов.
16. Методы получения сверхчистых материалов.

Вопросы по содержанию раздела 2

1. Понятие «композиционные материалы». Классификация КМ.
2. Металлические матрицы на основе алюминиевых сплавов, магниевых, титановых, и никелевых сплавов. Приведите примеры КМ с металлической матрицей.
3. Полимерные матрицы. Приведите примеры КМ с полимерной матрицей.
4. Керамические матрицы. Приведите примеры КМ с керамической матрицей.
5. Армирующие элементы КМ. Металлические, стеклянные, кварцевые, углеродные, борные, органические, керамические волокна и нитевидные кристаллы. Их достоинства и недостатки.
6. Твердофазные способы получения КМ.
7. Жидкофазные, газо- и парофазные, и комбинированные способы получения КМ.
8. Использование метода электролитического осаждения для получения КМ.
9. Дисперсно-упрочненные, углерод-углеродные, керамические и гибридные КМ. Способы их получения.
10. Роль химических процессов на границах раздела фаз в КМ.

11. Взаимодействие элементов при соединении металлов и сплавов. Механизмы процессов массопереноса в металлах и сплавах. Классификация поверхностей раздела.
12. Процессы взаимной диффузии на поверхности раздела КМ. Латентный период. Влияние легирования на начальные стадии взаимодействия в КМ.
13. Методы исследования строения КМ.
14. Применение КМ и перспективы развития. Перспективные направления обеспечения стабильности поверхностей раздела в КМ.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков приведена в таблице ниже:

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Обрывочные знания или их отсутствие	В целом систематические, но неглубокие знания со значительными пробелами	Систематические, общие, но недостаточно структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отдельные умения или их отсутствие	В целом систематическое, но ограниченное умение, успешное только в простейших ситуациях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отдельные навыки или их отсутствие	Шаблонные навыки, пригодные для решения простейших задач	В целом сформированные навыки, но не все в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении различных задач

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
<p>Знать: Современные теории, описывающие структуру, электронное строение и свойства твердых тел</p> <p>Знать: Современные методы получения металлических сплавов и композиционных материалов</p> <p>Знать: Основные характеристики материалов с особыми физическими (электрическими, магнитными, механическими, тепловыми) свойствами и области их применения</p> <p>Знать: Электрохимические механизмы коррозионных разрушений; общие закономерности химической и электрохимической коррозии.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p>Уметь: На основе информации о строении диаграмм состояния двух-, трех- и многокомпонентных систем выбирать пределы легирования и режимы термической обработки при получении сплавов и композиционных материалов.</p> <p>Уметь: Подбирать способы защиты металлов и сплавов от коррозионных разрушений путем модифицирования их состава и структуры, применения специальных методов обработки поверхности, а также электрохимических методов защиты от коррозии.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p>Владеть: Методами оценки и прогнозирования поведения композиционных материалов при получении, а также при воздействии на них различных эксплуатационных факторов.</p> <p>Владеть: Методами химического модифицирования твердотельных материалов с целью оптимизации их функциональных свойств и защиты от коррозионных разрушений.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>