

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

**Институт биологии и экологии**

УТВЕРЖДАЮ

Директор института БиЭ

Н.Н. Смирнова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физико - химическая механика**

Направление подготовки

04.04.01 «Химия»

Профиль/программа подготовки

«Химия окружающей среды, химическая экспертиза  
и экологическая безопасность»

Владимир 2021

## ,ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины физико-химическая механика является знакомство магистров с закономерностями и механизмами деформационных процессов и разрушения твердых тел (в зависимости от их состава и структуры, влияния температуры и внешней среды), а так же с процессами структурообразования (развитие пространственных структур, образующих твердое тело с заданными механическими свойствами).

### 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Физико-химическая механика – прикладная наука, развившаяся в самостоятельную дисциплину из раздела коллоидной химии. Она тесно связана с такими фундаментальными науками как коллоидная химия, физическая химия, физика, а также с целым рядом прикладных естественнонаучных дисциплин.

### 3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции)		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-5 Способен осуществлять научно-исследовательскую и профессиональную деятельность, связанную с экологической безопасностью, с использованием эффективных методик и методов химико-физического анализа.	<p>ПК-5.1. Знает правила охраны окружающей среды, методы проведения экологического мониторинга и экспертизы</p> <p>ПК-5.2. Умеет разрабатывать схемы экспертных исследований; анализировать возможности различных методов, исходя из специфики поставленной исследовательской задачи и интерпретировать полученные результаты;</p> <p>ПК-5.3. Владеет методами выделения, идентификации и пробоподготовки для исследования объектов окружающей среды.</p>	<p><i>Знает:</i> правила охраны окружающей среды, методы проведения экологического мониторинга и экспертизы;</p> <p><i>Умеет:</i> разрабатывать схемы экспертных исследований; анализировать возможности различных методов, исходя из специфики поставленной исследовательской задачи и интерпретировать полученные результаты;</p> <p><i>Владеет:</i> методами выделения, идентификации и пробоподготовки для исследования объектов окружающей среды.</p>	Вопросы

#### 4 ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов

##### Тематический план Форма обучения - очная

№ п/п	Наименование тем разделов дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	В форме практической подготовки		
1.	Предмет и задачи физико-химической механики.	3	2	4		-		10	
2.	Способы описания механических свойств твердых тел и жидкостей.	3	4	4				10	
3.	Определение вязкости по Ньютону. Понятие о ламинарном и турбулентном режимах течения жидкости.	3	6	6				10	Рейтинг контроль №1
4.	Пластичность. Модель пластического поведения материала.	3	8	4				10	
5	Возникновение и особенности структур коллоидных системах.	3	10					10	Рейтинг контроль №2
6	Зависимость эффективной вязкости коллоидных систем от скорости течения.	3	12					10	
7	Зависимость вязкости коллоидных систем от концентрации дисперсной фазы.	3	14					10	
8	Физико-химические явления в процессах деформации и разрушения твердых тел.	3	16					10	

9	Роль реальной структуры твердого тела на его механические свойства.	3	18				10	Рейтинг контроль №3
Всего за 3 семестр			18				90	зачет
Наличие в дисциплине КП/КР								
Итого по дисциплине			18				90	зачет

## Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Предмет и задачи физико-химической механики.

Тема 1. Связь механических свойств дисперсных систем и материалов с их структурой и явлениями, происходящими на границе раздела фаз

Содержание темы. Физико-химическая механика рассматривает механические (реологические) свойства – наиболее общие и важные характеристики всех дисперсных систем и материалов в зависимости от их структуры, обусловленной взаимодействием частиц; таковыми являются вязкость, пластичность, упруго-пластическое и упруго-хрупкое поведение твердообразных дисперсных систем и материалов, характеризующихся определённой прочностью, долговечностью, износостойкостью.

Вместе с тем физико-химическая механика устанавливает определяющую роль поверхностных явлений на границах раздела фаз (смачивание, адгезия, адсорбция, изменение величины межфазного натяжения, образование особых граничных слоев) во всех процессах взаимодействия частиц при структурообразовании.

Раздел 2. Способы описания механических свойств твердых тел и жидкостей.

Тема 1. Упругая деформация. Закон Гука для нормального касательного напряжения. Модуль упругости. Напряжение сдвига.

Содержание темы. Напряжение, вызывающее деформацию тел, определяется отношением силы к площади, на которую она действует. Существует два основных вида деформаций: растяжение (или сжатие) и сдвиг, соответствующие нормальному и тангенциальному напряжениям. Деформации могут быть обратимыми и остаточными. В соответствии с этим тела делятся на упругие и пластичные. Деформация упругих тел описывается законом Гука, выражающим прямую пропорциональность между приложенным напряжением и возникающей деформацией. Коэффициент пропорциональности в данном случае называется модулем упругости, а величина напряжения, отнесенная к единице поверхности скольжения - напряжением сдвига.

Раздел 3. Определение вязкости по Ньютону. Понятие о ламинарном и турбулентном режимах течения жидкости.

Тема 1. Вязкое течение. Текучесть. Модель вязкого течения жидкости.

Содержание темы. По определению вязкости, данному Ньютоном, сила внутреннего трения, равная по значению, но обратная по направлению силе приложенной извне, пропорциональна площади слоя, к которому эта сила приложена, и градиенту скорости движения между слоями. Коэффициент пропорциональности в этом рассуждении называется коэффициентом вязкости или просто вязкостью. Величина обратная вязкости называется текучестью. Если вязкость характеризует сопротивление жидкости движению, то текучесть – её подвижность. В реологии механические свойства материалов представляют в виде реологических моделей, связывающих напряжение с деформацией. Для вязкости такой моделью является модель идеально вязкой жидкости Ньютона.

Уравнение Ньютона соблюдается, если жидкость движется ламинарно, т.е. в виде слоев, имеющих различную скорость и не смешивающихся друг с другом. Такой режим лишь соблюдается при сравнительно малых скоростях движения. При больших скоростях ламинарный характер течения переходит в турбулентный, характеризующийся возникновением в движущейся жидкости завихрений. Если применять к такому течению уравнение Ньютона, то коэффициент вязкости теряет свой обычный смысл, так как его значение в этом случае зависит не только от природы жидкости, но и становится функцией скорости движения жидкости.

Раздел 4. Пластичность. Модель пластического поведения материала.

Тема 1. Понятие о пределе текучести. Реологическая модель пластического тела.

Содержание темы. Обратимость деформации, характерная для упругих тел, заключается в том, что при снятии нагрузки все геометрические параметры приобретают исходные значения. Для пластических тел при снятии нагрузки возникают остаточные деформации. Вязкие тела отличаются от пластических тем, что текут при любых напряжениях. Моделью идеально пластического тела Сен-Венана-Кулона является находящееся на плоскости твердое тело, при движении которого трение постоянно и не зависит от нормальной (перпендикулярной поверхности) силы. В основе этой модели лежит закон внешнего трения, в соответствии с которым деформация отсутствует, если напряжение сдвига меньше некоторой величины, называемой пределом текучести. Если напряжение достигает предела текучести, то деформация идеально пластического тела не имеет предела и течение происходит с любой скоростью.

Раздел 5. Возникновение и особенности структур в коллоидных системах.

Тема 1. Структурно-механические свойства дисперсных систем.

Содержание темы. Разнообразие структур в реальных дисперсных системах не позволяет четко связать механические свойства тел с их строением. Согласно классификации, основанной на реологических свойствах, все реальные тела делят на жидкообразные (предел текучести равен нулю) и твердообразные (предел текучести больше нуля). Жидкообразные в свою очередь классифицируют на ньютоновские и неньютоновские жидкости. Ньютоновскими жидкостями называют системы, вязкость которых не зависит от напряжения сдвига и является постоянной величиной. Вязкость неньютоновских жидкостей будет зависеть от напряжения сдвига и их подразделяют на стационарные, реологические свойства которых не изменяются со временем, и не стационарные, для которых эти характеристики зависят от времени. Последние, в свою очередь, подразделяют на псевдопластические и дилатантные. К псевдопластическим жидкостям относятся суспензии, содержащие асимметричные частицы, и растворы полимеров. Дилатантное поведение жидкости наблюдается у дисперсных систем с большим содержанием твердой фазы.

Раздел 6. Зависимость эффективной вязкости коллоидных систем от скорости течения.

Тема 1. Структурная вязкость

Содержание темы. Отличие течения зольей от течения обычных истинных растворов низкомолекулярных веществ обусловлено тем, что в первых присутствуют во взвешенном состоянии коллоидные частицы, размеры которых значительно превосходят размер молекул. Наличие таких частиц способствует перемешиванию отдельных слоев текущей жидкости, в результате чего у дисперсных систем наблюдается ранняя турбулентность, т.е. переход ламинарного течения в турбулентное происходит гораздо раньше, чем для жидкостей не содержащих таких частиц. При малых скоростях течения системе наносятся незначительные повреждения, так как разрушения, неразрывно связанные с течением, успевают восстановиться и тогда течение системы происходит практически без разрушения структуры, т.е. наблюдается явление ползучести. При больших скоростях

течения структура системы сильно разрушается и уже восстанавливаться, практически не успевает. Структурированные коллоидные системы не подчиняются закону Ньютона. Причина такого явления заключается в том, что по мере увеличения напряжения сдвига, обуславливающего течение, понижается гидродинамическое сопротивление, в результате чего убыстряется движение жидкости. Течение систем с мало прочной пространственной структурой начинается лишь тогда, когда напряжение сдвига превысит какое-то определенное критическое значение, необходимое для разрушения структуры. Такое течение Бингам назвал пластическим, а критическое напряжение сдвига – пределом текучести. Примером систем, довольно хорошо подчиняющихся уравнению, полученному Бингамом, могут служить пасты и глины.

Раздел 7. Зависимость вязкости коллоидных систем от концентрации дисперсной фазы.

Тема 1. Уравнение Эйнштейна и условия его применения.

Содержание темы. Вязкость коллоидных систем всегда выше вязкости чистой дисперсионной среды. Эйнштейн вывел уравнение, связывающее вязкость системы с концентрацией её дисперсной фазы. Вывод был сделан для систем, в которых концентрация дисперсной фазы сравнительно не велика и между частицами отсутствует взаимодействие. Из уравнения следовало, что между вязкостью системы и содержанием в ней дисперсной фазы должна существовать прямолинейная зависимость. Отличие вязкости концентрированной дисперсной системы от значения вязкости, вычисленной по уравнению Эйнштейна, объясняется тем, что в жидкости около частиц возникают микропотоки, затрудняющие движение системы. При очень малых концентрациях суспензии поток, возникающий вокруг одной частицы, очень мало влияет на потоки, возникающие около других частиц, и соответственно на скорость движения всего потока жидкости в целом. Однако с увеличением концентрации дисперсной фазы это влияние все увеличивается и приводит к отклонению от закона Эйнштейна. Не применимость уравнения Эйнштейна к коллоидным системам связана так же с возникновением сил притяжения и отталкивания между частицами.

Раздел 8. Физико-химические явления в процессах деформации и разрушения твердых тел.

Тема 1. Влияние природы твердого тела на проявление адсорбционного понижения прочности.

Содержание темы. Процессы разрушения твердых тел представляют значительный интерес при поиске различных технологических решений. Прочность, как и межфазная свободная энергия, является макроскопической характеристикой сил сцепления между частицами. Взаимодействие со средой, изменяя межфазную энергию, приводит к значительному уменьшению прочности. Это явление обуславливает так называемый «эффект Ребиндера», заключающийся в адсорбционном понижении прочности при взаимодействии с поверхностно активными веществами (ПАВ). Проникая, вследствие поверхностной подвижности, к зоне способствующей разрушению (например, трещины), молекулы ПАВ снижают межфазную энергию, тем самым уменьшая работу образования новой поверхности. Следовательно, сущность эффекта Ребиндера заключается в облегчении деформации и разрушения при снижении межфазной энергии. Акт адсорбции должен происходить одновременно с актом разрыва связи в момент образования новой элементарной ячейки поверхности. Таким образом, для адсорбционного понижения прочности характерно обязательное сочетание действия среды и механических напряжений. Адсорбция ПАВ сопровождается сольватацией поверхности, приводящей к появлению расклинивающего давления, развитию новых микротрещин и, наконец, к разрушению тела под действием небольших нагрузок.

Раздел 9. Роль реальной структуры твердого тела на его механические свойства.

Тема 1. Структурно механические свойства коллоидных систем.

Содержание темы. Дисперсные системы становятся твердообразными, когда в них начинает проявляться предел текучести и исчезает возможность перехода к состоянию предельно разрушенной структуры без разрыва тела при увеличении напряжения сдвига. Явно выраженный предел текучести наблюдается в пластичных твердообразных телах. Твердообразные системы могут обладать коагуляционной или конденсационно – кристаллизационной структурой. Для коагуляционных твердообразных структур характерны относительно небольшие пределы текучести и достаточно широкая область текучести. Очевидно, что с увеличением прочности структуры растет предел текучести, а область текучести сужается. Твердообразные дисперсные системы, имеющие значительную область текучести, при напряжениях, несколько превышающих предел текучести, легко принимают любую форму и не обнаруживают течения при напряжениях меньше предела текучести, например, под действием силы тяжести. Поскольку течение не является типичным свойством твердообразных систем, что особенно характерно для конденсационно – кристаллизационных структур, то в этом случае реологические зависимости строят по отношению к деформации, а не к её скорости.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО - МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Текущий контроль успеваемости:

### **Рейтинг – контроль № 1**

**ВОПРОС** Среди утверждений, характеризующих устойчивость дисперсных систем, найдите неточное.

**ОТВЕТЫ:**

1. Устойчивость дисперсных систем характеризуется неизменностью во времени размеров частиц дисперсной фазы и сохранением их равномерного распределения в дисперсионной среде.
2. Все дисперсные системы термодинамически не устойчивы.
3. Кинетической называется устойчивость дисперсной системы по отношению к гравитационному или центробежному полям.
4. Коагуляция — процесс слипания частиц дисперсной фазы в более крупные агрегаты, приводящий к потере кинетической устойчивости, разделению фаз и, как следствие, к разрушению системы.
5. Агрегативной устойчивостью называется способность системы противостоять укрупнению частиц дисперсной фазы.
6. Коагуляты, образующиеся в результате агрегации частиц дисперсной фазы, представляют собой осадки различной структуры: рыхлые, плотные хлопьевидные, волокнистые, кристаллоподобные.

**ВОПРОС** Изучите положения разъясняющие природу устойчивости коллоидных систем. Какое из них ошибочно?

**ОТВЕТЫ:**

1. На близком расстоянии между коллоидными частицами действуют межмолекулярные ван-дер-ваальсовы силы.
2. Наличие двойного электрического слоя на поверхности коллоидных частиц исключает взаимодействие между ними.
3. Устойчивость дисперсных систем обусловлена соотношением межмолекулярных сил притяжения и электрических сил отталкивания.

4. Возможность существования дисперсной системы обусловлена наличием некоторого энергетического (потенциального) барьера, который препятствует сближению коллоидных частиц и их слипанию.

5. Кинетическая устойчивость определяется размерами частиц.

**ВОПРОС** *Какое из перечисленных воздействий не может вызвать коагуляцию гидрозоля?*

1. Изменение температуры
2. механические воздействия
3. добавление поверхностно-активных веществ
4. введение электролитов
5. электромагнитное излучение.

**ВОПРОС** *Определить константу скорости коагуляции, если в одном кубическом метре золя исходное количество частиц равно  $5 \cdot 10^{14}$ , а время половинной коагуляции составляет 10 с?*

**ОТВЕТЫ:**

1.  $5 \cdot 10^{15}$
2.  $5 \cdot 10^{13}$
3.  $5 \cdot 10^{-14}$
4.  $5 \cdot 10^{-16}$
5. данных недостаточно.

**ВОПРОС** *Изучите положения, характеризующие сущность стабилизации дисперсных систем. Какое из них противоречиво?*

**ОТВЕТЫ:**

1. На межфазной поверхности раздела фаза — среда образуется поверхностный слой из молекул стабилизатора.
2. Полная фиксация дисперсной системы обуславливается тем, что высоковязкий стабилизирующий слой не выдавливается при столкновении частиц дисперсной фазы.
3. Стабилизирующими свойствами обладают адсорбционные слои ориентированных поверхностно—активных веществ: белки, мыла и другие.
4. Прочность адсорбционного слоя нарастает с увеличением рН среды и повышением концентрация поверхностно-активного вещества.
5. Предел повышения стабильности дисперсных систем — образование сплошных пространственных структур-гелей.

**ВОПРОС** *Изучите фрагменты вывода уравнения Смолуховского для быстрой коагуляции. В каком из них допущена ошибка?*

**ОТВЕТЫ:**

1.  $v = v_1 + v_2 + \dots$
2.  $-\frac{dv}{d\tau} = kv^2$
3.  $k = 4\pi Dr$
4.  $k\tau = \frac{1}{v_0} - \frac{1}{v}$
5.  $v = \frac{v_0}{1 + kv_0\tau}$

**ВОПРОС** *Коагуляция коллоидных систем может происходить под влиянием ряда факторов. Какой из перечисленных факторов имеет наимажнейшее теоретическое и практическое значение?*

**Ответы:**

1. Старение системы
2. изменение концентрации дисперсной фазы



3. механические воздействия
4. изменение температуры
5. добавление электролитов
6. действие света.

**ВОПРОС** Проанализируйте уравнения, характеризующие природу межмолекулярного взаимодействия частиц дисперсной фазы. Какое из них описывает дисперсионное взаимодействие?

ОТВЕТЫ:

1.  $\frac{2\mu_1^2\mu_2^2}{3kTr^6}$
2.  $\frac{2\mu^2\alpha}{r^6}$
3.  $\frac{3h\nu_0\alpha^2}{4r^6}$
4.  $\frac{r^2e^2\mu^2}{3kTr^4}$
5.  $-Cr^{-6} + Br^{-12}$

### Рейтинг – контроль № 2

**ВОПРОС** Проанализируйте положения, характеризующие действие электролитов на золь. Какое из них не относится к правилам коагуляции электролитами?

ОТВЕТЫ:

1. Коагулирующим действием обладают не все ионы электролита, а только те, которые имеют заряд противоположный по знаку заряду коллоидной частицы.
2. Для начала коагуляции необходимо превысить некоторую минимальную концентрацию электролита в золе.
3. Порог коагуляции — это величина, характеризующая устойчивость золя к электролитам.
4. Коагулирующая сила иона тем больше, чем больше его валентность, и возрастает с увеличением радиуса иона при одинаковой валентности.
5. Коагуляция золя происходит в результате изменения концентрации дисперсной фазы и приводит к образованию осадков — коагулятов

**ВОПРОС** Изучите предпосылки, на основании которых развиваются представления о коагуляции коллоидов. Какая из них не учитывалась Смолуховским для построения теории быстрой коагуляции?

ОТВЕТЫ:

1. Между частицами дисперсной фазы действуют силы притяжения и силы электростатического отталкивания.
2. При сближения частиц дисперсной фазы в процессе броуновского движения на достаточно близкие расстояния частицы сливаются, образуя агрегат.
3. Скорость коагуляции определяется частичной концентрацией поля и температурой.
4. При столкновениях первичных частиц образуются сначала вторичные, а затем третичные и более сложные.
5. Скорость агрегатирования существенно зависит от природы сил, действующих между частицами дисперсной фазы.

**ВОПРОС** Проанализируйте уравнения, описывающие коагуляцию зольей, согласно теории Смолуховского. Какое из них требует уточнения? ( $r$  – радиус сферы притяжения).

ОТВЕТЫ:

$$1. -\frac{dv}{v} = kd\tau$$

$$2. v(1 + kv_0\tau) = v_0$$

$$3. \tau_{1/2} = \frac{1}{4\pi Dr v_0}$$

$$4. v(\tau_{1/2} + \tau) = \tau_{1/2}v_0$$

$$5. \tau_{1/2} \cdot kv_0 = 1$$

**ВОПРОС** Какой из перечисленных факторов не приводят к существенному увеличению коагулирующего действия электролита на коллоидный раствор?

**ОТВЕТЫ:**

1. увеличение валентности иона
2. увеличение радиуса вона
3. увеличение концентрации электролита
4. увеличение температуры
5. увеличение значения электрокинетического потенциала.

**ВОПРОС** Для коагуляции  $1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$  золя  $\text{AgI}$  требуется  $4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$  раствора  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  концентрации  $0,05 \text{ кмоль/м}^3$ . Найти порог коагуляции золя.

**ОТВЕТЫ:**

1.  $0,01 \text{ кмоль/м}^3$
2.  $0,02 \text{ кмоль/м}^3$

### Рейтинг – контроль № 3

**ВОПРОС** Какое из указанных свойств не связано непосредственно со структурой дисперсной системы?

**ОТВЕТЫ:**

1. эластичность
2. текучесть
3. вязкость
4. смачиваемость
5. пластичность
6. прочность.

**ВОПРОС** Какое из положений, характеризующих структуры дисперсных систем, является неверным?

**ОТВЕТЫ:**

1. Структура — это пространственный каркас — сетка, образованный связями атомов, ионов, молекул, мицелл, кристаллических отростков и частиц коллоидных размеров.
2. В коллоидных и микрогетерогенных системах различают тиксотропно — обратимые, или коагуляционные структуры, и необратимо — разрушающиеся, или конденсационно-кристаллизационные структуры.
3. Коагуляционная структура образуется сцеплением первичных частиц дисперсной фазы ван-дер-ваальсовыми силами.
4. Конденсационная структура возникает в результате образования прочных химических связей между частицами дисперсной фазы.
5. Кристаллизационные структуры формируются в процессе выкристаллизовывания новой фазы вследствие срачивания кристалликов.
5. Прочность коагуляционных структур значительно превышает прочность конденсационных и кристаллизационных.
6. Гелеобразование — это возникновение пространственной сетки из частиц дисперсной фазы, в петлях которой находится среда.

7. Специфическое свойство коагуляционных структур — способность самопроизвольно восстанавливать связи между частицами, разрушенные при механическом воздействии на систему.

8. Синерезис — явление самопроизвольного уменьшения размеров геля при сохранении его структуры с одновременным выделением из него дисперсионной среды, содержащейся в петлях.

**ВОПРОС** Проанализируйте приведенные уравнения и обозначения и укажите не точное?  
**ОТВЕТЫ:**

$$1. F = A \cdot \eta \cdot \frac{dU}{dx}$$

- F – сила внутреннего трения (сила вязкостного сопротивления);

- A – площадь слоя (сдвига), к которому приложена сила;

-  $\eta$  – коэффициент пропорциональности – вязкость системы;

- U – объемная скорость течения;

-  $du/dx$  – деформация;

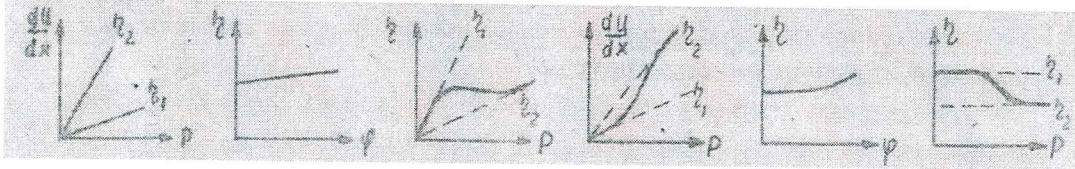
- x – координата, нормальная к потоку, - расстояние между слоями;

-  $P = \frac{F}{A}$  - напряжение сдвига;

-  $\frac{dU}{dx} = \frac{1}{\eta} P$ , где  $1/\eta$  – текучесть, характеризующая подвижность жидкости под влиянием

внешних воздействий.

**ВОПРОС** Изучите приведенные реологические зависимости и найдите график, где дана неверная информация ( $\eta_1 > \eta_2$ )? ( $\varphi$  — объемная доля дисперсной фазы в общем объеме системы).



**ВОПРОС** Какое из уравнений было предложено Бингамом для дисперсных систем с пластическим течением? ( $K$  — константа;  $P_d$  - предельное напряжение сдвига;  $Q$  — расход жидкости в единицу времени).

Ответы:

$$1. \eta = \eta_0 (1 + 2,5\varphi)$$

$$2. \frac{dU}{dx} = \frac{1}{\eta} P$$

$$3. \eta - \eta_0 = \eta_0 \cdot K \cdot \varphi$$

$$4. P = \eta \frac{dU}{dx} + P_d$$

$$5. Q = \frac{K}{\eta} P$$

$$6. \eta = 1 + K \cdot \varphi$$

**ВОПРОС** Среди положений, характеризующих структуры и свойства коллоидных систем найдите ошибочное?

ОТВЕТЫ:

1. Образование структур в коллоидных системах – результат сцепления, срастания частиц дисперсной фазы под влиянием действующих между ними физических или химических сил.

2. Процесс образования структуры и свойства структурированных систем зависят от свойств поверхности частиц дисперсной фазы, ее неоднородности, химического строения, формы и других.
3. Основные типы структур: коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные; различие определяется природой сил сцепления, действующих между частицами дисперсной фазы.
4. Структура, образующаяся в результате срастания коллоидных частиц в сплошной пространственный каркас-сетку под действием Ван-дер-ваальсовых сил называется конденсационной.
5. Коагуляционные структуры возникают в результате понижения агрегативной устойчивости дисперсной системы путем сцепления первичных частиц дисперсной фазы в пространственные каркасы.
6. Если объемный каркас—сетка формируется за счет химических связей атомов, молекул или кристаллических сростков, а дисперсионная среда заключена в ячейках каркаса, то структура системы называется конденсационно—кристаллизационной.
7. Специфическое свойство коагуляционных структур — тиксотропия — способность самопроизвольно восстанавливаться после прекращения механического воздействия.
8. Характерное свойство тиксотропных структур — эластичность. Пластичные тела необратимо изменяют размеры и форму под действием внешних сил; после прекращения воздействия изменения остаются.

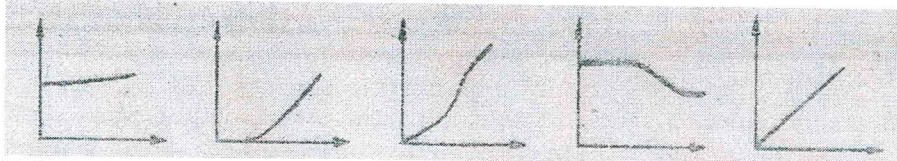
**ВОПРОС** Проанализируйте определения, характеризующие свойства структур и найдите ошибочное?

**ОТВЕТЫ:**

1. Образование структуры, охватывающей весь объем дисперсной системы, возможно только при определенной концентрации частиц дисперсной фазы, достаточной для построения цельного каркаса.
2. Связь между вязкостью коллоидной системы и содержанием дисперсной фазы описывается уравнением  $\eta = \eta_0(1 + K \cdot \varphi)$ , где  $\eta$  и  $\eta_0$  — вязкость системы и среды;  $K$  — константа, определяемая формой частиц;  $\varphi$  — объемная доля дисперсной фазы в объеме системы.
3. Течение вязких тел описывается законом  $P = \eta \frac{dU}{dx}$ , где  $P$  — напряжение сдвига;  $U$  — линейная скорость течения;  $x$  — координата, нормальная к потоку;  $\eta$  — вязкость среды.
4. Вязкость дисперсных систем — непостоянная величина. Ее значение зависит от условий определения, от скорости течения.
5. Вязкость тела отличаются от пластичных тем, что текут при любых напряжениях. Наличие структуры изменяет характер течения.

**ВОПРОС** На каком из графиков представлена характерная зависимость вязкости от напряжения сдвига для связно-дисперсной структурированной системы?

**ОТВЕТЫ:**



**ВОПРОС** Проанализируйте положения, характеризующие экспериментальные методы определения вязкости. Каков из них является некорректным?

**ОТВЕТЫ:**

1. Метод Стокса заключается в определении ускорения падения шарика определенных объемов и массы в исследуемой жидкости.

2. Скорость свободного падения шарика в вязкой среде обратно пропорциональна вязкости жидкой среды.
2. Метод капиллярного вискозиметра основан на измерения времени, за которое вытекает определенный объем жидкости через капилляр, длина и диаметр которого известны.
3. Вязкость жидкости обратно пропорциональна объему жидкости, вытекающей за определенное время из капилляра.
4. Метод ротационного вискозиметра основан на измерении числа оборотов в единицу времени вращающегося цилиндра.
5. Для точного измерения вязкости необходимо устанавливать стационарный режим течения жидкости и постоянную температуру.

**ВОПРОС** *Какой из параметров не влияет на вязкость структурированной системы?*

**ОТВЕТЫ:**

1. концентрация дисперсной фазы
2. напряжение сдвига
3. режим течения
4. форма частиц дисперсной фазы
5. температура
6. тиксотропия.

### **Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (контрольные вопросы к зачету)**

1. Упругая деформация. Закон Гука для нормального и касательного напряжений.
2. Модуль сдвига. Напряжение сдвига. Деформация растяжения. Модуль упругости. Энергия упругодеформированного тела. Природа упругости. Модель упругого тела.
3. Вязкое течение. Основы реологии. Необратимая деформация течения.
4. Вязкость истинных растворов. Определение вязкости по Ньютону. Коэффициент вязкости. Вязкость коллоидных растворов.
5. Единицы измерения вязкости. Текучесть. Число Рейнольдса. Понятие о ламинарном и турбулентном режимах течения.
6. Механизм течения жидкостей. Определение вязкости жидкостей. Модель вязкого течения жидкости.
7. Пластичность (пластическое течение). Модель пластического поведения материала или дисперсной системы.
8. Вязко-упругие тела. Простейшие реологические модели: Максвелла, Кельвина, упругого элемента и сухого трения, Бингама.
9. Структурно-механические свойства дисперсных систем. Возникновение и особенности структур в коллоидных системах.
10. Вязкость растворов, зависимость эффективной вязкости коллоидных систем от скорости течения; структурная вязкость. Реологические свойства коллоидных систем.
11. Зависимость вязкости коллоидных систем от концентрации дисперсной фазы. Влияние истинной концентрации дисперсной фазы и сольватации. Влияние взаимодействия между частицами.
12. Эффект Ребиндера и его практическое применение.
13. Влияние химической природы твердого тела и сред на проявление адсорбционного понижения прочности.
14. Роль реальной структуры твердого тела и внешних условий в проявлении эффектов адсорбционного влияния среды на механические свойства твердых тел.

## Темы рефератов для самостоятельной работы студентов

1. Типы дисперсных систем и классификация дисперсных систем по размеру частиц.
2. Типы структур, образующиеся в дисперсных системах. Процесс структурообразования.
3. Методы термодинамического описания поверхностно слоя. Уравнение адсорбции Гиббса.
4. Когезия и адгезия. Смачивание и уравнение Юнга. Уравнение адсорбции Лэнгмюра и уравнение адсорбции Брунауэра, Эммета, Теллера (БЭТ).
5. Структурированные коллоидные системы и тиксотропия, каковы её особенности.
6. Физико-химическая механика. Единый подход к описанию механического воздействия на твердые и жидкие тела.
7. Модели упругого, вязкого и пластичного твердого тела.
8. Модель Максвелла и время релаксации механических напряжений.
9. Модель Кельвина и время релаксации деформации твердообразных тел.
10. Модели описания механического поведения жидкостей и твердых тел.
11. Реологические кривые ньютоновских, неньтоновских, бингамовских, делатантных и псевдопластичеких жидкостей. Особенности их поведения при перемешивании.
12. Развитие деформации во времени для различных механических моделей, описывающих твердые и жидкие тела.
13. Модели Кельвина, Бингама, Бюргера. Кинетика развития деформации.
14. Измельчение твердых тел. Хрупкое разрушение.
15. Эффект Ребиндера и его объяснение.
16. Роль поверхностно-активных веществ в деформации и разрушении твердых тел и диспергировании жидкостей.
17. Упругая и пластическая деформация.
18. Эксперименты, подтверждающие увеличение температуры при хрупком разрушении, пластической деформации и трении.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО – МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии: учебник 2-е изд. - М.: Химия, 1976. - 512 с.	1976	102	

2.Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии: учебник. – Л.:, 2010. -416 с.	2010	86	
3. Марков В. Ф. Маскаева Л. Н. Брусницына Л. А. Алексеева Т. А. Коллоидная химия: примеры и задачи: Учебное пособие - 2-е изд., стер. - М.:Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 188 с.	2017		<a href="http://znanium.com/catalog/product/948402">http://znanium.com/catalog/product/948402</a>
Дополнительная литература			
1.Родин В.В. Физическая и коллоидная химия: учебное пособие. — Ставрополь: АГРУС, 2013. — 156 с.	2013	10	
2. Кириченко О. А. Практикум по коллоидной химии: Учебно-методическое пособие - М.:МПГУ, 2012. - 110 с.	2012		<a href="http://znanium.com/catalog/product/757805">http://znanium.com/catalog/product/757805</a>
3. Францева Н. Н. Безгина Ю. А. Романенко Е. С. Волосова Е. В. Коллоидная химии: учебное пособие. - Ставрополь: Параграф, 2013. - 52 с.	2013		<a href="http://znanium.com/catalog/product/514197">http://znanium.com/catalog/product/514197</a>

## 6.2. Периодические издания


1. Вода: химия и экология.
2. Сорбционные и хроматографические процессы.
3. Environ Technol.
4. Восточно – Европейский журнал передовых технологий


## 6.3. Интернет – ресурсы

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. <http://www.chemport.ru/>
3. <http://www.xumuk.ru/>
4. <http://elibrary.ru/>
5. <http://sci-hub.org/>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО – ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


Для реализации данной дисциплины имеется специальное помещение для проведения занятий *лекционного типа, и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.* Лекционные занятия проводятся в ауд. 425-1 Перечень используемого лицензионного программного обеспечения Windows 7, Microsoft Office 2010.

Рабочую программу составил д.х.н. проф. Кухтин Б.А.   
(ФИО, подпись)

Рецензент  
(представитель работодателя) генеральный директор ЗАО «БМТ» к.т.н. Поворов А.А.   
(место работы, должность, ФИО, подпись)


Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химии

Протокол № 10 от 25.06.2021 года

Заведующий кафедрой д.х.н. проф. Кухтин Б.А.   
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 04.04.01 «Химия»

Протокол № 10 от 25.06.2021 года

Председатель комиссии д.х.н. проф. Кухтин Б.А.   
(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2022/2023 учебный год

Протокол заседания кафедры № 14 от 23.06.2022 года

Заведующий кафедрой   
Н.Н. Семирнова

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



