

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)

Реология дисперсных систем

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)
СПК-1.С. 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	СПК-1.С.2 предлагает грамотную интерпретацию результатов исследования коллоидных систем на основе знания теоретических основ фундаментальных разделов коллоидной химии	Знать: основы теории фундаментальных разделов коллоидной химии (теория устойчивости дисперсных систем ДЛФО, Знать: особенности течения дисперсных систем, реологические аспекты структурирования дисперсных систем); Знать: предмет, цели, задачи и методы реологического исследования Уметь: использовать теоретические знания для анализа и объяснения результатов реологического эксперимента Владеть: современными теоретическими подходами к описанию и объяснению реологических свойств дисперсных систем
СПК-3.С. Способен использовать физические и математические модели с учетом их возможностей и ограничений при обработке и интерпретации экспериментальных данных в избранной области коллоидной химии	СПК-3.С.2 Предлагает различные физические и математические модели для описания и интерпретации результатов изучения коллоидных систем	Знать: физические и математические модели, описывающие реологические свойства дисперсных систем Уметь: моделировать реологическое поведение дисперсных систем; Уметь: оценивать возможные источники ошибок при интерпретации полученных экспериментальных результатов Владеть: навыками обработки экспериментальных данных в области реологии дисперсных систем

3. Объем дисциплины (модуля) 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 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 60 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 18 часов занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 48 часов составляет самостоятельная работа студента.

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

Обучающийся должен

Знать: основные законы, описывающие механическое поведение материалов.

Уметь: формулировать задачи исследования, соотносить их с методикой и техникой исследования.

Владеть: основными приемами анализа экспериментальных данных

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 Предмет и методы реологии	4	2	2				4			
Тема 2 Основные термины и понятия реологии, виды реологического	8	6	2				8			

эксперимента										
Тема 3 Типы дисперсных систем, особенности их реологического поведения	10	4	2				6	2	2	4
Тема 4 Вискозиметрия: методы и ограничения экспериментальных методов, устройство измерительного оборудования, реологические модели, приемы анализа данных вискозиметрии дисперсных систем	12	6	2				8	2	2	4
Тема 5 Осцилляционные методы: виды и ограничения, устройство измерительного оборудования, реологические модели, приемы анализа данных вискозиметрии дисперсных систем	10	6	2				8	2		2
Тема 6 Понятие о пределе текучести, его экспериментальное определение	6	2	2				4	2		2
Тема 7 Температурно-временная суперпозиция и концентрационная суперпозиция	6	2	2				4		2	2
Тема 8	8	4	2				6	2		2

Практическое приложение реологии дисперсных систем										
Тема 9 Нетрадиционные реологические методы: поверхностная реология, электрореология, метод свободных колебаний.	8	4	2				6		2	2
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>	36			2		4	6			30
Итого	108	36	18	2		4	60			48

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, презентации лекций, основная и дополнительная литература.

Вопросы для самоподготовки:

1. Приведите примеры природных связнодисперсной и свободнодисперсной систем. Охарактеризуйте их реологическое поведение.
2. Какими видами вязкости можно описать поведение дисперсных систем? Можно ли достаточно полно описать реологическое поведение дисперсных систем единственной величиной вязкости?
3. Укажите основные факторы, определяющие вязкость дисперсной системы, состоящей из низкомолекулярной дисперсионной среды и жестких (недеформируемых) частиц дисперсной фазы.
4. Какому способу измерения следует отдать предпочтение для быстрой качественной оценки вязкости (учтите точность, экспрессность и доступность выбранного вами метода)?
5. Какому способу измерения следует отдать предпочтение для определения локальной вязкости композиционно

неоднородной системы (учтите точность, экспрессность и доступность выбранного вами метода)?

6. Опишите реологический эксперимент, позволяющий максимально полно изучить золь-гель переход в дисперсной системе. Какие меры следует принять, чтобы минимизировать воздействие измерительной системы на изучаемый объект?
7. Перечислите основные модели, используемые для количественного описания зависимости вязкости системы от скорости сдвига. Имеют ли они теоретическое обоснование? Что такое предел текучести? Дайте определение, которому удовлетворяют реальные системы.
8. Какими реологическими уравнениями можно описать поведение системы, обладающей пределом текучести? Укажите ограничения, которые не позволяют экспериментальными методами определить точное значение предела текучести.
9. Какие характеристики дисперсной системы необходимо учитывать при выборе реологической модели при описании кривой течения.
10. Что такое магнитная жидкость? Кратко опишите ее реологические свойства и приведите примеры практического использования магнитных жидкостей.
11. Приведите пример тиксотропного (псевдопластичного, дилатантного, реопектичного) материала и укажите, какие особенности структуры приводят к появлению соответствующих свойств.
12. Какими реологическими свойствами должна обладать зубная паста? Опишите, какие эксперименты следует провести, чтобы охарактеризовать реологические свойства этой системы.
13. Какими реологическими свойствами должен обладать кетчуп? Опишите, какие эксперименты следует провести, чтобы охарактеризовать реологические свойства этой системы.
14. Какими реологическими свойствами должна обладать краска для использования в строительстве? Опишите, какие эксперименты следует провести, чтобы охарактеризовать реологические свойства этой системы.
15. Перечислите основные особенности реологического поведения крови. На чем основана диагностика заболеваний по результатам измерения вязкости крови?

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://nbgmu.ru/>

Основная литература

1. Конспекты лекций.
2. Г. Шрамм. Основы практической реологии и реометрии. Москва, КолосС, 2003.

Дополнительная литература

1. H.A. Barnes. A handbook of elementary rheology. University of Wales, 2000.
 2. J.W. Goodwin, R.W. Hughes. Rheology for chemists. RSC Publishing, 2008.
 3. А. Я. Малкин, А. И. Исаев. Реология. Концепции, методы, приложения. Санкт-Петербург, Профессия, 2007.
- Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами)

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: доцент, к. ф.-м. н., Евгений Александрович Карпушкин

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.

Перечень вопросов к экзамену:

1. Классификация дисперсных систем по их стационарной вязкости. Примеры реальных систем (для каждого типа), молекулярный механизм возникновения соответствующего поведения.
2. Классификация дисперсных систем по их нестационарной вязкости. Примеры реальных систем (для каждого типа), молекулярный механизм возникновения соответствующего поведения.
3. Методы измерения вязкости. Выбор метода для экспериментального определения вязкости (на примере нескольких дисперсных систем: водный раствор низкомолекулярного ПАВ в толуоле, разбавленная дисперсия глины в воде, концентрированная суспензия – зубная паста).
4. Реологические измерения в режимах постоянного напряжения (ползучесть) и постоянной деформации (релаксация). Типичные кривые, получаемые в таких экспериментах для идеально упругого, идеально вязкого, вязкоупругого (текучее и нетекучее) тела. Информация о структуре и физико-химических свойствах системы, получаемая из анализа этих экспериментальных данных.
5. Реологические измерения в режимах переменного напряжения или деформации (на примере гармонических колебаний). Типичные кривые, получаемые в таких экспериментах для идеально упругого, идеально вязкого, вязкоупругого тела. Информация о структуре и физико-химических свойствах системы, получаемая из анализа этих экспериментальных данных.

6. «Убывающая память». Общая концепция, иллюстрация на примере экспериментов в режиме ползучести и релаксации, связь с принципом независимости Больцмана.
7. Вывод уравнения для модели Кельвина–Фойхта вязкоупругого тела исходя из общего вида кривой ползучести. Спектр времен запаздывания.
8. Вывод уравнения для модели Максвелла вязкоупругого тела исходя из общего вида кривой релаксации. Спектр времен релаксации.
9. Реологическая модель Бургерса. Ее универсальность в объяснении реологических свойств различных вязкоупругих материалов.
10. Принцип температурно-временной суперпозиции и его использование в реологических экспериментах.
11. Линейная вязкоупругость. Экспериментальное определение области линейной вязкоупругости. Связь линейной вязкоупругости и принципа суперпозиции Больцмана.
12. Реологический эксперимент в режиме свободных колебаний. Сходство и различие с экспериментами в режиме вынужденных колебаний. Практическая реализация и анализ получаемых данных.
13. Реологический эксперимент в режиме вынужденных колебаний. Сходство и различие с экспериментами в режиме свободных колебаний. Практическая реализация и анализ получаемых данных.
14. Уравнение Кольрауша для описания релаксационного поведения вязкоупругого материала. Его применимость для материалов, обладающих несколькими временами релаксации.
15. Уравнения Аррениуса и Вильямса–Ландела–Ферри для описания экспериментальных реологических данных, полученных при разных температурах. Основные ограничения при использовании этих уравнений.
16. Использование реологических методов для определения ККМ и изучения полиморфизма мицелл мицеллообразующих поверхностно-активных веществ. Возможности и ограничения метода.
17. Применение вискозиметрии и реометрии для изучения структурообразования в дисперсных системах (на примере агрегирования частиц концентрированного золя с образованием коагуляционных и фазовых контактов).

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 \ 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 (до-	Успешное и систематическое умение

			пускает неточности непринципиального характера)	
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: основы теории фундаментальных разделов коллоидной химии (теория устойчивости дисперсных систем ДЛФО,</p> <p>Знать: особенности течения дисперсных систем, реологические аспекты структурирования дисперсных систем);</p> <p>Знать: предмет, цели, задачи и методы реологического исследования</p> <p>Знать: физические и математические модели, описывающие реологические свойства дисперсных систем</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
<p>Уметь: использовать теоретические знания для анализа и объяснения результатов реологического эксперимента</p> <p>Уметь: моделировать реологическое поведение дисперсных систем;</p> <p>Уметь: оценивать возможные источники ошибок при интерпретации полученных экспериментальных результатов</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
<p>Владеть: современными теоретическими подходами к описанию и объяснению реологических свойств дисперсных систем</p> <p>Владеть: навыками обработки экспериментальных данных в области реологии дисперсных систем</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене