

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«20» мая 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Межфазные явления в системах твёрдое тело/жидкость**

**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 №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, 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)   |
|--|---|--|
| <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>СПК-1.С.2</b> предлагает грамотную интерпретацию результатов исследования коллоидных систем на основе знания теоретических основ фундаментальных разделов коллоидной химии | <b>Знать:</b> основы термодинамики поверхностных явлений на границах раздела фаз твёрдое тело / жидкость / газ и твёрдое тело / жидкость <sub>1</sub> / жидкость <sub>2</sub><br><b>Уметь:</b> использовать теоретические знания для анализа и объяснения полученных экспериментальных результатов<br><b>Владеть:</b> навыками применения теоретических основ при решении учебных и научных задач в области термодинамики поверхностных явлений. |

3. Объем дисциплины 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 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 78 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 36 часов занятия семинарского типа, 2 часа - групповые консультации, 4 часа - промежуточный контроль успеваемости), 68 часов составляет самостоятельная работа студента.*

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

Обучающийся должен

**Знать:** физическую химию поверхностных явлений, коллоидную химию, физическую химию высокомолекулярных соединений, органическую химию, фундаментальные основы физики и математики;

**Уметь:** анализировать состояние границ раздела фаз, используя их термодинамические параметры состояния; уметь использовать приемы математического анализа при рассмотрении состояния межфазных границ раздела;

**Владеть:** методами и подходами для проведения физико-химических экспериментов; методами статистической обработки экспериментальных данных; английским языком для анализа периодической научной литературы.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),<br>форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) | Всего (часы) | В том числе   |                           |                        |                             |  |       |   |                              |       |
|--|--------------|---|---------------------------|------------------------|-----------------------------|--|-------|---|------------------------------|-------|
|  |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы<br>из них |                           |                        |                             |  |       | Самостоятельная работа обучающегося, часы<br>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. Смачивание в равновесных условиях  | 18           | 6   | 6                         |                        |                             |  | 12    | 6   |                              | 6     |
| Тема 2. Смачивание реальных поверхностей   | 26           | 8   | 8                         |                        |                             |  | 18    | 8   |                              | 8     |
| Тема 3. Управление смачиванием   | 24           | 8   | 8                         |                        |                             |  | 16    | 8   |                              | 8     |
| Тема 4. Растекание жидкостей по твердым поверхностям   | 24           | 8   | 8                         |                        |                             |  | 16    | 8   |                              | 8     |
| Тема 5. Практическое использование смачивания  | 20           | 6   | 6                         |                        |                             |  | 14    | 6   |                              | 6     |
| Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>  | 36           |   |                           | 2                      |                             | 4  | 6     |   |                              | 30    |

|              |            |           |           |          |  |          |           |           |  |           |
|--------------|------------|-----------|-----------|----------|--|----------|-----------|-----------|--|-----------|
| <b>Итого</b> | <b>144</b> | <b>36</b> | <b>36</b> | <b>2</b> |  | <b>4</b> | <b>78</b> | <b>66</b> |  | <b>66</b> |
|--------------|------------|-----------|-----------|----------|--|----------|-----------|-----------|--|-----------|

#### **6. 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.

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

Конспекты лекций, основная и дополнительная учебная литература.

Вопросы для подготовки к контрольным работам:

1. Суперпозиция капиллярных и гравитационных сил (капиллярное поднятие, мениск при вертикальной стенке, капиллярная постоянная).
2. Уравнение Юнга: энергетический и силовой подходы.
3. Капиллярные силы и давление Лапласа: рассмотрение проблемы стягивающего мениска.
4. Избирательное смачивание, гидрофильные и гидрофобные поверхности.
5. Смачивающие пленки в молекулярных жидкостях и металлических расплавах.
6. Пропитка порошков и пористых твердых тел. Ртутная порометрия.
7. Поверхностное натяжение молекулярных и ионных жидкостей, металлических расплавов.
8. Избыточная свободная поверхностная энергия молекулярных и ионных кристаллов, металлов.
9. Межфазная энергия на границе раздела жидкость / твердое тело в однокомпонентной системе.
10. Методы расчета поверхностной энергии в молекулярных системах. Константа Гамакера.
11. Методы расчета поверхностной энергии твердых тел различной природы.
12. Молекулярная теория смачивания низкоэнергетических поверхностей Джирифалко-Гуда-Фоукса.
13. Межфазная энергия на границе твердое тело/жидкость в двухкомпонентных системах. Методы расчета и роль адсорбции на границе раздела фаз.
14. Анизотропия поверхностной энергии твердых тел. Расчет анизотропии на основе анализа равновесной формы.
15. Изменения структуры поверхности с температурой. Поверхностное плавление. Огрубление поверхностей. Переход огрубления.
16. Краевые углы и гистерезис смачивания на гетерогенных и шероховатых поверхностях. Уравнения Касси и Венцеля. Супергидрофобность.
17. Фрактальные поверхности. Способы получения поверхностей с фрактальной структурой. Смачивание фрактальных поверхностей.

18. Модифицирующие монослои на поверхности кристаллов. Дизайн модифицирующих слоев.
19. Влияние ПАВ на устойчивость смачивающих пленок.
20. Корреляция краевых углов смачивания с поверхностными и объемными свойствами растворов ПАВ.
21. Кинетические модели растекания вязкой жидкости по твердой поверхности. Понятие об инерционном, кинетическом (диффузионном) и вязком режимах растекания.
22. Кинетика капиллярного поднятия (уравнение Лукаса-Уошборна).
23. Растекание растворов ПАВ. Автофобность. Реактивное смачивание. Влияние растворения подложки на смачивание. Влияние течения Марангони на кинетику растекания многокомпонентных жидкостей.
24. Гидродинамические неустойчивости при растекании и двухфазном течении. Скольжение по гидрофобным поверхностям как основа микрофлюидики.
25. Практические аспекты смачивания металлическими расплавами.
26. Использование смачивания для прогнозирования транспортных свойств полимерных мембран, создание биосенсоров, компактных катализаторов.
27. Смачивание металлическими расплавами в современной технологии.
28. Проблемы смачивания в технологии производства алюминия.
29. Основы микрофлюидики.

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbmgu.ru/>

#### Основная литература

1. Конспекты лекций
2. Презентации лекций
3. Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. Коллоидная химия. Учебник. М.: Высш. шк. 2007.

#### Дополнительная литература

1. В. И. Ролдугин. Физикохимия поверхности, Интеллект, 2008
2. А. Адамсон. Физическая химия поверхностей. М.: Мир. 1979.
3. Б.Д. Сумм, Ю.В. Горюнов. Физико-химические основы смачивания и растекания. М.: Наука, 1976.
4. Д.Н. Израелашвили. Межмолекулярные и поверхностные силы. М.: Научный мир, 2011.
5. P.G. de Gennes, F. Brochard-Wyart, D. Quere. Capillarity and Wetting Phenomena: Drops, Bubbles, Pearls, Waves. Springer, 2004.

6. N. Eustathopoulos, M. Nicholas, B. Drevet. Wettability at high temperatures. Pergamon, Oxford, 1999.
7. Липатов Ю.С. Коллоидная химия полимеров. Киев: Наукова думка, 1984.
8. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / под ред. Берлина А.А. СПб: Профессия, 2009.
9. Периодическая научная литература (по указанию преподавателя)
  - Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами)

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

доцент, к.х.н. Валентина Дмитриевна Должикова,  
ст.н.с., к.х.н. Юлия Геннадиевна Богданова,  
в.н.с., к.х.н. Павел Валериевич Проценко

#### **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.2.

#### **Полный перечень вопросов к экзамену:**

1. Равновесный краевой угол. Уравнение Юнга. Вывод уравнения Юнга.
2. Термодинамические условия смачивания, несмачивания, растекания.
3. Гистерезис краевых углов. Причины гистерезиса. Супергидрофобные поверхности.
4. Равновесие по линии контакта 3-х фаз - общие принципы на примере уравнений Юнга, Херринга, правила Гиббса-Смита.
5. Капиллярное поднятие – силовой и энергетический подходы.
6. Капиллярное поднятие в капиллярах переменного сечения.
7. Сила поверхностного натяжения и силы, возникающие в результате действия давления Лапласа (стягивающие мениски между сферами и плоскими пластинами).
8. Уравнение Уошборна. Вывод для горизонтального цилиндрического капилляра.

9. Адсорбция ПАВ на твердых поверхностях. Использование метода смачивания для изучения адсорбционных слоев ПАВ, иммобилизованных на твердой поверхности?
10. Использование ПАВ для управления смачиванием и избирательным смачиванием.
11. Определение поверхностной энергии твердых тел (методы нулевой ползучести, зародышеобразования, многофазного равновесия)
12. Методы и подходы к определению поверхностной энергии полимеров.
13. Механизмы распространения жидкости по дефектам поверхности твердого тела в приложении к эффекту Ребиндера.
14. Краевые углы как индикаторы транспортных свойств сплошных полимерных мембран.
15. Использование метода смачивания для прогнозирования адгезионных свойств полимерных связующих.
16. Физико-химические подходы к выбору биосовместимых материалов.

#### 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: основы термодинамики поверхностных явлений на границах раздела фаз твёрдое те- | мероприятия текущего контроля успе- |



|  |  |
|--|--|
| ло/жидкость/газ и твёрдое тело/жидкость <sub>1</sub> /жидкость <sub>2</sub>  | ваемости, 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 при решении учебных и научных задач в области термодинамики поверхностных явлений | мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене |