

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/

«30» августа 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Межфазные явления в дисперсных системах: физико-химические аспекты

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки (специальность):

04.04.01 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 (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 04.04.01 «Химия» (программа магистратуры) в редакции приказа МГУ от 30 августа 2019 г., №1033.

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок В-ПД
2. Планируемые результаты обучения по практике, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор достижения - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикаторы достижений	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
СПК-1.М Способен применять знания теоретических основ главных разделов коллоидной химии	СПК-1.М.1 Грамотно использует базовые понятия коллоидной химии	Знать: актуальные тенденции развития науки о межфазных взаимодействиях в дисперсных системах Знать: теоретические основы главных разделов коллоидной химии: основные этапы и закономерности развития науки о роли межмолекулярных и поверхностных сил,
	СПК-1.М.2 Интерпретирует экспериментальные и расчетные данные с использованием теоретических основ коллоидной химии	Знать: принципы построения модели и количественной оценки межчастичных взаимодействий Уметь: использовать теоретические знания для анализа и объяснения полученных экспериментальных результатов. Владеть навыками: применения теоретических основ коллоидной химии при решении задач профессиональной деятельности

3. Объем дисциплины (модуля) составляет **4** зачетных единицы, всего **144** часа, из которых **64** часа составляет контактная работа студента с преподавателем (**38** часов занятия лекционного типа, **19** часов занятия семинарского типа (включая **2** часа на мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), **3** часа – групповые консультации, **4** часа – промежуточный контроль успеваемости, **80** часов составляет самостоятельная работа учащегося.

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

Обучающийся должен

Знать: фундаментальные основы физики и математики, основы физической, неорганической и коллоидной химии, химии высокомолекулярных соединений, методы первичной обработки экспериментальных данных.

Уметь: анализировать научную литературу, привлекать экспериментальные данные для проверки корректности количественных оценок, анализировать полученные результаты

Владеть: навыками поиска научной информации по заданной теме научного исследования, навыками представления полученных результатов в виде отчётов и презентаций, английским языком для анализа периодической иностранной научной литературы

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.	10	4	2				6	4		4
Тема 2.	10	4	2				6	4		4
Тема 3.	12	4	2				6	6		6
Тема 4.	12	4	2				6	6		6
Тема 5.	12	4	2				6	6		6
Тема 6.	12	4	2				6	6		6
Тема 7.	13	5	2				7	6		6
Тема 8.	14	5	3				8	6		6
Тема 9.	12	4	2				6	6		6

Промежуточная аттестация <i>экза- мен</i>	37			3		4	7			30
Итого	144	38	19	3		4	64	50		80

Содержание тем:

Тема 1. Классификация взаимодействий.

Сильные межмолекулярные взаимодействия. Энергия взаимодействия молекул в свободном пространстве и в средах. Распределение Больцмана. Тепловая энергия kT как мера силы взаимодействия. Ковалентные и кулоновские взаимодействия.

Тема 2. Взаимодействия с участием полярных молекул

Взаимодействия, вызванные поляризацией молекул. Энергия диполя. Ион-дипольные взаимодействия. Сольватационные, гидратационные, структурные силы. Диполь-дипольные взаимодействия.

Поляризуемость молекул. Взаимодействия ионов с незаряженными молекулами. Взаимодействия диполя с индуцированным диполем.

Взаимодействия ионов с молекулами растворителя.

Тема 3. Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия

Силы отталкивания. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса. Природа дисперсионных взаимодействий между нейтральными молекулами.

Величина дисперсионных сил. Анизотропия, неаддитивность и эффекты запаздывания.

Размеры атомов, ионов и молекул. Потенциалы отталкивания. Полные парные потенциалы взаимодействия,

Тема 4. Водородные связи, гидрофобные взаимодействия. Свойства воды. Водородная связь. Модели воды и ассоциированных жидкостей. Гидрофобный эффект. Гидрофобные взаимодействия.

Тема 5. Различия в силах взаимодействия между молекулами, между частицами и между поверхностями. Короткодействующие и далекодействующие взаимодействия. Потенциалы взаимодействия между макроскопическими телами. Энергии взаимодействия: теория Дерягина. Экспериментальные методы измерения межмолекулярных и поверхностных сил.

Тема 6. Взаимодействия в конденсированных средах. Константа Гамакера. Расчет константы Гамакера. Расклинивающее давление. Теория ДЛФО. Силы между поверхностями с адсорбированными слоями.

Тема 7. Структурообразование в дисперсных системах. Образование связнодисперсных систем как результат потери устойчивости. Равновесие коагуляция – пептизация. Условие квазисамопроизвольного диспергирования. Прочность индивидуального контакта

Тема 8. Типы контактов в дисперсных структурах. Коагуляционные и кристаллизационные контакты. Механизмы образования кристаллизационных контактов. Адгезия между твердыми телами.

Тема 9. Прочность связнодисперсных структур. Связь прочности дисперсных структур с прочностью индивидуальных контактов. Тиксотропия. Влияние поверхностно-активных сред на прочность дисперсных структур.

6. Образовательные технологии:

-применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управ-

ляющих 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, презентации лекций, основная и дополнительная литература.

Вопросы, выносимые на самостоятельное обучение

1. Эффективная площадь взаимодействия двух сфер: приближение Лангбайна.
2. Коагуляционные контакты и термодинамика устойчивости золей.
3. Жидкофазное спекание как механизм образования кристаллизационных контактов.

Темы для рефератов:

1. Сравнение энергий ван-дер-ваальсова взаимодействия между телами различной геометрии в конденсированных средах.
2. Молекулярная природа поверхностного натяжения. Роль дисперсионных и недисперсионных сил.
3. Коагуляционные контакты между твердыми фазами с низкой и высокой поверхностной энергией.
4. Модель адгезии между упругими твердыми частицами (задача Герца и теория Джонсона, Кендала и Робертса).

Примеры расчетно-графических заданий:

1. Потенциалы ионизации I для многих атомов и молекул примерно равны 2×10^{-18} Дж. Найти энергию дисперсионного взаимодействия двух одинаковых молекул на расстоянии $r = 2a_0$ (где a_0 – типичный радиус молекул) и сравнить с величиной kT при комнатной температуре.

Как зависит (и зависит ли) результат от размеров и поляризуемости молекул?

2. Энергия переноса молекулы циклогексана в воду равна поверхностной энергии на границе циклогексан/вода, которая составляет 50 мДж/м^2 , а молекулу можно рассматривать как шарик радиусом 0.28 нм . Оценить растворимость циклогексана в воде.

3. Рассчитать свободную энергию диполь-дипольного взаимодействия двух молекул воды при комнатной температуре, расположенных на расстоянии 2 нм . Дипольный момент воды = 1.85 Д .

4. Рассчитать площадь контакта между смоченными насыщенным раствором частицами порошка хлорида натрия в матрице под напряжением 2 МПа через 3 суток после начала деформации. Принять, что частицы размером 20 мкм плотно упакованы и имеют сферическую форму.

8. 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.
8. Е.Д. Щукин, В.И. Савенко, А.И. Малкин Лекции по физико-химической механике. Нобель-пресс. М., 2015.
9. J.C. Berg An introduction to interfaces and colloids. The bridge to nanoscience. World Scientific. 2012
10. Периодические издания

Материально технические условия: специальных нет, занятия проводятся в обычной аудитории с возможностью подключения техники для демонстрации презентаций

9. Язык преподавания – русский

10. 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.2.

Вопросы к экзамену

1. Взаимодействие незаряженных молекул. Потенциалы отталкивания. Полные парные потенциалы взаимодействия. Потенциал Леннарда-Джонса.
2. Константа Ван-дер-Ваальса (ориентационная, индукционная и дисперсионная составляющие).
3. Природа дисперсионных взаимодействий.
4. Роль дисперсионных взаимодействий в коллоидной химии.
5. Связь между константами уравнения Ван-дер-Ваальса и параметрами потенциала Леннарда-Джонса.
6. Зависимость полной энергии взаимодействия между частицами от их размера; сравнение энергии с величиной kT .
7. Сравнение парного взаимодействия между двумя молекулами, взаимодействия между молекулой и плоской поверхностью, между двумя искривленными поверхностями, между двумя плоскими поверхностями.
8. Расчет констант Гамакера.
9. Заряженные поверхности в жидкости и двойной электрический слой. Взаимодействие между заряженными поверхностями в электролите. Теория ДЛФО.
10. Устойчивость золь непolarных тонко- и грубодисперсных порошков в воде. Влияние электролитов и ПАВ на устойчивость.
11. Связь энергии сцепления частиц с поверхностной энергией.
12. Термодинамика устойчивости золь.
13. Взаимосвязь энергии сцепления частиц и поверхностной энергии.
14. Термодинамическое условие квазисамопроизвольного диспергирования.
15. Силы, препятствующие коагуляционному контакту частиц.
16. Образование конденсационно-кристаллизационных структур. Возникновение внутренних напряжений.
17. Условия и механизм жидкофазного спекания. Влияние состава жидкой фазы на скорость процесса.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

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

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка	2	3	4	5
Результат				
Знания	Отсутствие	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные	Сформированные систематиче-

	знаний		знания	ские 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

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
<p>Знать: актуальные тенденции развития науки о межфазных взаимодействиях в дисперсных системах</p> <p>Знать: теоретические основы главных разделов коллоидной химии: основные этапы и закономерности развития науки о роли межмолекулярных и поверхностных сил, принципы построения модели и количественной оценки межчастичных взаимодействий</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
<p>Уметь: выполнять расчетно-теоретические исследования по сформулированной теме</p> <p>Уметь: использовать теоретические знания для анализа и объяснения полученных экспериментальных результатов.</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
<p>Владеть навыками: использования результатов теоретических исследований при решении задач НИР</p> <p>Владеть навыками: применения теоретических основ коллоидной химии при решении задач профессиональной деятельности</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене