

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,  
Акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«27» февраля 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Физико-химическая механика материалов**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
Коллоидная химия

**Форма обучения:**  
очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №1 от 27.01.2017)

Москва 2017

Рабочая программа дисциплины (модуля) 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) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018,  
2018/2019

1. Наименование дисциплины (модуля) **Физико-химическая механика материалов**
2. Уровень высшего образования – **специалитет.**
3. Направление подготовки: **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Компетенция	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<b>СПК-1.С.</b> Способен применять знания теоретических основ фундаментальных разделов коллоидной химии (термодинамика поверхностных явлений, образование, устойчивость и свойства дисперсных систем различной природы) при решении задач профессиональной деятельности	<b>ЗНАТЬ:</b> теоретические основы главных разделов коллоидной химии: поверхностные явления, устойчивость дисперсных систем, физико-химическая механика, механизмы и закономерности процессов, протекающих на границах твердых тел с жидкими средами <b>УМЕТЬ:</b> использовать теоретические знания для анализа и объяснения полученных экспериментальных результатов <b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками применения теоретических основ коллоидной химии при решении учебных и научных задач; основами методов управления структурой и механическими свойствами дисперсных систем и материалов

6. Объем дисциплины (модуля) составляет **2** зачетных единицы, всего **72** часа, из которых **30** часов составляет контактная работа студента с преподавателем (**14** часов занятия лекционного типа, **14** часов занятия семинарского типа, **2** часа мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), **42** часа составляет самостоятельная работа учащегося.

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

Обучающийся должен

**Знать:** фундаментальные основы физики и математики, основы физической, неорганической и органической химии, основы коллоидной химии)

**Уметь:** анализировать научную литературу, привлекать экспериментальные данные для проверки корректности количественных оценок, анализировать полученные результаты, уметь пользоваться приемами математического анализа при рассмотрении сил сцепления на межфазных границах раздела

**Владеть:** навыками поиска научной информации и ее анализа, навыками представления полученных результатов в виде отчетов, презентаций и научных публикаций, английским языком для анализа периодической иностранной научной литературы

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
Тема 1. Основные проблемы физико-химической механики.	12	2	2				4	8		8
Тема 2. Реальная структура твердых тел. Дефекты структуры в твердых телах. Роль границ зерен. Параметры распределения межзеренных энергий в поликристаллах.	10	2	2				4		6	6
Тема 3. Взаимодействие границ зерен с поверхностно-активными жидкостями. Влияние напряженного состояния и температуры на межзеренное смачивание. Условия образования связной сети межзеренных границ. Области приложения перколяционных моделей в физико-	10	2	2				4	6		6

химической механике.										
Тема 4. Эффект Ребиндера. Термодинамические условия проявления эффекта. Структурные и кинетические условия его проявления. Особенности проявления эффекта Ребиндера на телах с различным типом связи. Основы физико-химической геомеханики. Литосфера как дисперсная система. Механо-гидролитическое разрушение твердых тел.	10	2	2				4		6	6
Тема 5. Структура жидких межзеренных прослоек. Рекристаллизационная ползучесть как форма проявления эффекта Ребиндера.	8	2	2				4	4		4
Тема 6. Границы раздела фаз в высокотемпературных металлических системах. Межфазная энергия на границе металл/расплав в двухкомпонентных системах. Методы расчета поверхностного натяжения в двух- и трехкомпонентных системах.	10	2	2				4	4		6
Тема 7. Смачивание и растекание в металлических системах. Смачивание металлическими расплавами в современных технологиях	12	2	2				4		8	8
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	2					2	2			
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>14</b>	<b>14</b>			<b>2</b>	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>42</b>

**9. Образовательные технологии:**

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

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

Конспекты лекций, презентации лекций, основная и дополнительная литература.

**Вопросы для домашних заданий**

1. Применимость правила Стефана для определения поверхностной энергии твердых тел;
2. Определение поверхностной энергии полимеров;
3. Непосредственное наблюдение расположения дислокаций в кристаллах;
4. Влияние примесей на процесс переползания дислокаций;
5. Эффект Ребиндера в условиях поляризации поверхности;
6. Проявление эффекта Ребиндера в природе;
7. Влияние состава раствора на процесс растворения и роста кристаллов;
8. Образование крейзов в полимерах;
9. Особенности специальных границ зерен в металлах;
10. Особенности измерения поверхностной энергии твердых тел;
11. Анизотропия поверхностной энергии в кристаллических твердых телах;
12. Анализ формы жидких включений для определения анизотропии межфазной энергии расплав / тв. металл.

**Темы для рефератов:**

1. Определение поверхностной энергии металлов методом нулевой ползучести: ограничения и обзор результатов.
2. Анализ методов определения толщины жидких межзеренных прослоек в поликристаллах различной природы.
3. Гипотезы о механизме влияния воды на процесс разрушения тел и их прочность.
4. Роль молекулярной подвижности среды в проявлении эффекта Ребиндера.
5. Влияние дефектов различной природы на прочность твердых тел.
6. Факторы, влияющие на интенсивность процессов адсорбционного воздействия среды на механические свойства твердых тел.
7. Условия смачивания границ зерен.
8. Зависимость механического поведения твердых тел от степени связности смоченных границ зерен.

9. Причины возможной смены лимитирующей стадии рекристаллизационной ползучести при изменении состава раствора.
10. Основные методы определения поверхностного натяжения расплавов. Влияние адсорбции компонентов газовой фазы.
11. Использование равновесной формы кристалла для определения анизотропии поверхностной энергии.

#### 11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### **Основная литература**

1. П.А. Ребиндер. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. Наука. 1979.
2. Практикум по коллоидной химии. Под ред. В.Г. Куличихина. М. Вузовский учебник. 2012.
3. Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. Коллоидная химия. 6-е издание. Юрайт. 2012.
4. А.Л. Волынский, Н.Ф. Бакеев. Роль поверхностных явлений в структурно-механическом поведении твердых полимеров. Физматлит. 2014.

#### **Дополнительная литература**

1. В.А. Берштейн. Механо-гидролитические процессы и прочность твердых тел. Ленинград. «Наука», 1987.
2. В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский. Кинетическая природа прочности твердых тел. «Наука», М., 1974.
3. В.Ю. Траскин, З.Н. Скворцова. Эффект Ребиндера в геодинимических процессах в сб. «Флюиды и геодинимика», «Наука», М., 2006.
4. Е. Федер. Фракталы. «Мир». М., 1992.
5. Д. Израелашвили Межмолекулярные и поверхностные силы. М. Научный Мир. 2011
6. Н.В. Перцов, В.Ю. Траскин. Эффект Ребиндера в природе. В сб. Успехи коллоидной химии и физико-химической механики. М., Наука, 1992.
7. В.В. Яминский, В.А. Пчелин, Е.А. Амелина, Е.Д. Щукин. Коагуляционные контакты в дисперсных системах. М. Химия. 1982.

#### 12. Язык преподавания – русский

#### 13. Преподаватели: проф., д.х.н. Зоя Николаевна Скворцова

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

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.5.

### **Вопросы к зачету**

1. Вещество и материал. Управление прочностью твердых тел и материалов как фундаментальная научная проблема.
2. Основные направления развития физико-химической механики.
3. Теоретическая прочность бездефектных твердых тел. Связь прочности, упругих постоянных и поверхностной энергии с характеристиками межатомных взаимодействий.
4. Роль дефектов структуры в процессе разрушения.
5. Методы определения поверхностной энергии твердых тел.
6. Теория Гриффитса. Критический размер трещины разрушения.
7. Дефекты структуры в твердых телах: микротрещины, границы зерен, дислокации. Типы дислокаций и дислокационные механизмы пластической деформации кристаллов
8. Малоугловые и большеугловые границы зерен. Структура границ зерен. Зависимость энергии границ от разориентировки зерен.
9. Связь между углами в тройных стыках зерен и энергиями границ (соотношение Херринга).
10. Экспериментальный метод определения параметров распределения межзеренных энергий в поликристаллах.
11. Контакт границ зерен с жидкой фазой. Образование канавок травления (уравнение Маллинза).
12. Термодинамическое условие межзеренного смачивания (уравнение Гиббса – Смита). Влияние напряженного состояния и температуры на межзеренное смачивание.
13. Условие образования связной сети смоченных границ. Области приложений перколяционных моделей в физико-химической механике.
14. Термодинамические условия понижения прочности твердых тел в присутствии жидких сред. Связь понижения прочности с теплотой смещения.
15. Эффект Ребиндера на телах с различным типом связи: ионные и ковалентные кристаллы, металлы, органические кристаллы, полимеры.
16. Зависимость степени проявления эффекта Ребиндера от температуры и скорости деформации. Роль структуры твердого тела при проявлении эффекта Ребиндера.
17. Понятие о кинетической теории разрушения (теория Журкова). Механо-гидролитические процессы при разрушении твердых тел.
18. Рекристаллизационная ползучесть как форма эффекта Ребиндера. Условия проявления рекристаллизационной ползучести.
19. Структура жидких межзеренных прослоек.
20. Методы управления скоростью рекристаллизационной ползучести: влияние состава раствора и циклических воздействий.
21. Поверхностная энергия твердых тел.
22. Определение межфазной энергии твердый металл / расплав в однокомпонентных системах: смачивание собственным расплавом, гомогенное зародышеобразование.

23. Понижение поверхностной энергии твердых тел в присутствии паров летучего компонента и легкоплавких добавок в твердой фазе как адсорбционный процесс.

24. Физико-химические факторы, влияющие на смачивание и кинетику растекания.

30. Эффект Ребиндера в природе. Роль жидких фаз в процессах деформации и разрушении горных пород, в процессах метаморфизма.

### 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: теоретические основы главных разделов коллоидной химии: поверхностные явления, устойчивость дисперсных систем, физико-химическая механика, механизмы и закономерности процессов, протекающих на границах твердых тел с жидкими средами	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Уметь: использовать теоретические знания для анализа и объяснения полученных экспериментальных результатов	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Владеть: навыками применения теоретических основ коллоидной химии при решении учебных и научных задач; основами методов управления структурой и механическими свойствами дисперсных систем и материалов	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене

