

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/

«20» мая 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Химия интерметаллических соединений**

**Уровень высшего образования:**

Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Химия твердого тела

**Форма обучения:**

очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

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 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019).

Год (годы) приема на обучение 2019/2020

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><b>СПК-1.С.</b> Способен использовать современную теорию строения твердых тел, представления о взаимосвязи электронного строения, кристаллической структуры и физических свойств твердых тел для синтеза новых веществ и материалов с заданными свойствами</p>	<p><b>СПК-1.С.1.</b> объясняет физические свойства твердых тел на основе информации об их электронном строении и кристаллической структуре</p>	<p><b>Знать:</b> современные теории, описывающие структуру, электронное строение и свойства твердых тел. <b>Уметь:</b> находить взаимосвязи между составом, строением, физическими и химическими свойствами твердых тел и объяснять их.</p>
	<p><b>СПК-1.С.2.</b> прогнозирует физические свойства твердых тел на основе информации об их электронном строении и кристаллической структуре</p>	<p><b>Владеть:</b> Способами предсказания физических и химических свойств твердотельных материалов на основе их состава и структуры</p>
<p><b>СПК-3.С.</b> Способен планировать синтез металлических сплавов и композиционных материалов с определенными эксплуатационными характеристиками на основе информации о диаграммах состояния, применять на практике современные методы получения сплавов и композитов, прогнозировать их поведение при воздействии различных эксплуатационных факторов, применять различные способы защиты металлов и сплавов от коррозионных разрушений</p>	<p><b>СПК-3.С.3.</b> грамотно выбирает методы химического модифицирования твердотельных материалов с целью оптимизации их функциональных свойств и защиты от коррозионных разрушений</p>	<p><b>Знать:</b> Современные методы получения металлических сплавов и композиционных материалов <b>Знать:</b> основные характеристики материалов с особыми физическими (электрическими, магнитными, механическими) свойствами и области их применения.</p>

3. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 36 часа составляет контактная работа студента с преподавателем (14 часов занятия лекционного типа, 14 часов – семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 4 часа – текущий контроль успеваемости 2 часа – промежуточный контроль успеваемости), 36 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, физико-химического анализа, основные положения современной теории строения твердых тел.

**Уметь:** предсказывать физические свойства твердых тел, исходя из их пространственной и электронной структуры, интерпретировать диаграммы состояния, определять фазовый состав системы заданного состава при заданных условиях.

**Владеть:** навыками использования базовых физико-химических знаний, а также математического аппарата для решения химических проблем.

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
Тема 1. Кристаллическая структура интерметаллических соединений (ИМС).	<b>24</b>	6	4			2	<b>12</b>	2	8	<b>10</b>
Тема 2. Факторы, определяющие структуру интерметаллических соединений.	<b>8</b>	2	2				<b>4</b>	4		<b>4</b>

Тема 3. Физические свойства ИМС.	24	6	4			2	12	2	10	12
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	14			2		2	4	10		10
<b>Итого</b>	<b>72</b>	14	12	2		6	<b>34</b>	18	18	<b>36</b>

Содержание тем:

**Тема 1. Кристаллическая структура интерметаллических соединений (ИМС)** Фазы со структурным типом CsCl; фазы Лавеса ( $MgCu_2$ ,  $MgZn_2$  и  $MgNi_2$ ); фазы типа  $Cr_3Si$ . Фазы состава  $A_2B$  со структурными типами  $Ti_2Ni$ ,  $MoSi_2$ ,  $CuAl_2$ . Упорядоченные структуры с плотной упаковкой состава  $AB_3$  ( $AuCu_3$ ,  $TiNi_3$ ,  $MgCd_3$ ,  $PuAl_3$ ,  $TiCu_3$ ,  $TiAl_3$ ). Фазы состава  $AB_5$  (структурные типы  $UNi_5$  и  $CaCu_5$ ). Франк-Касперовские фазы ( $\sigma$ -,  $P$ -,  $R$ - и  $\mu$ -фазы), полиэдры Каспера. Взаимопроникающие структуры и структурные серии ИМС.

