

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет наук о материалах

УТВЕРЖДАЮ
Зам. декана ФНМ по учебной
работе
_____/А.В. Кнотько /
«__» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Физико-химия дисперсных систем

Уровень высшего образования:

бакалавриат

Направление подготовки:

04.03.02 Химия, физика и механика материалов

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:

общий

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Методической комиссией факультета наук о материалах
(протокол №_____, дата)

Москва 2016

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 «Химия, физика и механика материалов» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки) в редакции приказа МГУ от _____20__ г.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО: базовая часть, профессиональная подготовка, модуль «Химия материалов», курс предназначен для студентов факультета наук о материалах 4-го года обучения (7-й семестр), курс является обязательным

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия (если есть):

Математический анализ
Обыкновенные дифференциальные уравнения
Уравнения математической физики
Химическая термодинамика и кинетика

3. Результаты обучения по дисциплине:

Знать: основные понятия и теоретические основы коллоидной химии;

Уметь: решать задачи, связанные с применением теоретических основ коллоидной химии для наук о материалах;

Владеть: основным методическим аппаратом коллоидной химии;

Иметь опыт решения типовых задач, связанных применением коллоидной химии в науках о материалах

4. Объем дисциплины составляет 3 з.е. (108 ак.ч.)

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Вид работы	Семестр				Всего
	7				
Общая трудоёмкость, акад. Часов	108				108
Аудиторная работа:	72				72
Лекции, акад. Часов	36				36
Семинары, акад. Часов					
Лабораторные работы, акад. часов	36				36
Самостоятельная работа, акад. часов	36				36
Вид итогового контроля (зачёт, экзамен)	Экз.				

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

1. Введение. Основы термодинамики поверхностных явлений. Капиллярные явления (10 ч.)
2. Адсорбция поверхностно-активных веществ. Электроповерхностные явления в дисперсных системах. Лиофильные дисперсные системы. Лиофобные дисперсные системы. Молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем. Дисперсионный анализ. Агрегативная устойчивость лиофобных дисперсных систем. Коагуляция золей. (16 ч.)
3. Структурообразование в дисперсных системах. Реологические свойства дисперсных систем. Поверхностные явления и механические свойства твердых тел. Эффект Ребиндера (10 ч.)

Лабораторные работы (36 часов)

1. **Исследование температурной зависимости поверхностного натяжения жидкостей.** Измерение поверхностного натяжения жидкости при различных температурах; расчет сгущения энтропии (η); внутренней энергии (ϵ) в поверхностном слое и теплоты образования единицы поверхности (QS); оценка критической температуры (T_c)
2. **Адсорбция ПАВ.** Расчет изотерм адсорбции ПАВ на поверхностях раздела фаз раствор – воздух и раствор – твердый адсорбент на основе изучения концентрационной зависимости поверхностного натяжения раствора; определение размеров молекул ПАВ и удельной поверхности адсорбента.
3. **Управление смачиванием.** Изучение влияния концентрации водных растворов спирта на смачивание низкоэнергетической поверхности политетрафторэтилена. Расчет адсорбции спирта на границе раздела твердое тело – жидкость. Определение параметров плотного адсорбционного слоя – максимальной адсорбции Γ_m и площади, приходящейся на молекулу ПАВ в насыщенном адсорбционном слое s_0 .
4. **Седиментационный анализ дисперсных систем.** Определение размеров частиц в исследуемой дисперсной системе (порошке) методом гравитационной весовой седиментации; построение интегральной и дифференциальной кривых распределения частиц по размерам.
5. **Исследование электрофореза гидрозолей.** Изучение влияния электролитов на знак заряда частиц гидрозолей; определение электрокинетического потенциала методом электрофореза.
6. **Определение ККМ в водных растворах ПАВ.** Определение критической концентрации мицеллообразования (ККМ) в водных растворах ПАВ.
7. **Получение и определение типа эмульсий.** Получение эмульсий методом диспергирования; определение типа эмульсий.
8. **Реологические свойства дисперсных систем и растворов высокомолекулярных соединений.** Получить зависимости напряжения сдвига от скорости стационарного течения для ньютоновской жидкости, раствора ВМС и связнодисперсной системы с коагуляционным типом контактов. Определить реологические характеристики исследуемых систем (вязкость, эффективную вязкость, предел текучести).
9. **Адсорбционное понижение прочности дисперсных пористых материалов.** Изучение влияния различных жидких сред на прочность катализаторов (сорбентов).

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Тема 1. Термодинамика поверхностных явлений, капиллярные явления.

Пример типового варианта контрольной работы

1. Рассчитать общую свободную поверхностную энергию водного тумана, содержащего 1 г. воды с дисперсностью 10^5 м^{-1} . Поверхностное натяжение воды 72,75 мН/м
2. Рассчитать полную поверхностную энергию ϵ_S 15 г. порошка KCl (плотность $1,5 \text{ г/см}^3$) с дисперсностью 10^5 м^{-1} при 500° С , если поверхностное натяжение равно 172 мН/м, а избыток энтропии η 0,06 мН/К.м
3. Конец стеклянного капилляра с внутренним диаметром 0.1 мм опустили в насыщенный водой бензол ($\sigma = 28,8 \text{ мН/м}$, $\rho = 0,879 \text{ г/см}^3$), дождалась установления капиллярного равновесия, а затем быстро перенесли конец капилляра в насыщенную бензолом воду ($\sigma = 63,2 \text{ мН/м}$, $\rho = 1 \text{ г/см}^3$). Определить общую высоту поднятия жидкости в капилляре. Краевой угол смачивания стекла бензолом – 0° , краевой угол смачивания в системе вода/ бензол/стекло – 30°
4. Как определить краевой угол смачивания шероховатой поверхности, если известен краевой угол на гладкой поверхности. Проанализировать влияние шероховатости на смачивание для острых и тупых краевых углов. Рассчитать краевой угол смачивания гетерогенной поверхности, если известны краевые углы на чистых поверхностях.

Тема 2. Адсорбция. Электроповерхностные явления. Термодинамическая устойчивость дисперсных систем. Молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем

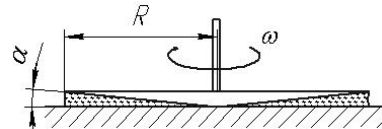
Пример типового варианта контрольной работы

1. Вычислить коэффициент диффузии частиц высокодисперсного аэрозоля с радиусом частиц $r = 1.10^{-8}$ м при $T = 293$ К. Вязкость воздуха $\eta = 1,8 \cdot 10^{-5}$ Н.с/м²
2. Определить электрокинетический потенциал частиц золя исходя из следующих данных: к ячейке приложен потенциал 220 В, расстояние между электродами 50 см, диэлектрическая проницаемость воды $\epsilon = 80$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Скорость движения частиц составляет 1.5 мм/мин
3. Поверхностная активность ПАВ на границе раздела вода/углеводород составила $3 \cdot 10^{-4}$ Дж*м/моль при адсорбции из водной фазы. ГЛБ ПАВ составляет 9. Определить поверхностную активность при адсорбции из углеводородной фазы.
4. При увеличении концентрации ПАВ в 2 раза межфазное натяжение снизилось с 40 до 27 мДж/м². Определите показатель степени в уравнении Фрейндлиха $\Gamma = ac^n$, если межфазное натяжение в отсутствии ПАВ составляет 50 мДж/м².

Тема 3. Агрегативная устойчивость дисперсных систем. Структурообразование. Реология. Эффект Ребиндера

Пример типового варианта контрольной работы

1. Толщина пенной пленки диаметром 3 см уменьшилась в четыре раза за 16 минут при приложении избыточного давлений 0.5 кПа. Определите начальную толщину пленки, если вязкость среды составляет 10^{-3} Н.с/м²
2. На ротационный вискозиметр установлена ячейка конус-плоскость. Рассчитайте вязкость среды, помещенной в ячейку, если $R = 2$ см, $\alpha = 0.5^\circ$, и момент силы, необходимый для поддержания скорости вращения 1000 рад/с, составляет 10^{-2} Н*м.
3. Определите максимальную прочность кристаллизационной структуры, состоящей из сферических частиц упакованных в ПШУ (частицы располагаются в узлах) с равномерно распределенной по ней пористостью, если известно, что радиус частицы составляет 5 мкм, плотность – 30% от плотности сплошного материала, а прочность индивидуального контакта 10^{-4} Н.



6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Классификация дисперсных систем. Особенности ультрамикрорегетерогенного состояния (наносостояния).
2. Термодинамические характеристики поверхности в однокомпонентных системах. Температурная зависимость поверхностного натяжения.
3. Поверхностное натяжение однокомпонентных жидкостей и работа когезии. Связь с энергией межмолекулярного взаимодействия. Дисперсионные и недисперсионные взаимодействия.
4. Межфазное натяжение и работа адгезии; дисперсионные и недисперсионные составляющие. Правило Антонова.
5. Смачивание. Закон Юнга. Краевой угол; термодинамические условия смачивания и растекания. Влияние ПАВ на краевые углы.
6. Избирательное смачивание. Закон Юнга. Гидрофильные и гидрофобные поверхности твердых тел и порошков.
7. Капиллярное давление. Закон Лапласа и его следствия.
8. Влияние кривизны поверхности (размера частиц) на давление насыщенного пара и растворимость вещества. Изотермическая перегонка и капиллярная конденсация.
9. Методы измерения поверхностного натяжения и свободной поверхностной энергии твердых тел.
10. Основы термодинамики адсорбции на поверхности раздела жидкость/газ. Вывод уравнения Гиббса.

11. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Относительность понятия "поверхностная активность".
12. Зависимость поверхностного натяжения водных растворов от концентрации ПАВ. Поверхностная активность. Уравнение Шишковского.
13. Поверхностная активность. Теоретическое обоснование правила Дюкло-Траубе.
14. Адсорбция растворимых ПАВ на поверхности раздела раствор ПАВ/воздух. Связь уравнений Гиббса, Ленгмюра и Шишковского.
15. Адсорбционные слои нерастворимых ПАВ. Уравнение двухмерного состояния. Типы поверхностных пленок. Пленки Ленгмюра-Блоджетт.
16. Адсорбция ПАВ на поверхности раздела полярной и неполярной жидкостей. ГЛБ молекул ПАВ.
17. Адсорбция ПАВ из растворов на поверхности твердых тел. Правило уравнивания полярностей Ребиндера. Модифицирующее действие ПАВ.
18. Классификация ПАВ по молекулярному строению и механизму действия.
19. Причины образования двойного электрического слоя (ДЭС). Современные представления о строении ДЭС.
20. Плотная и диффузная части ДЭС. Изменение потенциала в двойном электрическом слое для сильно и слабо заряженных поверхностей.
21. Влияние электролитов на строение ДЭС. Ионный обмен в дисперсных системах.
22. Электрокинетические явления. Вывод уравнения Гельмгольца-Смолуховского для электрофореза.
23. Электрокинетические явления. Вывод уравнения Гельмгольца-Смолуховского для электроосмоса.
24. Влияние индифферентных и неиндифферентных электролитов на электрокинетический потенциал. Строение мицелл гидрофобных зольей.
25. Броуновское движение в коллоидных системах. Теория Эйнштейна -Смолуховского.
26. Седиментационно-диффузионное равновесие, определение числа Авогадро.
27. Седиментационный анализ суспензий и эмульсий.
28. Диффузия в коллоидных системах. Связь коэффициента диффузии с размером частиц.
29. Оптические методы исследования дисперсных систем.
30. Гомогенное и гетерогенное образование зародышей новой фазы при фазовых переходах (теория Гиббса-Фольмера).
31. Методы получения и очистки дисперсных систем.
32. Лиофильные коллоидные системы. Термодинамика самопроизвольного диспергирования по Ребиндеру-Щукину.
33. Мицеллообразование в водных и неводных средах. Термодинамика мицеллообразования.
34. Мицеллообразование и солюбилизация в прямых и обратных мицеллах. Микроэмульсии.
35. Пены. Получение и строение. Устойчивость пен. Основные применения.
36. Эмульсии. Классификация эмульсий. Методы определения типа эмульсий. Устойчивость и обращение фаз в эмульсиях.
37. Стабилизация эмульсий и обращение фаз. Принцип подбора эмульгаторов. Коалесценция в эмульсиях.
38. Седиментационная и агрегативная устойчивость дисперсных систем.
39. Факторы агрегативной устойчивости дисперсных систем.
40. Тонкие пленки: пенные и эмульсионные. Природа устойчивости.
41. Структурно-механический барьер по Ребиндеру как фактор устойчивости дисперсных систем.
42. Коагуляция гидрофобных коллоидов электролитами. Теория ДЛФО.
43. Влияние электролитов на электрокинетический потенциал. Зоны коагуляции.
44. Кинетика быстрой коагуляции. Теория Смолуховского.
45. Структурообразование в дисперсных системах. Основные типы структур.
46. Дисперсные структуры с фазовыми контактами, их образование и механические свойства.
47. Коагуляционные структуры. Природа контактов. Тиксотропный эффект.
48. Основы реологии. Модели упругого, вязкого и пластичного поведения.

49. Реологические свойства свободнодисперсных систем. Уравнения Ньютона и Эйнштейна. Неньютоновские жидкости.
50. Реологические свойства связнодисперсных систем. Уравнение Бингама.
51. Полная реологическая кривая дисперсных систем с коагуляционной структурой.
52. Адсорбционное понижение прочности (эффект Ребиндера). Формы проявления; термодинамическое обоснование (уравнение Гриффитса). Практическое использование эффекта Ребиндера.

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература:

1. Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. Коллоидная химия. 6-е издание. Юрайт. 2012.
2. Д.А. Фридрихсберг. Курс коллоидной химии. 1995..
3. Практикум по коллоидной химии. Под ред. В.Г. Куличихина. М. Вузовский учебник. 2012.

Дополнительная литература

1. В.И. Ролдугин Физико-химия поверхности. М. И.Д. Интеллект. 2011
2. Д. Израелашвили Межмолекулярные и поверхностные силы. М. Научный Мир. 2011
3. К. Холмберг, Б. Йёнссон, Б. Кронберг, Б. Линдман. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. М. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2007.
4. Ю.Г.Фролов. Курс коллоидной химии: Поверхностные явления и дисперсные системы. М. «Альянс». 2004.
5. Б.Д. Сумм. Основы коллоидной химии. М. «Академия». 2009.

Методические разработки к практикуму по коллоидной химии:

Часть I. Поверхностные явления. Под общей редакцией Н.М.Задымовой и Н.И.Ивановой. М. 2011. 95С.

Часть II. Получение и свойства дисперсных систем. Под общей редакцией Н.И.Ивановой. М. 2011. 44 С.

Часть III. Устойчивость и структурно-механические свойства дисперсных систем. М. 2011. 77 С.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости)

Не требуется

7.3. Описание материально-технического обеспечения.

аудитория с доской, компьютерный проектор,
лабораторные помещения, оборудованные для проведения экспериментов по указанным в п. 5.2 темам

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

9. Разработчик (разработчики) программы.

к.х.н. П.В.Проценко