

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета, Акад. РАН,
Профессор



«30» августа 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Метод смачивания в физико-химических исследованиях
поверхностных свойств твёрдых тел**

Wetting method in physico- chemical studies of the surface properties of solids

Уровень высшего образования:

Программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
Коллоидная химия (104-01-00-1410-хн)

Москва 2022

1. Краткая аннотация:

Название дисциплины - Метод смачивания в физико-химических исследованиях поверхностных свойств твёрдых тел (Wetting method in physico- chemical studies of the surface properties of solids)

Цель изучения дисциплины – знакомство слушателей с возможностями метода смачивания при исследовании поверхностей твердых тел и изменении поверхностных свойств в результате воздействия различных факторов. В рамках курса рассматриваются теоретические вопросы, касающиеся описания явлений смачивания и растекания, а также взаимосвязи физико-химических характеристик твердых поверхностей, определенных экспериментально методом смачивания, с поверхностными и объемными характеристиками твёрдых тел различной природы (металлы, полимеры, ионные кристаллы); обсуждаются факторы, влияющие на равновесный краевой угол на поверхностях объектов различной морфологии (гладких, шероховатых, волокнистых, пористых и на химически неоднородных поверхностях) и анализируются прогностические возможности метода смачивания при использовании эффективных значений краевых углов и величин, рассчитанных на их основе.

2. Уровень высшего образования – подготовка кадров высшей квалификации.

3. Научная специальность: **1.4.10** – Коллоидная химия, область науки: 1. Естественные науки.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре Программы аспирантуры: Обязательные дисциплины (модули) – Обязательная дисциплина по выбору.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 56 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (24 часа занятий лекционного типа, 30 часов занятий семинарского типа, 2 часа мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 16 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

6. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия. На предыдущих уровнях высшего образования должны быть освоены общие курсы:

1. «Математический анализ»
2. «Физическая химия»
3. «Коллоидная химия»
4. «Органическая химия»
5. «Высокомолекулярные соединения»
6. «Физика»

7. 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					Самостоятельная работа обучающегося, часы			
		из них					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 к коллоквиумам	Всего
Тема 1. Явление смачивания	10	4	4				8	2		2
Тема 2. Теории смачивания	12	4	6				10	2		2
Тема 3. Влияние поверхностно-активных веществ на смачивание	12	4	6				10	2		2
Тема 4. Теория капиллярности	12	4	4				8	4		4
Тема 5. Особенности смачивания в металлических системах	12	4	6				10	2		2
Тема 6. Прогноз эффективности использования полимеров при создании материалов на их основе по данным метода смачивания	12	4	4				8	2		4
Промежуточная аттестация: <u>зачет</u>	2					2	2			
Итого	72	24	30			2	56	16		16

Содержание тем:

Тема 1. Методы определения равновесного краевого угла на поверхностях различной морфологии и факторы, влияющие на его величину.

Тема 2. Расчёт физико-химических характеристик поверхностей с использованием экспериментальных значений краевых углов.

Тема 3. Влияние поверхностно-активных веществ на величину краевого угла. Закономерности изменения поверхностных свойств твердых тел при их модифицировании соединениями дифильной химической структуры.

Тема 4. Теоретические аспекты капиллярности. Капиллярные эффекты при смачивании и их использование на практике.

Тема 5. Специфика формирования краевого угла в металлических системах. Прогнозирование проявления эффекта Ребиндера по данным смачивания и растекания в системах металл-металл.

Тема 6. Прогностические возможности метода смачивания при оптимизации выбора компонентов для композиционных и мембранных материалов. Коллоидно-химические аспекты биосовместимости полимерных материалов: применение метода смачивания для прогнозирования биосовместимости.

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: лекции-демонстрации с использованием мультимедийных презентаций. Семинарские занятия, на которых аспиранты решают задачи по тематике прочитанных лекций.

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю): Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий, перечень домашних заданий, лекционные материалы и примеры задач по тематике прочитанных лекций. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы.

10. Ресурсное обеспечение:

Основная литература:

1. Б.Д. Сумм, Ю.В. Горюнов. Физико-химические основы смачивания и растекания. М., 1976. 239с.
2. А.А. Адамсон. Физическая химия поверхностей. М., Мир. 1979.568с.
3. В.И. Ролдугин. Физикохимия поверхности. 2008. Изд.Дом Интеллект. 568с.
4. К. Холмберг, Б. Йёнссон, Б. Кронберг, Б. Линдман. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. М.: Бином. 2007.
5. Практикум по коллоидной химии. Под ред. В.Г.Куличихина. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2012.
6. Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. Коллоидная химия. Учебник. М., 2018. 44с.
7. N. Eustathopoulos, M. Nicholas, V. Drevet. Wettability at high temperatures. Pergamon, Oxford, 1999.

Дополнительная литература:

1. J. Kloubek. Development of methods for surface free energy determination using contact angles of liquids on solids. Avances in Colloid and Interface Sci., 38 (1992). P. 99 – 142. (Обзор).
2. Химия привитых поверхностных соединений / подред. Г.В. Лисичкина. М., Физматлит, 2003. 589 с.
3. Поверхностно–активные вещества. Под ред. А.А.Абрамзона и Г.М. Гаевого. Ленинград. Химия. 1979.
4. В.Н. Измайлова, Г.П. Ямпольская, Б.Д. Сумм Поверхностные явления в белковых системах. М., Химия. 1988. 239с.
5. Y. Vojtechovska, L. Kvitek. Surface energy – effects of physical and chemical surface properties. Acta Universitatis Palackianac Olomucensis Facultas Renium Naturalium. Chemica- 44.

2005. Р. 25-48 (Обзор).

6. Ю. Г. Богданова. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов / для студентов по специальности Композиционные наноматериалы. — Отдел оперативной печати и информации химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Москва, 2010. — 68 с.

Материально-техническая база:

— ноутбук, мультимедийный проектор, демонстрационная доска.

11. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели:

*канд. хим. наук, старший научный сотрудник Юлия Геннадиевна Богданова,
yulibogd@yandex.ru, 8-916-389-14-43,*

*канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник Валентина Дмитриевна Должикова,
valentinadolzh@mail.ru, 8-495-939-32-18,*

*канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник Павел Валериевич Проценко,
protsenko@colloid.chem.msu.ru, 8-495-939-26-31*

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы домашних заданий:

1. Краевой угол воды на некоторой поверхности составляет $\theta = 30^\circ$. Проводится гидрофобизация поверхности слоем ПАВ за счет его хемосорбции. При полном покрытии поверхности адсорбционный слой краевой угол составляет $\theta = 90^\circ$. Какую долю поверхности следует покрыть модифицирующим слоем, чтобы краевой угол был равен $\theta = 60^\circ$?
2. Краевой угол воды на некоторой гладкой полимерной подложке $\theta = 30^\circ$. Подложку обработали абразивным материалом, после чего ее реальная поверхность увеличилась на 10%. Насколько увеличилась энергия адгезии воды к обработанной подложке?
3. Как рассчитать адсорбцию ПАВ на твердой поверхности по изотерме напряжения смачивания? Для каких поверхностей это можно сделать?
4. На подложке сформирована структура, состоящая из массива глухих вертикальных отверстий диаметром 1 мкм и глубиной 10 мкм. При нанесении на подложку капля воды

объемом 1 мм^3 формирует угол смачивания 130 град, а в условиях равновесия угол составляет 40 град. Определите угол смачивания гладкой подложки из этого материала, расстояние между отверстиями и оцените время, необходимое для достижения равновесия.

Примеры вопросов к семинарам:

1. Сравните прочность на разрыв двух бикристаллов железа в расплаве свинца, если известно, что двугранные углы термического травления этих границ составили 170° и 150° , а угол травления первой границы расплавом составляет 110° . Предполагается хрупкое разрушение по границам зерен.
2. Определить высоту поднятия жидкости в капилляре, имеющем форму усеченного конуса. Радиус нижнего сечения равен r_0 . Угол раствора конуса равен 2α (угол 2α является малым). Краевой угол равен нулю. Мениск считать сферическим, его высотой пренебречь.
3. Рассчитайте работу адгезии для капли воды на поверхности твердого тела. Поверхностное натяжение воды (на границе с воздухом) равно $72,7 \text{ мДж/м}^2$, а краевой угол смачивания составляют 60° . Оцените природу поверхности твердого тела, объясните свой вывод.

Вопросы для промежуточной аттестации – зачета:

1. Уравнение Юнга. Равновесный краевой угол. Гистерезис смачивания.
2. Гидрофильные и гидрофобные поверхности. Супергидрофобность.
3. Смачивание модифицированных поверхностей.
4. Влияние ПАВ на краевые углы избирательного смачивания.
5. Методы и подходы к определению поверхностной энергии низкоэнергетических поверхностей.
6. Методы и подходы к определению поверхностной энергии высокоэнергетических поверхностей
7. Распространение адсорбционно-активной среды при проявлении адсорбционного понижения прочности (АПП) твердых тел.
8. Гомогенный и гетерогенный режимы смачивания. Влияние режима смачивания на прочность соединения "адгезив-субстрат".
9. Молекулярная теория адгезии. Подходы к прогнозу адгезионной прочности с использованием метода смачивания.
10. Коллоидно-химические аспекты гемосовместимости полимерных материалов. Подходы к прогнозу гемосовместимости полимеров методом смачивания.

11. Способы расчета удельной свободной поверхностной энергии полимерных пленок в рамках молекулярной теории смачивания. Влияние химической природы тестовых жидкостей на результаты расчетов.

12. Методы определения удельной свободной поверхностной энергии полимеров.

Примеры практических контрольных заданий:

1. Предложить и обосновать выбор ПАВ для управления смачиванием в избирательных условиях.
2. Предложить и обосновать выбор модификатора поверхности полимера для обеспечения его гемосовместимости при высоких и низких скоростях кровотока.
3. Предложить и обосновать выбор адгезива к заданному субстрату.

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

Зачет проходит по билетам, каждый из которых включает один теоретический вопрос и одно практическое контрольное задание (ПКЗ). Уровень знаний аспиранта оценивается по каждому вопросу на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже, чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено».

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка Результат	Незачёт (2)	Зачёт (3)	Зачёт (4)	Зачёт (5)
Знания	Отсутствие базовых знаний	Общие, но неглубокие знания, содержащие пробелы	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 навыков, не всегда верно используемых	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении поставленных задач