**Тема 2. Факторы, определяющие структуру интерметаллических соединений.**

*Электрохимический фактор.* Фазы Цинтля. *Размерный фактор.* Фазы Лавеса и их гомологический ряд. *Электронная концентрация.* Фазы Юм-Розери. Квантовая теория электронных соединений. Электронное строение фаз внедрения. Классификация ИМС по факторам, определяющим структуру. Предсказание новых интерметаллических соединений: метод Савицкого-Грибули, метод Вильярса-Джирджиса-Халингер.

**Тема 3. Физические свойства ИМС.** Понятие о зонной структуре и важнейших особенностях химической связи в интерметаллических соединениях. Связь электронного строения и физических свойств ИМС. **Магнитные свойства.** Типы магнетизма. Структурные типы, обладающие магнитными свойствами. Необычные физические свойства, связанные с магнетизмом: инварный эффект, магнитокалорический эффект, Кондо-эффект. **Сверхпроводимость.** Параметры сверхпроводимости. Мягкие и жесткие сверхпроводники. Сверхпроводящие структуры.

**Жаростойкость и жаропрочность,** коррозионостойкость. Использование ИМС для создания дисперсионно-упрочненных материалов.

#### 6. Образовательные технологии:

- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ. Проводятся традиционные лекции с использованием мультимедийных презентаций, а также лекции-демонстрации проблемного характера, посвященные современным методам синтеза ИМС, методам визуализации кристаллических структур интерметаллидов, а также прогнозированию структуры энергетических зон;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- 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](http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/general-spec.html)

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### Основная литература

1. Соколовская Е.М., Гузей Л.С. Металлохимия. М.: МГУ, 1986.
2. 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.
3. Хомский Д.И. Необычные электроны в кристаллах. – М.:Знание. 1987. –64 с
4. Партэ Э. Некоторые вопросы структурной неорганической химии. М.: «Мир», 1993.

#### Дополнительная литература

1. Крипьякевич П.И. Структурные типы интерметаллических соединений. М.: “Наука”, 1977. – 290 с
  2. Gerhard Sauthoff. Intermetallics. Basel; Cambridge ; Tokyo : VCH, 1995. –181 pp.
  3. Crystal structures of intermetallics compounds/ Ed. by J.H.Westbrook and R.L. Fleischer. – John Wiley & Sons Ltd. England. 1988. PP. 258.
  4. Heavy-Fermion Systems/Ser. Ed. Prasanta Misra in HANDBOOK OF METAL PHYSICS. B.H. – Elsevier. 2008. PP. 353.
- 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](http://www.springermaterials.com/docs/index.html)
    2. База данных «Термические Константы Веществ»: [www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html](http://www.chem.msu.ru/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](http://www.ill.eu/sites/fullprof)
  - Периодическая литература
    1. Strydom A.M., Griбанov A.V., Seropegin Y.D. *etal.* Magnetic ordering and metamagnetism in Ce<sub>2</sub>TGe<sub>6</sub> (T = Pd, Pt) // *J. of Magnetism and Magnetic Materials.* **2004.** 283. pp. 181-189.
    2. Palenzona A., Eggenhoffner R., Canepa F. Superconductivity in the La-Ru system // *J. Alloys and Comp.* 1994. V. 205. p. 49-52.
    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., Griбанов A., Seropegin Y. // Unconventional superconductivity and magnetism in CePt<sub>3</sub>Si<sub>1-x</sub>Gex. // Physica B: Condensed Matter. **2005**. 359. pp. 360–367.

- Описание материально-технической базы.

Занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным экраном и персональными компьютерами.

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

к.х.н., в.н.с. Грибанов Александр Викторович 8(495)939-17-80.

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

Образцы оценочных средств для промежуточной аттестации - зачета. На зачете проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

#### **Вопросы для зачета:**

1. Интерметаллические соединения. Определение. Дальтонида и бертоллиды.
2. Плотнейшие упаковки шаров, октаэдрические и тетраэдрические пустоты, координационные многогранники. Основные структурные типы металлов: ГЦК, ОЦК, ГПУ.
3. Классификация структурных типов и соотношения между структурами, Производные и вырожденные структуры.
4. Сверхструктуры на основе плотной упаковки плотноупакованных слоев. Политипия.
5. Упорядоченные структуры с плотной упаковкой состава АВЗ и состава АВ5.
6. Важнейшие семейства ИМС: фазы Юм-Розери, фазы Лавеса, фазы  $\sigma$ -семейства. Роль размерного и электронного фактора в образовании ИМС указанных типов.
7. Электрохимический фактор устойчивости ИМС. Фазы Цинтля. Валентные соединения.
8. Размерный фактор. Средний концентрационно-взвешенный радиус. Коэффициент заполнения пространства Фазы Лавеса и их гомологический ряд.
9. Электронные соединения: фазы Юм-Розери и фазы внедрения. Связь электронной концентрации и кристаллического строения.
10. Влияние зонного фактора на кристаллическую структуру ИМС. Влияние температуры на кристаллическую структуру ИМС. Влияние давления на кристаллическую структуру ИМС.

11. Изменение периодов решетки ИМС в зависимости от типа диаграммы состояния двойной системы. Аномальные изменения периодов решетки, обусловленные: вакансиями, магнитным упорядочением.
12. Топологически плотноупакованные структуры (ТПУ).  $\sigma$ -Фаза. Роль размерного и электронного фактора в образовании  $\sigma$ -фазы.
13. Предсказание интерметаллических соединений. Метод Савицкого-Грибули. Метод Вильяrsa-Джирджиса-Халингера.
14. Предсказание появления ТПУ-фаз. Понятие о методе PHASOMP. Карты структур

**Вопросы по содержанию раздела 2**

1. Реакции образования интерметаллических соединений. Конгруэнтное образование. Образование ИМС по перитектической и перитектоидной реакциям. Образование ИМС как упорядочение твердого раствора.
2. Методы синтеза ИМС. Сплавление компонентов. Спекание порошков металлов. Механо-химический метод получения интерметаллидов.
3. Физические свойства ИМС. Зонное строение. Электропроводность. Металлы, полупроводники, диэлектрики.
4. Сверхпроводимость. Сверхпроводники II рода (NbTi, Nb<sub>3</sub>Sn, Nb<sub>3</sub>Ge). Кондо-эффект.
5. ИМС со структурой  $\beta$ -W. Гомологический ряд. Получение. Сверхпроводимость. Влияние легирования на стабилизацию фаз на основе этих ИМС.
6. Интерметаллические соединения РЗМ с р-элементами 13 и 14 групп. Двойные и тройные ИМС. Типы ИМС. Получение. Электрические свойства. Кондо-эффект.
7. Магнитные свойства. Типы магнетизма. Структурные типы, обладающие магнитными свойствами.
8. Ферромагнетики. Ферромагнитные сплавы, обладающие эффектом памяти формы. Сплавы Гейслера.
9. Ферримагнетики. Интерметаллиды систем Fe(Co) –РЗМ.
10. Интерметаллические соединения РЗМ с d-переходными металлами. Влияние легирования на устойчивость ИМС в тройных системах. Магнитные свойства.
11. Использование ИМС для создания дисперсионно-упрочненных материалов.
12. Интерметаллиды с памятью формы. Температура проявления памяти формы, гистерезис обратимой деформации, напряжение мартенситного сдвига.
13. Интерметаллиды с памятью формы. Никелид титана. Получение. Влияние легирования на температуру мартенситного превращения и гистерезис обратимой деформации.
14. Интерметаллические соединения алюминия. Получение. Механические и коррозионные свойства.

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

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

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>
---



Оценка \ Результат	2	3	4	5
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

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
Знать: современные теории, описывающие структуру, электронное строение и свойства твердых тел. Знать: Современные методы получения металлических сплавов и композиционных материалов Знать: основные характеристики материалов с особыми физическими (электрическими, магнитными, механическими) свойствами и области их применения.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на промежуточной аттестации
Уметь: находить взаимосвязи между составом, строением, физическими и химическими свойствами твердых тел и объяснять их.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на промежуточной аттестации
Владеть: Способами предсказания физических и химических свойств твердотельных материалов на основе их состава и структуры.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на промежуточной аттестации