

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



А.А.Панфилов

« 28 » 10 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ФИЗИКО - ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»**

Направление подготовки 04.04.01 «Химия»

Профиль/программа подготовки: химия окружающей среды, химическая экспертиза и экологическая безопасность.

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
3	3 (108)	18	-	-	90	Зачет
Итого	3 (108)	18	-	-	90	зачет

Владимир 20\_\_

*моф*

## **1. 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).

## **2. 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. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины магистр должен обладать следующей профессиональной компетенцией:

- владеть теорией и навыками практической работы в избранной области химии (ПК-2).

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля) физико-химическая механика

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах/%)	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП/КР		
1.	Предмет и задачи физико-химической механики. Связь механических свойств дисперсных систем и материалов с их структурой и явлениями, происходящими на границе раздела фаз.	3	1	2				10		1/50 %	
2.	Способы описания механических свойств твердых тел и жидкостей. Упругая деформация. Закон Гука для нормального касательного напряжений. Модуль сдвига. Напряжение сдвига. Деформация растяжения. Модуль упругости.	3	3	2				10		1/50%	



	Модель упругого тела.										
3.	Вязкое течение. Необратимая деформация течения. Определение вязкости по Ньютону. Коэффициент вязкости. Единицы измерения вязкости. Текучесть. Понятие о ламинарном и турбулентном режимах течения. Определение вязкости жидкостей. Модель вязкого течения жидкости.	3	5	2				10		1/50%	Рейтинг контроль №1
4.	Пластичность. Модель пластического поведения материала. Простейшие реологические модели: Максвелла, Кельвина, упругого элемента и сухого трения, Бингама.	3	7	2				10		1/50%	
5.	Структурно-механические свойства дисперсных систем. Возникновение и особенности структур в коллоидных системах.	3	9	2				10		1/50%	Рейтинг контроль №2

6.	Вязкость растворов, зависимость эффективной вязкости коллоидных систем от скорости течения; структурная вязкость.	3	11	2				10		1/50%	
7.	Реологические свойства коллоидных систем. Зависимость вязкости коллоидных систем от концентрации дисперсной фазы.	3	13	2				10		1/50%	Рейтинг контроль №3
8.	Физико-химические явления в процессах деформации и разрушения твердых тел. Влияние химической природы твердого тела и сред на проявление адсорбционного понижения прочности.	3	15	2				10		1/50%	
9.	Роль реальной структуры твердого тела и внешних условий в проявлении эффектов адсорбционного влияния среды на механические свойства твердых тел.	3	17	2				10		1/50%	
Всего:		3		18				90		9/50%	Зачет



## Содержание курса

**Физико-химическая механика** изучает зависимость структурно-механических свойств *дисперсных систем* и материалов от физико-химических явлений на поверхностях раздела фаз (*поверхностных явлений*). Физико-химическая механика возникла в 30–40-х годах 20 века и оформилась как самостоятельная научная дисциплина в 50-х годах преимущественно благодаря работам современных учёных, прежде всего П. А. Ребиндера. Физико-химическая механика тесно связана с другими областями коллоидной химии (учением о поверхностных явлениях и поверхностных силах, физикохимией *адсорбции* и *поверхностно-активных веществ*, исследованиями устойчивости дисперсных систем, молекулярно-кинетических, оптических, электрических свойств дисперсных систем), а также с *молекулярной физикой*, физикой и физикохимией реального твёрдого тела, физикохимией полимерных материалов, *реологией*, механохимией, с рядом разделов геологических и биологических наук.

Объекты изучения физико-химической механики – природные дисперсные системы (горные породы и почвы, ткани растений и животных), дисперсные системы в различных технологических процессах (*порошки, пасты, суспензии*, например промывочные растворы для бурения, *эмульсии, смазочно-охлаждающие жидкости*) и разнообразные материалы, используемые в промышленности (инструментальные, конструкционные, строительные) и в быту. Физико-химическая механика рассматривает характерное для этих систем и материалов гетерогенное макро- или микронеоднородное строение, в котором проявляется универсальность дисперсного состояния вещества. Такие системы и материалы состоят из связанных между собой частиц (глобул, зёрен, волокон и др.), весьма разнообразных по размерам, но существенно превышающих размеры отдельных молекул и сохраняющих все основные физико-химические, в том числе механические, свойства данного вещества.

Физико-химическая механика различает следующие основные типы пространственных структур, образуемых частицами, в различных физико-химических условиях. Коагуляционные структуры, в которых взаимодействие частиц ограничивается их соприкосновением – непосредственным (например, в сыпучих структурах) или через остаточные слои дисперсионной среды (в суспензиях и пастах); при этом сила сцепления в контакте (прочность) не превосходит обычно  $10^{-8}$ – $10^{-7}$  н ( $10^{-3}$ – $10^{-2}$  дин). Для таких структур характерна механическая обратимость, обуславливающая, в частности, их *тиксотропию*. Структуры с фазовыми контактами, развитыми на площади, значительно превосходящей молекулярные размеры. Эти структуры, как правило, механически необратимы, прочность контактов в них  $10^{-7}$ – $10^{-6}$  н ( $10^{-2}$ – $10^{-1}$  дин) и выше. Фазовые контакты развиваются в различных неорганических и органических, кристаллических и аморфных



дисперсных системах и материалах при спекании, прессовании, изотермической перегонке, а также при выделении новой, высокодисперсной фазы в пересыщенных растворах и расплавах, например в минеральных вяжущих и полимерных материалах; сплошные материалы, в частности металлы и сплавы, можно рассматривать как предельный случай полного срастания зёрен. Каждая структура характеризуется определённой дисперсностью: размером частиц и, следовательно, числом контактов на  $1 \text{ см}^2$  сечения, которое составляет, например,  $10^2$ – $10^3$  для порошков с частицами в десятые доли мм и достигает  $10^{11}$ – $10^{12}$  для таких высокодисперсных систем, как алюмосиликагели. 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; таковы вязкость, пластичность, тиксотропное поведение коагуляционных структур с определённой зависимостью сопротивления сдвигу от скорости течения, упруго-пластическое и упруго-хрупкое поведение твердообразных дисперсных систем и материалов (с фазовыми контактами), характеризующихся определённой прочностью, долговечностью, износостойкостью. Так, в простом случае глобулярной пористой монодисперсной структуры прочность может быть приблизительно равна произведению числа контактов между частицами (на  $1 \text{ см}^2$  и средней величины силы сцепления в отдельном контакте, изменяясь в зависимости от типа контактов и дисперсности в очень широких пределах (например, от  $10$  до  $10^8 \text{ н/м}^2$ ).

Вместе с тем физико-химическая механика устанавливает определяющую роль физико-химических явлений на границах раздела фаз (смачивание, адгезия, адсорбция, изменение величины межфазного натяжения, образование особых граничных слоев) во всех процессах взаимодействия частиц и структурообразования. На этой основе физико-химическая механика развивает свои ведущие представления о возможности и эффективности управления структурно-механическими свойствами дисперсных систем и материалов при оптимальном сочетании механических воздействий (например, вибрационных, импульсных) и физико-химических факторов, прежде всего состава среды и малых добавок поверхностно-активных веществ. Последние, концентрируясь на границах раздела (адсорбируясь на поверхности частиц), позволяют при правильном их выборе радикально изменять свойства данной границы в нужном направлении, обеспечивая хорошее сцепление частиц, либо, наоборот, ослабляя и преодолевая силы сцепления. Так, в лиофобных системах (стеклянные частицы в углеводородных средах, гидрофобизованные поверхности в полярных жидкостях и др.) свободная энергия достигает в коагуляционных контактах десятков  $\text{эрг/см}^2$ , а в лиофильных системах (например, гидрофобизованные монослоями поверхностно-активных веществ полярные частицы в углеводородной среде) составляет сотые доли  $\text{эрг/см}^2$ .



В соответствии с явлениями и процессами, рассматриваемыми физико-химической механикой, можно выделить следующие её основные направления:

1) изучение возникновения и разрушения всевозможных пространственных структур как взаимодействия частиц дисперсной фазы и дисперсионной среды, включая и различные этапы получения материалов (в том числе композиционных) с заданной дисперсной структурой и совокупностью механических и физико-химических характеристик;

2) исследование физико-химического влияния среды и её поверхностно-активных компонентов на механические свойства разнообразных сплошных и пористых твёрдых тел и материалов (*Ребиндера эффект*), выяснение условий использования эффекта Ребиндера для облегчения обработки материалов и предотвращения его возможного вредного влияния;

3) анализ закономерностей и механизма сцепления поверхностей твёрдых тел (контактных взаимодействий) в условиях граничного трения, износа, смазывающего действия, формирования покрытий и др.

Для физико-химической механики характерно всестороннее изучение структурно-реологических (особенно нелинейных) характеристик дисперсных систем при широком варьировании условий: напряжённого состояния, температуры, состава среды, пересыщений и др.; непосредственное экспериментальное изучение элементарных актов при контактных взаимодействиях; разнообразные механические испытания твёрдых тел и материалов в активных средах; использование математического *моделирования* и численных методов для описания реологических свойств дисперсных систем и для анализа молекулярного механизма влияния среды.

На основе общих принципов физико-химической механики разработаны методы диспергирования и управления свойствами дисперсных систем и различных материалов, широко используемые:

1) в гетерогенных химико-технологических процессах (например, при производстве бумаги, в текстильной и лакокрасочной промышленности, при получении теста и кондитерских масс, топливных композиций и др.);

2) при приготовлении всевозможных материалов, например керамики, катализаторов и сорбентов, разнообразных полимерных материалов, при затворении цементного раствора, подготовке асфальтобетонов, формовочных земель, составлении композиций в порошковой металлургии, закреплении грунтов.



3) для облегчения процессов помола, бурения твёрдых горных пород, измельчения руды перед обогащением, обработки резанием; и наоборот, для повышения стойкости и долговечности конструкционных и др. материалов в активных средах;

4) для оптимизации контактных взаимодействий, например при обработке металлов давлением, при эксплуатации узлов трения в машинах, механизмах и приборах.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Изложение лекционного курса осуществляется в виде устных лекций с применением электронных средств обучения.

В качестве демонстрационного материала используются рисунки и таблицы по излагаемому материалу.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистров

Для текущего контроля успеваемости студентов используются рейтинг-контроль, а так же проверочные работы (тесты) для контроля самостоятельной работы. Промежуточной аттестацией по итогам освоения дисциплины является зачет.

Примеры заданий для проведения рейтинг-контроля:

#### 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 наиважнейшее теоретическое и практическое значение?

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:

$$1. \frac{2\mu_1^2\mu_2^2}{3kTr^6}$$

$$2. \frac{2\mu^2\alpha}{r^6}$$

$$3. \frac{3hv_0\alpha^2}{4r^6}$$

$$4. \frac{r^2e^2\mu^2}{3kTr^4}$$

$$5. -Cr^{-6} + Br^{-12}$$



## 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 золь, 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.  $\tau_{1/2} = \frac{1}{4\pi Drv_0}$

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 сращивания 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;

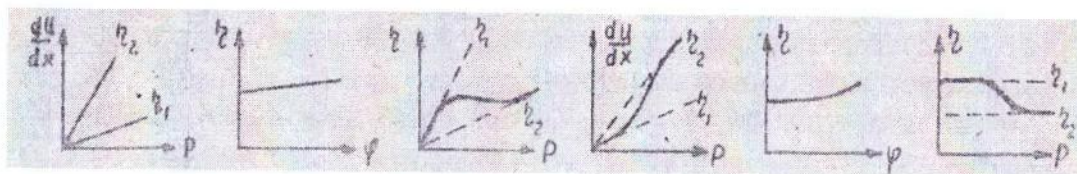
-  $du/dx$  – деформация;

- 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).

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.

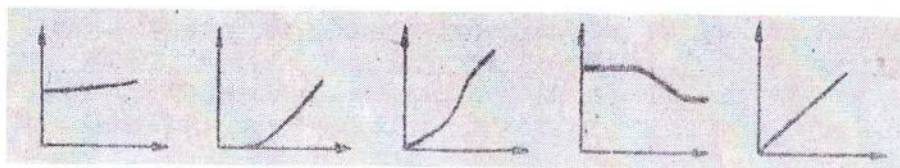
4. Вязкость дисперсных систем — непостоянная величина. Ее значение зависит от условий определения, от скорости течения.

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.

## Темы рефератов для самостоятельной работы студентов

1. Стеклообразное и кристаллическое состояние полимеров
2. Термодинамика и механика полимерных сеток
3. Статистическая физика макромолекул и полимерных сеток
4. Молекулярная подвижность и вязкоупругие свойства полимеров
5. Реологические свойства полимеров
6. Электрические свойства полимеров
7. Магнитные свойства полимеров
8. Оптические свойства полимеров
9. Основные теплофизические свойства полимеров
10. Прочность и процессы разрушения полимеров
11. Взаимосвязь процессов релаксации и разрушения
12. Трение и износ полимеров
13. Измерение релаксации напряжения, ползучести и долговременной прочности пластмасс
14. Динамические методы измерения механических свойств полимеров
15. Технические измерения механических свойств полимеров при однократном кратковременном нагружении
16. Структура и характеристика свойств микро- и ультрафильтрационных мембран
17. Основные закономерности процессов разделения
18. Характеристики и стандартизация мембранных фильтров
19. Стерилизация и процесс мембранной фильтрации
20. Применение мембранных фильтров для биомедицинских и аналитических целей
21. Ультрафильтрация и обратный осмос
22. Фильтрация воздуха
23. Мембранный плазмоферез

### Вопросы к зачету по курсу «Физико-химическая механика»

1. Упругая деформация. Закон Гука для нормального и касательного напряжений. Простой сдвиг. Модуль сдвига. Напряжение сдвига. Деформация растяжения. Модуль упругости. Энергия упругодеформированного тела. Природа упругости. Модель упругого тела.
2. Вязкое течение. Основы реологии. Необратимая деформация течения. Вязкость истинных растворов. Определение вязкости по Ньютону. Коэффициент вязкости. Вязкость коллоидных растворов.
3. Единицы измерения вязкости. Текучесть. Число Рейнольдса. Понятие о ламинарном и турбулентном режимах течения. Механизм течения



жидкостей. Определение вязкости жидкостей. Модель вязкого течения жидкости.

4. Пластичность (пластическое течение). Модель пластического поведения материала или дисперсной системы.

5. Вязко-упругие тела. Простейшие реологические модели: Максвелла, Кельвина, упругого элемента и сухого трения, Бингама.

6. Структурно-механические свойства дисперсных систем. Возникновение и особенности структур в коллоидных системах. Структурные и фазовые контакты.

7. Вязкость растворов, зависимость эффективной вязкости коллоидных систем от скорости течения; структурная вязкость. Реологические свойства коллоидных систем. Зависимость вязкости коллоидных систем от концентрации дисперсной фазы. Влияние анизодиаметричности частиц. Влияние истинной концентрации дисперсной фазы и сольватации. Влияние взаимодействия между частицами.

8. Эффект Ребиндера и его практическое применение.

9. Влияние химической природы твердого тела и сред на проявление адсорбционного понижения прочности. Уравнение Гриффитса.

10. Роль реальной структуры твердого тела и внешних условий в проявлении эффектов адсорбционного влияния среды на механические свойства твердых тел.

11. Высокоэластическое состояние полимеров. Высокоэластическая деформация. Эластичность идеального и реального каучука. Релаксационная природа высокоэластичности. Релаксационные процессы. Скорость развития высокоэластической деформации. Релаксация напряжения.

12. Переход полимеров из высокоэластического в стеклообразное и вязкотекучее состояние. Релаксационный характер процесса стеклования. Механизм процесса стеклования. Методы определения температуры стеклования (дилатометрия, измерение теплоемкости, измерение деформации, измерение механических потерь). Структурное и механическое стеклование. Химическое строение полимеров и температура стеклования. Термохимический метод исследования полимеров. Термохимическая кривая (ТМК) аморфных линейных полимеров.

13. Реологические свойства растворов полимеров. Разбавленные растворы полимеров. Абсолютная, относительная, приведенная и характеристическая вязкость. Механизм течения разбавленных растворов. Влияние молекулярной массы полимеров на приведенную и характеристическую вязкость. Влияние качества растворителя на характеристическую вязкость. Влияние температуры на характеристическую вязкость.

14. Концентрированные растворы полимеров. Наибольшая ньютоновская вязкость концентрированных растворов. Влияние качества растворителя и температуры на наибольшую ньютоновскую вязкость.

15. Пластификация. Влияние пластификаторов на температуру стеклования и текучесть полимеров. Совместимость пластификаторов с



полимерами. Механизм пластификации. Влияние пластификаторов на механические свойства полимеров. Влияние пластификаторов на диэлектрические свойства полимеров. Теории пластификации. Влияние строения молекул пластификатора, их размера и формы на пластифицирующее действие..

16. Осмотическое давление растворов полимеров. Второй вириальный коэффициент как критерий термодинамического сродства полимера и растворителя.

17. Деформационные свойства и механическая прочность полимеров. Деформационные свойства стеклообразных полимеров. Температурная зависимость предела вынужденной эластичности. Температура хрупкости. Деформационные свойства кристаллических полимеров. Механическая прочность и долговечность полимеров. Термофлуктуационный характер разрушения. Природа разрывающихся связей. Механизм разрушения полимеров.

18. Теоретические основы мембранной микро-ультрафильтрации как метода фазового разделения гетерогенных и микрогетерогенных систем. Определение пористости и размера пор мембран. Общая пористость мембран. Эффективная пористость мембран. Распределение пор в мембране по размерам. Оценка формы и ориентации пор.

Поддержка самостоятельной работы студентов обеспечивается соответствующей учебно-методической литературой:

1. Ольшевский М.В., Дорофеева И.Б. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы. Рейтинговая система организации и оценки самостоятельной работы студента/ Учеб. пособие. ВлГУ, Владимир. – 2003.
2. Практические работы по коллоидной химии. Шиляева Л.П., Судакова Н.Н., Белоусова В.Н., Минакова Т.С., Мамонтов Г.В. Учебное пособие. 2015. 244 стр.
3. Практикум по коллоидной химии. Кириченко О.А. Учебное пособие. 2012. 110 стр.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Коллоидная химия поверхностно-активных веществ. Вережников В.Н., Гермашева И.И., Крысин М.Ю. Учебное пособие. 2015, 304 стр.
2. Коллоидная химия. Романенко Е.С., Францева Н.Н., Безгтна Е.В. Учебное пособие. 2013., 52 с.



3. Нуштаев А.В. Лабораторный практикум по физической и коллоидной химии. 2012, 80 с. (Библиотека ВлГУ)
4. Практикум по коллоидной химии. Учебное пособие для вузов. Должникова В.Д., Задымова Н.М., Лопатина Л.И. 2012., 288 с. (Библиотека ВлГУ)
5. Практикум по коллоидной химии. Кириченко О.А. 2012., 110 с. (Библиотека ВлГУ)

б) дополнительная литература:

1. Курс коллоидной химии. Фридрихсберг Д.А. Учебник. 2010. 416 с. (Библиотека ВлГУ)
2. Физическая и коллоидная химия. Маринкина Г.А., Полякова Н.П., Коваль Ю.И. Учебное пособие. 2009., 151 с.
3. Основы биофизической и коллоидной химии. Учебное пособие. Барковский Е.В. и др. 2009., 160 с.
4. Оствальд В. Краткое практическое руководство по коллоидной химии., 2010 г. 86 с. (Библиотека ВлГУ)

в) периодические издания:

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

г) 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/>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве материально – технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, набор слайдов, демонстрационные приборы.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 04.04.01 - Химия

Рабочую программу составил Кухтин Кухтин Б.А.

Рецензент: ООО «БМТ», к.х.н., науч. сотрудник Третьяков Третьяков А.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химии протокол № 3/а от 27.10.2015.

Заведующий кафедрой Кухтин Кухтин Б.А.

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

Протокол № 3/2 от 28.10.2015.

Председатель комиссии Кухтин Кухтин Б.А.

#### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ

#### РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИКО - ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год.

Протокол заседания кафедры № 2 от 5.09.16 года.

Заведующий кафедрой Кухтин

Рабочая программа одобрена на 2017/2018 учебный год.

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года.

Заведующий кафедрой Кухтин

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



## Рецензия

на рабочую программу дисциплины «Физико-химическая механика» для студентов направления 04.04.01 «Химия» очной формы обучения (автор профессор Кухтин Б.А.)

На рецензирование представлена рабочая программа дисциплины «Физико-химическая механика» профессора кафедры химии Кухтина Б.А. для студентов направления 04.04.01 «Химия» очной формы обучения.

В рабочей программе четко сформулирована цель освоения студентами данной дисциплины и задачи, выполнение которых позволяют достигнуть обозначенную цель.

В соответствии с ФГОС ВО в программе перечислены компетенции, в формировании которых участвует дисциплина. Определены и четко согласованы с соответствующими компетенциями результаты образования.

Объем дисциплины (в зачетных единицах и часах) соответствует учебному плану направления. Тематический план дисциплины представлен с разбиением по неделям с указанием количества всех форм занятий, в том числе в интерактивной форме. Перечислены контрольные мероприятия текущей и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины. В части содержания дисциплины тематический план представлен достаточно подробно, что позволяет составить представление о материале лекционного курса, тематике лабораторных занятий и сделать вывод о том, что содержание дисциплины полностью соответствует современным тенденциям развития науки и техники в области химии.

В рабочей программе содержатся оценочные средства в виде заданий рейтинг-контроля, вопросов к зачету, тематики практических занятий, которые позволяют преподавателю объективно оценить результаты освоения дисциплины в процессе и в конце обучения. Даны методические указания и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента как неотъемлемой составной части образовательного процесса.

Описаны технологии обучения, применяемые автором для активизации образовательного процесса для всех форм занятий: лекций, лабораторных занятий, самостоятельной работы.

В рабочей программе перечислена учебно-методическая литература, рекомендованная автором для изучения дисциплины: основная, которая формирует основные результаты образования и заявленные компетенции, и дополнительная (в том числе Интернет-ресурсы), необходимая для более глубокого освоения основных положений дисциплины и развития творческих и интеллектуальных способностей студентов.

Заявленное в рабочей программе материально-техническое обеспечение позволяет реализовать задачи дисциплины и достигнуть поставленной цели.

Таким образом, представленная рабочая программа дисциплины «Физико-химическая механика» профессора кафедры химии составлена в полном соответствии с требованиями ФГОС ВО и может быть использована при подготовке магистров направления 04.04.01 «Химия»

Рецензент \_\_\_\_\_ научный сотрудник ООО «БМТ», к.х.н. Третьяков А.В.

