

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)

Актуальные проблемы химии твердого тела (на английском языке)

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)
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	СПК-1.М.1. объясняет физические свойства твердых тел на основе информации об их электронном строении и кристаллической структуре	Знать: современные теории, описывающие структуру, электронное строение и свойства твердых тел. Уметь: предсказывать свойства твердых тел на основе информации об их электронном строении и кристаллической структуре
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	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 твердотельных материалов с целью оптимизации их функциональных свойств и защиты от коррозионных разрушений	Знать: основные характеристики материалов с особыми физическими (электрическими, магнитными, механическими) свойствами и области их применения. Знать: современные методы получения функциональных материалов, используемых в катализе; Владеть: Методами химического модифицирования твердотельных материалов с целью оптимизации их функциональных свойств

3. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 63 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (38 часов занятия лекционного типа, 19 часов – занятия семинарского типа, 4 часа – текущий контроль успеваемости, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости, 2 часа – групповые консультации), 81 часов составляет самостоятельная работа студента.

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

Знать: общие положения, законы и теории неорганической химии, физической химии, кристаллохимии, химии твердого тела, основные положения современной теории строения твердых тел.

Уметь: осуществлять поиск научной литературы и пользоваться современными интернет-ресурсами.

Владеть: базовыми знаниями о гетерогенном катализе и механизмах каталитических реакций.

5. 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. Сильно коррелированные электронные системы	41	14	5			2	21			20
Тема 1.1.	5	2	1				3			2
Тема 1.2.	5	2	1				3			2
Тема 1.3.	10	4	2				6			4
Тема 1.4.	4	2					2			2

Тема 1.5.	17	4	1			2	7		10	10
Раздел 2. Наноматериалы в катализе	20	8	4				12			8
Тема 2.1.	10	4	2				6			4
Тема 2.2.	5	2	1				3			2
Тема 2.3.	5	2	1				3			2
Раздел 3. Нетрадиционные подходы в катализе	47	16	6			2	24			23
Тема 3.1.	5	2	1				3			2
Тема 3.2.	5	2	1				3			2
Тема 3.3.	5	2	1				3			2
Тема 3.4.	8	4	1				5			3
Тема 3.5.	5	2	1				3			2
Тема 3.6.	5	2	1				3			2
Тема 3.7.	14	2				2	4		10	10
Промежуточная аттестация <u>ЭКЗАМЕН</u>	36			2		4				30
Итого	144	38	15	2		8	63			81

Содержание тем:

Раздел 1. Сильно коррелированные электронные системы. Strongly Correlated Materials.

Тема 1.1. Кристаллическая структура интерметаллических соединений с сильной корреляцией. Crystal structure of Strongly Correlated Materials

Тема 1.2. Соединения с необычно короткими расстояниями между Ce и Ru. Флуктуация валентности. The Compounds with unusually short Ce–Ru distances. Valence fluctuation phenomena.

Тема 1.3. Тяжелофермионные системы. Тяжелофермионная проводимость. Superconductivity and heavy fermion state.

Тема 1.4. Магнитные упорядочения: ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Magnetic orders: ferromagnetism and antiferromagnetism.

Тема 1.5. Особенности строения и физические свойства соединений на основе РЗЭ. Features of the structure and physical properties of compounds based on REE.

Раздел 2. Наноматериалы в катализе. Nanoparticle in the catalysis.

Тема 2.1. «Зеленые» наноматериалы: синтез, характеристика, применение, экологический след. «Green» nanomaterials by design: synthesis, characterization, application and environmental footprint.

Тема 2.2. Гибридные наноматериалы: Quo vadis? Hybrid nanomaterials: Quo vadis?

Тема 2.3. Наночастицы: получение и катализ. Nanoparticles: preparation and catalysis.

Раздел 3. Нетрадиционные подходы в катализе

Тема 3.1. СВЧ- и плазменные методы активации химических процессов. Microwave- and plasma-assisted activation of chemical processes.

Тема 3.2. Сверхкритические среды в катализе. Supercritical fluids in catalysis.

Тема 3.3. Экологический катализ. Environmental catalysis.

Тема 3.4. Промышленно значимые каталитические процессы. Industrial catalytic processes.

Тема 3.5. Цеолиты и металлоорганические каркасные соединения в катализе. Zeolites and metal-organic framework in catalysis.

Тема 3.6. Хроматографический анализ продуктов каталитических реакций. Chromatographic analysis of catalytic reaction products.

Тема 3.7. Разделение и очистка газов. Separation and purification of gases.

6. Образовательные технологии:

Проводятся традиционные лекции с использованием мультимедийных презентаций, а также лекции-демонстрации проблемного характера, посвященные методам визуализации кристаллических структур металлов и интерметаллидов, а также прогнозированию структуры энергетических зон. 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 (руководства к выполнению конкретных заданий) 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. Джирджис К. Структура интерметаллических соединений. – В кн.: Физическое металловедение. /Под ред. Кана Р.У., Хаазена П. – 3-е изд. Т. 1. Гл. 9. С. 548-592.
2. Хомский Д.И. Необычные электроны в кристаллах. – М.: Знание. 1987. –64 с
3. О.В. Крылов. Гетерогенный катализ. М. ИКЦ. «Академкнига», 2004

Дополнительная литература

1. . Gerhard Sauthoff. Intermetallics. Basel; Cambridge ; Tokyo : VCH, 1995. –181 pp.
2. Crystal structures of intermetallics compounds/ Ed. by J.H.Westbrook and R.L. Fleischer. – John Wiley & Sons Ltd. England. 1988. PP. 258.
3. Heavy-Fermion Systems/Ser. Ed. Prasanta Misra in HANDBOOK OF METAL PHYSICS. B.H. – Elsevier. 2008. PP. 353.
4. V. Anisimov, Yu. Izyumov, «Electronic Structure of Strongly Correlated Materials», – Springer. 2010. ISBN 3642048250

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы:

1. Springer Materials Landolt-Börnstein Database: www.springermaterials.com/docs/index.html
2. База данных «Термические Константы Веществ»: www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html
3. База структурных и термодинамических данных для бинарных систем Pauling File
4. Сайт разработки программы FullPROF: www.ill.eu/sites/fullprof

- Периодическая литература

1. Strydom A.M., Gribov A.V., Seropegin Y.D.. *etal.* Magnetic ordering and metamagnetism in Ce₂TGe₆ (T = Pd, Pt) // *J. of Magnetism and Magnetic Materials.* **2004.** 283. pp. 181-189.
2. Linsinger S., Eul M., Rodewald Ute Ch., Pottgen R. Intermediate-valent Cerium in CeRu₂Mg₅ // *Z. Naturforsch.* 2010. V. 10. p.1185-1190
3. Rieken J., Hermes W., Chevalier B., Hoffman R.-D., Schappacher F.M., Pöttgen R. Trivalent-Intermediate Valent Cerium Ordering in CeRuSn - A static intermediate valent cerium compound with superstructure of the CeCoAl type // *Z. Anorg. Allg. Chem.* 2007. V. 633. p.1094-1099
4. Ott H.R., Walti Ch. Trends in Superconductivity of Heavy-Electron Metals. // *J. of Superconductivity Incorporating Novel Magnetism.* 2000. V. 13. No. 5. P. 837
5. Doniach S. The Kondo lattice and weak antiferromagnetism // *Physica B+C.* 1977. V. 91. p. 231-234.

6. Bauer E., Hilscher G., Michor H., Sieberer M., Scheidt E.W., Griбанov A., Seropegin Y. Unconventional superconductivity and magnetism in CePt₃Si_{1-x}Gex. // Physica B: Condensed Matter. **2005**. 359. pp. 360–367.
7. Isaeva V.I., Chernyshev V.V., Tarasov A.L., Lobova A.A., Kapustin G.I., Davshan N.A. Conditions for the Formation of Microporous Metal–Organic Framework Mil-53(Al).// Russian Journal of Physical Chemistry A, том 92, № 12, с. 2386-2390.

Материально-техническое обеспечение: занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами), персональным компьютером и мультимедийным проектором

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

к.х.н., с.н.с. Турсина Анна Ильинична, anna-tursina@yandex.ru, 8(495)939-43-54

к.х.н., в.н.с. Кузнецов Виктор Николаевич 8(495) 939-38-35

д.х.н., профессор Кустов Леонид Модестович, lmkustov@mail.ru, 8(495) 939-52-61;

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. Текущий контроль осуществляется в форме написания реферата и его защиты. На зачете проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

Примерные темы рефератов:

1. Новые богатые индием интерметаллиды: кристаллическая структура и физические свойства. The new cerium-rich intermetallic phases: crystal structure and physical properties.
2. Ферромагнитные и антиферромагнитные Кондо решетки. Ferromagnetic and antiferromagnetic Kondo lattice.
3. Условия формирования микропористого металлоорганического каркаса. Conditions for the Formation of Microporous Metal–Organic Framework
4. Синтез новых перспективных полимерных нанокompозитных материалов для газоразделительных мембран на основе металлоорганических каркасных соединений. Synthesis of promising new polymer nanocomposite materials for gas separation membranes based on metal–organic framework compounds

Вопросы для экзамена:

1. Общие свойства металлов с сильными электронными корреляциями.
General properties of metals with strong electron correlations.

2. Особенности электронного строения *d*- и *f*-систем.
Features of the electronic structure of *d*- and *f*-systems.
3. Магнитные свойства. Типы магнетизма. Структурные типы, обладающие магнитными свойствами.
Magnetic properties. Types of magnetism. Structural types with magnetic properties.
4. Особенности строения и физические свойства соединений на основе РЗЭ.
Features of the structure and physical properties of compounds based on REE
5. Строение поверхности твердых тел и его влияние на каталитическую активность. Современные методы исследования структуры и состава поверхностного слоя твердых тел.
The surface structure of solids and its effect on catalytic activity. Modern methods for studying the structure and composition of the surface of solids.
6. Методы определения элементного состава катализаторов, спектральные и химические методы.
Methods for determining the elemental composition of catalysts, spectral and chemical methods.
7. Температурно-программированные реакции в катализе и исследовании катализаторов.
Temperature-programmed reactions in catalysis and catalyst research.
8. Неоднородность поверхности. Адсорбционные методы измерения поверхности катализатора и концентрации каталитически-активных центров. ИК- и УФ-спектроскопия в адсорбции и катализе.
The heterogeneity of the surface. Adsorption methods for measuring the surface of a catalyst and the concentration of catalytically active centers. IR and UV spectroscopy in adsorption and catalysis.
9. Пористая структура катализаторов, способы ее формирования и методы исследования. Степень использования поверхности пор катализатора. Оптимальная структура пор катализатора.
The porous structure of catalysts, methods of its formation and research methods. The degree of use of the pore surface of the catalyst. Optimal pore structure of the catalyst.
10. Области протекания гетерогенно-каталитических реакций, их признаки и методы экспериментального подтверждения.
Areas of heterogeneous catalytic reactions, their manifestation and methods of experimental confirmation.
11. Спектральные и дифракционные методы *in-situ* в исследовании каталитических реакций.
Spectral and diffraction methods *in-situ* in the study of catalytic reactions.
12. Основные методы синтеза наноматериалов. Синтез снизу вверх и сверху вниз. Самосборка наноструктур. Наноэффекты в природе.
The main methods of synthesis of nanomaterials. Synthesis bottom-up and top-down. Self-assembly of nanostructures. Nanoeffects in nature.
13. Синтез, свойства и применение нанокомпозитных материалов.
Synthesis, properties and application of nanocomposite materials.
14. Основные физико-химические методы исследования наноструктур.
Basic physical and chemical methods for the study of nanostructures.
15. Газовая хроматография. Основы метода и применение в катализе.
Gas chromatography. Fundamentals of the method and application in catalysis.

16. Методы разделения газов, мембранное разделение.
Methods of gas separation, membrane separation.
17. Экологический катализ, удаление летучих органических соединений, автомобильные катализаторы.
Environmental catalysis, removal of volatile organic compounds, automotive catalysts.
18. Принципы приготовления гетерогенных катализаторов. Основные стадии и этапы приготовления и их особенности. Нанесенные и массивные катализаторы.
The principles of the preparation of heterogeneous catalysts. The main stages and stages of preparation and their features. Supported and massive catalysts.
19. Цеолиты. Типы цеолитов. Классификация цеолитов. Промышленные процессы с участием цеолитов. Zeolites. Types of zeolites. Classification of zeolites. Industrial processes involving zeolites.
20. Промышленные реакции гидрирования/дегидрирования. Каталитические реакции парциального и полного окисления. Industrial hydrogenation / dehydrogenation reactions. Catalytic reactions of partial and complete oxidation.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка	2	3	4	5
Результат				
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
--	-------------------------

<p>Знать: современные теории, описывающие структуру, электронное строение и свойства твердых тел.</p> <p>Знать: основные характеристики материалов с особыми физическими (электрическими, магнитными, механическими) свойствами и области их применения.</p> <p>Знать: современные методы получения функциональных материалов, используемых в катализе</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p>Уметь: предсказывать свойства твердых тел на основе информации об их электронном строении и кристаллической структуре</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p>Владеть: Методами химического модифицирования твердотельных материалов с целью оптимизации их функциональных свойств</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>