

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра химии

**Методические указания
к самостоятельной работе
и написанию эссе**

Дисциплина Б1.В.03.04 Реология дисперсных систем
код и наименование дисциплины

Направление подготовки 04.04.01 Химия
код и наименование направления подготовки / специальности

Направленность / специализация Физическая и коллоидная химия
наименование направленности (профиля) / специализации образовательной программы

Квалификация выпускника Магистр
указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО

Кафедра-разработчик Химия
название кафедры-разработчика рабочей программы

Мурманск
2019

Составитель – Деркач Светлана Ростиславовна доктор химических наук профессор

Методические указания к самостоятельной работе и написанию эссера рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика

Химия

название кафедры

24.06.2019 г. протокол № 12.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Цель изучения дисциплины:

подготовка магистров в соответствии с квалификационной характеристикой магистра и учебным планом подготовки магистров 04.04.01 Химия профиль Физическая и коллоидная химия

Задачи дисциплины:

дать необходимые знания по основам современной реологии, начиная от теоретического базиса и экспериментальных методов вплоть до описания комплекса типичных результатов измерений и основных направлений применения реологии в промышленности

В результате изучения дисциплины магистр должен:

Знать:

- основные разделы реологии;
- основные реологические понятия и методы анализа веществ, их сущность и области применения; основные метрологические характеристики методов анализа, необходимом для профессиональной деятельности;

Уметь:

- самостоятельно выбирать реологический метод исследования для конкретной системы;
- использовать современные методы исследования и реологическую технику;
- проводить анализ возможных артефактов и избегать недочетов при проведении реологических измерений

Владеть:

- планированием и проведением эксперимента;
- проведением анализа полученных результатов;
- сопоставления данных реометрии со структурными особенностями материалов;

Содержание разделов дисциплины:

Основные понятия реометрии, вязкоупругость, реология жидкостей, упругие материалы, экспериментальные методы реометрии

Реализуемые компетенции:

ПК-1-н; ПК-3-н

Формы промежуточной аттестации:

Очная форма обучения: Курс 1, Семестр 2 – экзамен

Планируемые результаты обучения

Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции; Индикаторы сформированности компетенций в реализуемой части
ПК-1-н. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или	Компетенция реализуется частично в части «Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии или смежных с химией науках»	<i>Знать:</i> <ul style="list-style-type: none">– основные разделы реологии дисперсных систем; основные понятия и методы анализа веществ, их сущность и области применения,– основные метрологические характеристики методов, необходимые для профессиональной деятельности– основные реологические методы анализа материалов, их сущность и области применения. <i>Уметь:</i> <ul style="list-style-type: none">– использовать реологические методы как инструмент профессиональной деятельности;

смежных с химией науках		<ul style="list-style-type: none"> – использовать современные реологические методы анализа для решения профессиональных задач – проводить расчеты реологических параметров различных сред <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками выполнения реологических лабораторных операций; методами определения реологических характеристик в различных средах – навыками решения типовых задач реологии; планирования и постановки эксперимента и обработки результатов – основными реологическими характеристиками различных дисперсных систем, сред и материалов, необходимыми для профессиональной деятельности <p>Индикаторы сформированности компетенций в реализуемой части:</p> <p>ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий</p> <p>ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</p>
<p>ПК-3-н. Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</p>	<p>Компетенция реализуется частично в части «Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения»</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные реологические методы сдвиговой реологии для анализа упруго-вязко-пластичных сред и материалов, их сущность и области применения <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать основные реологические методы анализа, применяемые в научных реологических и аналитических лабораториях и на производстве <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основными реологическими приемами и навыками измерения характеристик различных дисперсных систем, сред и материалов, необходимыми для профессиональной деятельности; – основными приемами обработки полученных результатов и метрологической оценки – основными навыками постановки НИР <p>Индикаторы сформированности компетенций в реализуемой части:</p> <p>ПК-3-н-1. Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными</p> <p>ПК-3-н-2. Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов</p>

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН
Самостоятельная работа

Содержание тем дисциплины	Кол-во часов	
	Очная	Заочная
1. Модуль 1. Введение в реометрию	2	
2. Модуль 2. Основные понятия реометрии	10	
2.1. Основной закон, деформация, напряжение сдвига, скорость сдвига, вязкость (динамическая, кинематическая), кривые течения и вязкости, параметры вязкости. (Ш) Механика сплошных сред в реологии. (М)	6	
2.2. <i>Классификация материалов по их реологическому поведению</i> (твердые тела, ньютоновские жидкости, неньютоновские жидкости, пластичные материалы). Граничные условия. Абсолютная реометрия (вискозиметрия). (Ш)	4	
3. Модуль 3. Вязкоупругость	18	
3.1. <i>Ползучесть</i> (запаздывающая деформация), <i>релаксация</i> . Определения спектров релаксации и запаздывания. Динамические функции. (М)	6	
3.2. <i>Основные механические модели</i> вязкоупругого поведения. (М) <i>Соотношение между вязкоупругими функциями, расчет релаксационного спектра.</i> (М)	6	
3.3. <i>Вязкоупругость и молекулярные модели</i> . Молекулярные движения индивидуальной макромолекулярной цепи, релаксационные свойства концентрированных растворов и расплавов, вязкоупругость полидисперсных полимеров. (М)	6	
4. Модуль 4. Жидкости	18	
4.1. <i>«Ньютоновские» и «неньютоновские» жидкости</i> , определения. Неньютоновское течение вязкоупругих жидкостей. Неньютоновские свойства структурированных систем – пластичность жидкостей. Вязкость анизотропных жидкостей. (М)	4	
4.2. <i>Уравнения для вязкости и кривых течения</i> . Значение вискозиметрических измерений. Уравнения степенного типа, уравнения с пределом текучести. Основные зависимости вязкости от состава материала. Неньютоновское течение как следствие полидисперсности материала. (М)	4	
4.3. <i>Упругость при сдвиговом течении</i> . Высокоэластические сдвиговые деформации. Нормальные напряжения при сдвиговом течении, нормальные напряжения и упругость. (М)	3	
4.4. <i>Структурные явления при сдвиговом течении</i> . Переходные режимы деформирования. Тиксотропия и реопексия. Фазовые переходы, вызванные деформированием. (М)	3	
4.5. <i>Пределы сдвигового течения – неустойчивость потока</i> . Инерционная турбулентность. Эффект Томса. Неустойчивость при течении упругих жидкостей. (М)	2	
4.6. <i>Продольное течение</i> . Заключение: реальные жидкости – сложные реологические среды. (М)	2	
5. Модуль 5. Упругие материалы	8	
5.1. <i>Линейные упругие (зуковские) материалы</i> . Линейные анизотропные упругие материалы. Большие упругие деформации и нелинейные свойства твердых материалов. (М)	4	
5.2. <i>Пределы упругости</i> . Пластичность, критерии пластичности и разрушения. Структурные явления. (М)	4	
6. Модуль 6. Реометрия – экспериментальные методы	10	

6.1.Классификация экспериментальных методов. Капиллярная вискозиметрия. Основы метода, течение в капилляре. Пределы капиллярной вискозиметрии. Капиллярные вискозиметры. Вискозиметры с регулируемой скоростью течения. (М) Вискозиметры, действие которых основано на гравитации. (Ш)	2	
6.2.Ротационная реометрия. Основы метода. Задачи и возможности метода, ограничения ротационной вискозиметрии. Ротационные приборы. (М) Сравнение принципиально различных конструкций, сравнение СS- и СR-реометров. Уравнения для расчета скорости сдвига, напряжения сдвига и вязкости. Критерии качества измерений. Сравнение цилиндрических измерительных систем с системами конус-плоскость. (Ш)	2	
6.3.Пластомеры и пенетрометры. Сдвиговые пластомеры, сжимающие пластомеры. Метод телескопического сдвига. (М)	3	
6.4.Измерение вязкоупругих свойств динамическим методом (вибрационные методы). Однородная деформация образца. Неоднородные деформации. Торсионные (крутильные) колебания. Резонансные колебания. Затухающие (свободные) колебания. Вибрационная вискозиметрия. Экспериментальная техника. (М)	3	
7.Модуль 7. Тиксотропия и предел текучести – два важных реологических явления	8	
7.1.Измерение тиксотропии. Оценка прочности тиксотропных структур. Измерение скорости восстановления структуры геля.	3	
7.2.Измерение предела текучести. Применение СS- и СR-реометров для измерения предела текучести. Построение зависимости деформации от напряжения сдвига. Использование кривых ползучести и восстановления для оценки поведения образцов ниже предела текучести. Применение лопастных мешалок для измерения предела текучести.	5	
8.Модуль 8. Экспериментальные методы поверхностной реологии Определения поверхностно (2D) реологии. Методы сдвиговой реологии, методы, основанные на осцилляциях капли/пузырька. Капиллярные волны.	6	
9.Модуль 9. Прикладная реология	10	
9.1.Реологические свойства реальных материалов: полимеров, нефтепродуктов, пищевых продуктов, изделий косметической и фармацевтической промышленности, биологических жидкостей, концентрированных суспензий, высококонцентрированных эмульсий.	4	
9.2.Реологические свойства межфазных 2D слоев на жидких границах. Модели реологического поведения слоев высокомолекулярных соединений.	6	
Итого:	90	

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины «Реология дисперсных систем», и видов занятий с учетом форм контроля

Перечень компетенций	Виды занятий и оценочные средства				Формы текущего контроля
	ЛР	ПР	СР	эссе	
ПК-1-н	+	+	+	+	Отчет по лабораторной работе Защита лабораторной работы Защита эссе
ПК-3-н	+	+	+	-	Отчет по лабораторной работе Защита лабораторной работы Защита эссе

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

№ п\п	Библиографическое описание (название литературного источника)	Наличие		
		Электронно-библиотечная система (ЭБС)	Библиотека МГТУ (печатное издание)	Количество экземпляров печатного издания
1.	Малкин, А. Я. Реология: концепции, методы, приложения : авториз. пер. с англ. / А. Я. Малкин, А. И. Исаев. - Санкт-Петербург : Профессия, 2010, 2007. - 557 с.	–	+	13
2.	Мачихин, Ю. А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин. - Москва : Лег. и пищевая пром-сть, 1981.	–	+	29

Дополнительная литература

№ п\п	Библиографическое описание (название литературного источника)	Наличие		
		Электронно-библиотечная система (ЭБС)	Библиотека МГТУ (печатное издание)	Количество экземпляров печатного издания
3.	Максимов, А. С. Реология пищевых продуктов : лаб. практикум : учеб. пособие для вузов / А. С. Максимов, В. Я. Черных. - Санкт-Петербург : Гиорд, 2006. - 169 с.	–	+	10
4.	Деркач, С. Р. Реология эмульсий : очерки по коллоидной химии / С. Р. Деркач. - Санкт-Петербург : Наука, 2012. - 211 с.	–	+	10
5.	Маслова, Г. В. Реология рыбы и рыбных продуктов / Г. В. Маслова, А. М. Маслов. - Москва : Лег. и пищевая пром-сть, 1981. - 216 с.	–	+	49

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Материалы, находящиеся в свободном доступе на следующих сайтах:

<http://www.wssanalytchem.org/default.aspx>

<http://anchem.ru/>

<http://chemexpress.fatal.ru>

<http://www.chemport.ru>

<http://djvu-inf.narod.ru/nclib.htm>

<https://himya.ru/reologiya.html>

<https://link.springer.com/journal/397>

СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Порядок и методические указания по изучению темы:

При изучении темы необходимо:

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

Тема: Введение в реометрию. Основные понятия реометрии

Предмет реологии. Механика сплошных сред – основные определения. Напряжения, деформации, кинетика деформаций.

Вопросы для самоконтроля:

1. Приведите примеры веществ, которые являются предметом изучения реологии.
2. Почему физики интересуются реологией?
3. Почему химики интересуются реологией?
4. Почему реология важна для технологической практики?
5. Какими основными структурно-механическими свойствами характеризуются дисперсные системы? Каким методом они выявляются?
6. Что называется деформацией? Какие бывают деформации?
7. Что называется напряжением? Напряжением сдвига? Расскажите о напряжении как о тензорной величине.
8. Сто называется скоростью сдвига (скоростью деформации, градиентом скорости)?
9. Почему при рассмотрении напряжений и деформаций важно рассматривать среду как непрерывную (сплошную)?
10. Почему при одноосном растяжении стержня происходит его сжатие, хотя внешние силы, приложенные в поперечном направлении, отсутствуют?
11. Что такое «малые деформации»?
12. Какова размерность деформации?
13. Каково соотношение между инженерной и логарифмической мерами деформации?
14. Почему касательные напряжения максимальны под углом 45° к направлению растяжения?
15. Почему нельзя складывать между собой нормальные и касательные напряжения?
16. Почему под действием гидростатического давления не происходит изменений формы тела?
17. Какие напряжения действуют в изделии, подвешенном за один конец? Как оценить прочность такого изделия?
18. Совпадают ли понятия скорости сдвига и градиента скорости при растяжении стержня и при окружном течении жидкости между двумя вращающимися коаксиальными цилиндрами? Если «нет», то почему?

Тема: Вязкоупругость

Базовые эксперименты (ползучесть, релаксация). Динамические функции. Основные механические модели. Принцип суперпозиции Больцмана-Вольтерры

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое математические модели?
2. Что такое упругость?
3. Почему различаются модули упругости при сдвиге и растяжении?

4. Назовите простейшие идеальные реологические модели. Как зависят деформации этих моделей от приложенной нагрузки?
5. Какая реологическая модель иллюстрирует упруго-вязкие свойства систем? Что представляет время релаксации напряжения? Какова взаимосвязь (качественная) между временем релаксации и агрегатным состоянием вещества?
6. Какая реологическая модель иллюстрирует ползучесть (упругое последствие)? Как изменяется во времени деформация вязко-упругого тела? Дайте определение податливости, времени запаздывания.
7. Спектры релаксации и запаздывания – определения.
8. Какая реологическая модель иллюстрирует пластические свойства дисперсных систем? Какими параметрами характеризуют прочность систем?
9. Как классифицируют дисперсные системы по их реологическим свойствам? Приведите типичные кривые течения для них.
10. Какие явления происходят в системах с коагуляционной структурой при напряжениях меньших предела текучести и больших предела текучести. Объясните явление ползучести.
11. Что представляют собой явления тиксотропии и реопексии? Чем обусловлены эти явления, и для каких структурированных систем они характерны? Приведите примеры таких структурированных систем.
12. Динамические функции. Приведите формулу Эйлера. Угол механических потерь. Комплексный модуль упругости.
13. Динамические функции. Комплексная податливость.
14. Комплексная динамическая вязкость.
15. Принцип суперпозиции Больцмана-Вольтерры.
16. Теория линейной вязкоупругости.
17. Вязкоупругость и молекулярные модели полимеров.
18. Докажите, что размерность кинематической вязкости действительно m^2/s .
19. За какое время напряжения в вязкоупругой среде релаксируют полностью?
20. Насколько повысится температура жидкости, изолированной от окружающей среды, если скорость сдвига равна $100 s^{-1}$, и она действует в течение 10 мин, а характеристики таковы: вязкость $1 Pa \cdot s$, плотность $1 g/cm^3$, теплоемкость $3 kJ/kg \cdot K$?
21. Получить реологическое уравнение состояния вязкоупругой жидкости, свойства которой описываются моделью Максвелла.
22. Получить реологическое уравнение состояния вязкоупругого твердого тела, свойства которого описываются моделью Кельвина-Фойхта.
23. Почему время релаксации среды, описываемой моделью Кельвина-Фойхта, неограниченно велико?
24. Насколько изменится объем жидкости, если принять коэффициент сжимаемости равным $\beta = 1.5 \cdot 10^{-9} Pa^{-1}$ (это значение близко к реальным величинам), а рабочее давление составляет $p = 1000 atm$.
25. Возможно ли возникновение напряжений в упругом теле без действия внешних сил, Приведите пример и рассчитайте напряжения.

Тема: Жидкости

«Ньютоновские» и «неньютоновские» жидкости. Неньютоновское поведение вязкоупругих жидкостей и структурированных систем. Вязкость суспензий. Уравнения для вязкости и кривых течения. Тиксотропия, реопексия

Вопросы для самоконтроля

1. Какие жидкости называются ньютоновскими? Напишите уравнение Ньютона для течения жидкостей. Объясните физический смысл входящих в него параметров. Нарисуйте кривые течения и вязкости для ньютоновских систем.
2. Нарисуйте кривые течения и эффективной вязкости для структурированных систем. Покажите на графиках предел текучести (предельное напряжение сдвига) и вязкость при нулевом сдвиге (максимальную ньютоновскую вязкость).
3. Какое уравнение выражает зависимость вязкости жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем от концентрации дисперсной фазы? При каких условиях оно применимо?
4. Каким образом размеры частиц и взаимодействия между ними влияют на структурно-механические свойства дисперсных систем?
5. Как зависит вязкость растворов полимеров от их молекулярной массы. Формы макромолекул и их термодинамического сродства к растворителю? Напишите уравнение Марка-Хаувинка и Хаггинса и объясните, при каких условиях они выполняются?
6. Что называют относительной, удельной и характеристической вязкостью? Как их определяют?
7. Совпадает ли пластическая вязкость, входящая в уравнение Бингама, с эффективной вязкостью? Если нет, то существуют ли условия, при которых эти величины все же равнозначны?
8. В чем состоит различие между тиксотропией и реопексией?
9. С чем связано увеличение упругих деформаций при возрастании скорости сдвига при течении полимерных жидкостей?
10. Почему недостоверны результаты измерений предела текучести?
11. Почему недостоверны измерения вязкости в области наименьшей ньютоновской вязкости?
12. Почему явления неустойчивости в вязкоупругих жидкостях возникают и усиливаются при повышении скорости сдвига?
13. В чем состоит принципиальное различие причин возникновения неустойчивости при течении ньютоновских жидкостей и полимеров?
14. В чем состоит механизм неоднородности при течении в виде полос сдвига?
15. Почему возникновение нормальных напряжений при сдвиговом течении нельзя рассматривать как проявление линейных свойств вязкоупругого материала?
16. Почему движение гетерогенных структур нельзя описывать простейшими реологическими уравнениями состояния?
17. Что такое самоорганизованные структуры?
18. В чем состоит принципиальное различие между временными явлениями, наблюдаемыми в области линейной вязкоупругости, и тиксотропными явлениями?
19. Что такое долговечность и как она оценивается?
20. Почему кривые течения, измеренные при возрастании и убывании скорости сдвига, могут не совпадать?

Тема: Упругие материалы

Линейные упругие материалы

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое упругость?
2. Какова размерность коэффициента Пуассона?
3. Если стальной брусок и резиновый стержень с одинаковым поперечным сечением растягиваются с одной и той же силой, то каким будет соотношение между деформациями этих тел?
4. Почему для характеристики свойств твердых тел нужно использовать две константы (например, модуль Юнга и коэффициент Пуассона), а для жидкости достаточно одной константы – вязкости?
5. Почему жидкость после устранения внешних сил не восстанавливает свою первоначальную форму?
6. Могут ли значения модуля упругости быть отрицательными?
7. Модуль упругости углеродного волокна диаметром 80 мкм (толщина человеческого волоса) составляет 500 ГПа. Волокно разрывается при деформации $\gamma^* = 0.8\%$. Какой вес повешенного на него груза может выдержать такое полотно?

Тема: Реометрия – экспериментальные методы

Классификация экспериментальных методов. Капиллярная вискозиметрия, ротационная вискозиметрия. Пластометры и пенетрометры. Измерение вязкоупругих свойств динамическим методом.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните принцип действия капиллярного вискозиметра. Напишите уравнение Пуазейля для объемной скорости движения жидкости в капилляре. Как калибруются капиллярные вискозиметры?
2. Объясните принцип действия ротационных вискозиметров. Для каких систем используются приборы этого типа?
3. В чем заключается эффект Ребиндера? Какие вещества выступают в качестве понизителей твердости материалов? Приведите примеры использования этого эффекта.
4. Каким должен быть зазор между радиусами цилиндров в куэттовском течении, чтобы изменение напряжения сдвига в зазоре не превышало 5%?
5. В чем состоит принципиальное различие методов ротационной и капиллярной вискозиметрии?
6. Почему возникновение вторичных течений является препятствием при измерениях вязкости?
7. Сравните два материала – медный сплав, используемый для отливки колоколов, и резиновую смесь, предназначенную для изготовления автомобильных покрышек. У какого материала тангенс угла механических потерь больше?
8. Можно ли считать, что угол механических потерь всегда равен коэффициенту затухания при затухающих колебаниях маятника?
9. Какие напряжения возникают при измерении вязкоупругих свойств материала на торсионном маятнике?
10. С чем связаны возможные ошибки при измерении вязкости по методу падающего шарика?

11. Почему стеклянные вискозиметры получили широкое распространение в мировой практике?
12. Можно ли провести измерение реологических свойств материала, не задаваясь заранее его реологической моделью?
13. Можно ли использовать стандартные технологические методы оценки реологических характеристик для измерения вязкости и иных реологических параметров материала?
14. Если ставится задача измерения вязкоупругих свойств материала при различных частотах, то какой метод для этого наиболее пригоден?

НАПИСАНИЕ ЭССЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Возможная тематика эссе

1. Влияние ПАВ на реологические свойства гелей БСА
2. Реологические свойства нефти
3. Реология эмульсий, стабилизированных фосфолипидами
4. Реологические свойства эмульсий, сформированными полимерами, модифицированными наночастицами
5. Реологические свойства гелей в системе цистеин/серебро
6. Реопексия высококонцентрированных эмульсий
7. Вязкоупругие свойства высококонцентрированных эмульсий
8. О пределе текучести

Тематика может меняться и уточняться преподавателем при обсуждении с обучающимися. Для написания эссе необходимо подобрать научную литературу по соответствующей тематике, главным образом, это научные статьи, опубликованные в специализированных журналах. Ниже приводится, в качестве примера, перечень литературы к обозначенным выше темам эссе.

1. Влияние ПАВ на реологические свойства гелей БСА
Литература
Osita Sunday Nnyigide¹ & Kyu Hyun, Effects of anionic and cationic surfactants on the rheological properties and kinetics of bovine serum albumin hydrogel, *Rheologica Acta*. 2018. V. 57. No. 8-9. P. 563-573. <https://doi.org/10.1007/s00397-018-1100-1>
2. Реологические свойства нефти
Литература
A. Ya. Malkin and S. N. Khadzhie, On the Rheology of Oil (Review). *Petroleum Chemistry*. 2016. Vol. 56. No. 7. P. 541–551.
3. Реология эмульсий, стабилизированных фосфолипидами
Литература
F. Zhang, A. Proctor, Rheology and stability of phospholipid-stabilized emulsions. *Journal of American Oil Chemistry Society*. 1997. V. 74. N 7. P. 869-874.
4. Реологические свойства эмульсий, сформированными полимерами, модифицированными наночастицами
Литература
S. O. Pyin & V. G. Kulichikhin & A. Ya. Malkin. Rheological properties of emulsions formed by polymer solutions and modified by nanoparticles. *Colloid Polym Sci*. DOI 10.1007/s00396-015-3543-6

5. Реологические свойства гелей в системе цистеин/серебро
Литература
S. Ilyin et al. Gels of cysteine/Ag-based dilute colloid systems and their rheological properties. *Soft Matter*. DOI: 10.1039/c1sm06007d
6. Реопексия высококонцентрированных эмульсий
Литература
I. Masalova, M. Taylor, E. Kharatiyan, A.Ya. Malkin, Rheology in highly concentrated emulsions *J. Rheology*, v. 49, 839-849 (2005)
7. Вязкоупругие свойства высококонцентрированных эмульсий
Литература
I. Masalova, R. Foudazi, A.Ya. Malkin, The rheology of highly concentrated emulsions stabilized with different surfactants. *J. Rheology*, v. 49, 839-849 (2005)
8. О пределе текучести
Литература
A.Malkin, V. Kulichikhin, S. Ilyin. A modern look on yield stress fluids. *Rheologica Acta*. DOI 10.1007/s00397-016-0963-2

Требования к структуре, содержанию и оформлению

Необходимо обозначить проблему, обосновать ее актуальность, сделать краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему, сформулировать выводы, привести список использованной литературы. Объем работы – от 20 до 30 страниц машинописного текста, межстрочный интервал 1,15, размер шрифта 12. Необходимо наличие титульной страницы.

Технологическая карта дисциплины
Дисциплина: «Реология дисперсных систем»

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения (неделя сдачи)
		min	max	
Текущий контроль				
	Посещение лекций (18 лекций)	3	12	
	Нет посещений – 0 баллов, (6 лекций) 33,33 % - 3 балла; (12 лекции) 66,66 % - 6 баллов; (18 лекций) 100 % - 12 баллов			
1.	Выполнение лабораторных работ (6 работ)	21	24	По расписанию
	Выполнение одной ЛР в срок (по расписанию занятий) – 3,5 баллов, не в срок (но в течение двух недель после даты по расписанию) – 4 балла.			
2.	Защита лабораторных работ (6 работ)	21	24	По расписанию
	Защита одной ЛР в срок (в течение двух недель после даты выполнения ЛР по расписанию) – 3,5 баллов, не в срок – 4 балла.			
3.	Выступление на практических работах (5 работ)	8	10	
4.	Выступление на занятии от 1,5 до 2 баллов			
5.	Эссе (1)	7	10	По расписанию
	Одна к/р – от 5 до 10 баллов. Отлично – 8 баллов, хорошо – 9 баллов, удовлетворительно – 10 баллов			
	ИТОГО за работу в семестре	60	80	последняя неделя семестра
Промежуточная аттестация				
	Экзамен	10	20	
	Оценка «5» - 20 баллов Оценка «4» - 15 баллов Оценка «3» - 10 баллов			
	ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	70	100	
	Итоговая оценка определяется по итоговым баллам за дисциплину и складывается из баллов, набранных в ходе текущего контроля (итога за работу в семестре) и промежуточной аттестации (экзамен) Шкала баллов для определения итоговой оценки: 91 - 100 баллов - оценка «5» 81-90 баллов - оценка «4» 70- 80 баллов - оценка «3» 69 и менее баллов - оценка «2» Итоговая оценка проставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку обучающегося			