

**Программа утверждена на заседании  
Ученого Совета химического факультета  
МГУ имени М.В.Ломоносова  
Протокол № 4 от 29 мая 2014 г.**

### **Рабочая программа дисциплины (модуля)**

1. Наименование дисциплины (модуля): Магнетохимия.

Краткая аннотация: Курс рассчитан на аспирантов, обучающихся на кафедре неорганической химии. Курс знакомит слушателей с основами магнетохимии с акцентом на соединения d- и f-переходных металлов, с магнитными свойствами сильномагнитных материалов (ферромагнетиков и сверхпроводников), с методами измерения магнитных характеристик и обработки данных измерений. Курс состоит из трех связанных разделов: раздела 1 «Магнитные свойства отдельных ионов и обменно-связанных кластеров», раздела 2 «Магнитные свойства ферромагнетиков» и раздела 3 «Магнитные свойства сверхпроводников».

2. Уровень высшего образования– подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

3. Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: Вариативная часть ООП, дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане, в течение 1 или 2 года обучения, во 2 или 3 семестре (по выбору аспиранта), блок 1 «Дисциплины (модули)».

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-2 способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	31 (УК-2) <b>Знать</b> методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	У1 (ОПК-1) <b>Уметь</b> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
ПК-1 Способность 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) 02.00.01 Неорганическая химия	34 (ПК-1) <b>Знать</b> современное состояние науки в области неорганической химии в части магнитных свойств неорганических соединений В1(ПК-1) <b>Владеть</b> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, в части исследования магнитных свойств веществ и материалов
ПК-16 способность 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	31 (ПК-16) <b>Знать</b> современное состояние науки в области химии твердого тела в части взаимосвязей между составом, структурой и магнитными свойствами твердых веществ

6. 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 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 40 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 18 часов занятия семинарского типа, 4 часа мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 68 часов составляет самостоятельная работа учащегося.

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

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Неорганическая химия», «Математический анализ», «Физика», «Физическая химия», «Кристаллохимия».

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. Магнитные свойства отдельных ионов и обменно-связанных кластеров	20	8	8	-	-	-	16	4		4
Раздел 2. Магнитные свойства ферромагнетиков	16	6	6	-	-	-	12	4		4
Раздел 3. Магнитные свойства	52	4	4	-	-	-	8	2	42	44

сверхпроводников										
Промежуточная аттестация <u>зачет по курсу</u>	20						4			16
<b>Итого</b>	108	18	18	-	-	-	40			68

8. Образовательные технологии.

Традиционные лекции. Семинары с решением задач.

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

Программа курса, распечатки лекций, план занятий, перечень домашних заданий.

10. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### **Основная литература**

1. Р.Карлин. Магнетохимия. М.: Мир, 1989.
2. С.В.Вонсовский. Магнетизм. М.: Наука, 1984.
3. В.Т.Калинников, Ю.В.Ракитин. Введение в магнетохимию. М.: Наука, 1980.
4. А.Вест. Химия твердого тела, ч.2. М.: Мир, 1988.
5. В.Буккель. Введение в сверхпроводимость. М.: Мир, 1975.

#### **Дополнительная литература**

1. Д.Д.Мишин. Магнитные материалы. М.: Высшая школа, 1981.
2. А.П.Малоземофф. Макроскопические свойства высокотемпературных сверхпроводников. В кн.: Физические свойства высокотемпературных сверхпроводников. Под ред. Д.М.Гинзберга, М.:Мир, 1990.

#### **Интернет-ресурсы**

П.Е.Казин. Магнитные методы в химии.

<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/kazin/welcome.html>

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

11. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели:

Казин Павел Евгеньевич, д. х. н., [kazin@inorg.chem.msu.ru](mailto:kazin@inorg.chem.msu.ru)

### **Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения**

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 1.
2. Примеры вопросов к семинарам
  1. Основные методы измерения магнитных характеристик.
  2. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Закон Кюри-Вейсса.
  3. Парамагнетизм соединений d-элементов.
  4. Парамагнетизм соединений f-элементов.
  5. Обменное взаимодействие. Механизмы обмена. Типы обмена. Обменные кластеры, примеры.
  6. Природа и параметры ферромагнетизма.
  7. Ферромагнитные материалы: классификация и свойства.
  8. Основные свойства сверхпроводников.
  9. Сверхпроводящие материалы: классификация и свойства.

### 3. Примеры домашних заданий

1. Определите теоретическое значение чисто спинового эффективного магнитного момента на парамагнитном атоме и молярную магнитную восприимчивость при 27°C ( $\theta=0$ ) для  $K_3Fe(CN)_6$ .
2. Определите теоретическое значение чисто спинового эффективного магнитного момента на парамагнитном атоме и молярную магнитную восприимчивость при 27°C (если  $\theta=0$ ) для  $Mn_2(SO_4)_3$ .
3. Определите теоретическое значение чисто спинового эффективного магнитного момента на парамагнитном атоме и молярную магнитную восприимчивость при 27°C (если  $\theta=0$ ) для  $K_2SO_4 \cdot V_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ .
4. Известно, что в соединении  $Ca_5(PO_4)_3CuO_x$  ( $x=1-1.5$ ) медь проявляет переменную степень окисления. Используя приведенные ниже данные магнитных измерений, определить содержание меди в различных степенях окисления. Масса образца 31.85 мг, напряженность магнитного поля 50000 Э.

Температура	Магнитный момент образца
250	-1.40E-04
175	2.51E-05
100	4.84E-04
20	4.22E-03

5. Определите магнитный момент и молярную намагниченность насыщения для феррита  $MnFe_2O_4$ .
6. Используя модель Бина, определите плотность критического тока для сверхпроводящей пластины толщиной 1, шириной 5 и длиной 10 мм, если ширина гистерезиса магнитного момента образца равна 1 ед. СГСМ в нулевом внешнем поле. Определите напряженность магнитного поля в центре образца.

### 4. Примеры тем рефератов

1. Магнитные свойства комплексов меди(II)
2. Магнитные свойства комплексов никеля(II): расщепление в нулевом поле
3. Обменные кластеры на основе оксо- и гидроксоацетатов 3d-металлов: магнитные параметры

5. Вопросы к зачету

А. Теоретические вопросы (1 на зачет):

1. Основные методы измерения магнитных характеристик.
2. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Закон Кюри-Вейсса.
3. Парамагнетизм соединений d-элементов.
4. Парамагнетизм соединений f-элементов.
5. Обменное взаимодействие. Механизмы обмена. Типы обмена. Обменные кластеры, примеры.
6. Природа и параметры ферромагнетизма.
7. Ферромагнитные материалы: классификация и свойства.
8. Основные свойства сверхпроводников.
9. Сверхпроводящие материалы: классификация и свойства.

Б. Задачи типа приведенных выше примеров домашних заданий.

**Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения**

Зачет проводится по билетам. Билет включает один теоретический вопрос и три задачи. Для подготовки ответа аспирант использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема зачета в течение года. На каждого аспиранта заполняется протокол приема зачета, в который вносятся вопросы билетов. В случае, если на все вопросы были даны удовлетворительные ответы, аспирант получает зачет. Ведомость приема зачета подписывается членами комиссии, принимающими зачет.

**Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине Магнетохимия  
на основе карт компетенций выпускников**

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисци- плине (мо- дулю)	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) и ШКАЛА оценивания					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ*
	1	2	3	4	5	
31 (УК-2) <b>Знать</b> методы научно-исследовательской деятельности	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания по методам научно-исследовательской деятельности	Общие, но не структурированные знания по методам научно-исследовательской деятельности	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания по методам научно-исследовательской деятельности	Сформированные систематические знания по методам научно-исследовательской деятельности	Реферат
У1 (ОПК-1) <b>Уметь</b> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	Отсутствие умений	Частично освоенное умение выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	В целом успешно, но не систематически осуществляемые умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	В целом успешно, но содержащие отдельные пробелы в умении выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	Сформированное умение анализировать, выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	письменное решение задач

	1	2	3	4	5	
34 (ПК-1) <b>Знать</b> современное состояние науки в области неорганической химии в части магнитных свойств неорганических соединений	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания современного состояния науки в области неорганической химии	Неполные знания современного состояния науки в области неорганической химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современного состояния науки в области неорганической химии	Сформированные и систематические знания современного состояния науки в области неорганической химии	Зачет в форме индивидуального собеседования
В1 (ПК-1) Владеть навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, в части исследования магнитных свойств веществ и материалов	Отсутствие владений	Фрагментарные владения навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Неполные владения навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы владения навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Сформированные и систематические владения навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Зачет в форме индивидуального собеседования
31 (ПК-16) <b>Знать</b> современное	Отсутствие	Фрагментарные представления	Неполные представления о со-	Сформированные, но содержащие отдельные	Сформированные систематические	Зачет в форме индивидуального

менное состояние науки в области химии твердого тела в части взаимосвязей между составом, структурой и магнитными свойствами твердых веществ	знаний	ления о современном состоянии науки в области химии твердого тела	временном состоянии науки в области химии твердого тела	пробелы представления о современном состоянии науки в области химии твердого тела	представления о современном состоянии науки в области химии твердого тела	го собеседования
--	--------	---	---	---	---	------------------