

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

АПАТИТСКИЙ ФИЛИАЛ

Методические указания к самостоятельной работе студентов

По дисциплине: Б1.В.03 ДВ.03.02 Физико-химическая механика и механохимия
указывается цикл (раздел) ОП, к которому относится дисциплина, название дисциплины

для направления подготовки (специальности) 04.03.01 Химия
код и наименование направления подготовки (специальности)

Неорганическая химия и химия координационных соединений
наименование профиля /специализаций/образовательной программы

Квалификация выпускника, уровень подготовки бакалавр
(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО)

Кафедра - разработчик: химии и строительного материаловедения
название кафедры - разработчика рабочей программы

Разработчик(и) А.М. Калинин, профессор, д.х.н.
ФИО, должность, ученая степень, (звание)

Пояснительная записка

1 **Методические указания составлены** на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 Химия, утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 17 июля 2017 года, № 671, учебного плана в составе ОП по направлению подготовки 04.03.01 Химия, профилю «Неорганическая химия и химия координационных соединений».

2. Цели и задачи учебной дисциплины (модуля).

Целью дисциплины (модуля) «Физико-химическая механика и механохимия» является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра и рабочим учебным планом направления 04.03.01 Химия, что предполагает освоение обучающимися теоретических знаний в области основных закономерностей образования дисперсных систем и механохимии.

Задачи дисциплины (модуля):

- усвоение студентами основ физико-химической механики и механохимии;
- ознакомление с методами практических расчетов, применяемых в физико-химической механике и механохимии

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Физико-химическая механика и механохимия»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 Химия:

ПК-1-т Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации

Результаты формирования компетенций и планируемые результаты обучения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Результаты обучения
1.	ПК-1-т Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и компетенция реализуется полностью	Знать: принципы определения реологических и других физико-механических свойств систем Уметь: выбирать технические средства, а также анализировать и интерпретировать результаты экспериментов и испытаний на основе методов физико-химической механики дисперсных систем Владеть: методологией выбора оптимального метода испытания конкретного объекта и методикой его проведения Индикаторы сформированности компетенций в реализуемой части: ПК-1-т-1. Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР в части,

		<p>связанной с реологическими и другими физико-механическими свойствами систем</p> <p>ПК-1-т-2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР в части, связанной с реологическими и другими физико-механическими свойствами систем</p> <p>ПК-1-т-3. Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР в части, связанной с определением реологических и других физико-механических свойств систем</p>
--	--	--

Таблица 2 – Тематический план

№ п/п	Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов
1	2	3
1.	Дисперсные системы, их общая классификация и свойства. Поверхностные явления в дисперсных системах. Поверхностная энергия и ее природа.	6
2.	Реологический метод исследования структуры дисперсных систем. Основные понятия и идеальные законы реологии.	6
3.	Моделирование реологических свойств тел.	3
4.	Классификации дисперсных систем по структурно-механическим свойствам Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем	6
5.	Реологические свойства твердообразных систем	2
6.	Эффект Ребиндера. Структурно-механические свойства кристаллов. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Роль реальной структуры твердого тела и внешних условий в проявлении эффектов адсорбционного влияния на механические свойства твердых тел.	3
7.	Основы механохимии. Диспергирование и механоактивация твердых тел. Физико-химические явления, сопровождающие тонкое диспергирование и механоактивацию твердых тел.	2
	Итого:	28

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п\п	Название учебников, учебных пособий и других источников	Авторы (под ред.)	Издательство	Год издания
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Коллоидная химия.	Б.Д. Сумм	Academia	2013
2.	Коллоидная химия.	Е.Д. Шукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина	М.: Высшая школа	2007
3.	Физическая и коллоидная химия	Кругляков П. М., Хаскова Т. Н.	М.: Высшая школа	2007
4.	Нанохимия http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785211053724.html?SSr=010134171b106b0b2512518	Г.Б. Сергеев	М., Университет.	2007
Дополнительная литература				
1.	Коллоидная химия	Гельфман М. И., Ковалевич О. В., Юстратов В. П.	Лань	2003
2.	Практикум по коллоидной химии : Методические указания и задания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 020101 "Химия"	Печенюк С.И.	Мурманск : МГТУ	2011
3.	Физико-химия наноструктурных материалов http://www.studentlibrary.ru/book/MIS044.html?SSr=010134171b106b0b2512518	Лёвина В.В.	М. : МИСиС	2010

СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема: 1

Вопросы для самоконтроля:

1. Классификация дисперсных систем.
2. Поверхностные явления в дисперсных системах.
3. Поверхностное натяжение и методы его определения

Рекомендуемая литература:

Основная:

1. Б.Д. Сумм Коллоидная химия.

Дополнительная:

1. Гельфман М. И., Ковалевич О. В., Юстратов В. П. Коллоидная химия

Тема: 2

Вопросы для самоконтроля:

1. Основные понятия и идеальные законы реологии.
2. Идеально упругое тело Гука.
3. Идеально вязкое тело Ньютона.
4. Идеально пластическое тело Сен-Венана – Кулона.

Рекомендуемая литература:

Основная:

1. Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина Коллоидная химия.

Тема: 3

Вопросы для самоконтроля:

1. Методы моделирования реологических свойств тел.
2. Модель упруговязкого тела Максвелла.
3. Модель вязкоупругого тела Кельвина-Фойгта.
4. Модель вязкопластического тела Бингама.

Рекомендуемая литература:

Основная:

1. Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина Коллоидная химия.

Тема: 4

Вопросы для самоконтроля:

1. Классификации дисперсных систем по структурно-механическим свойствам.
2. Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем.
3. Реологические свойства структурированных жидкообразных систем. Реологические кривые суспензий кварца в смеси тетрачлорэтана и смеси тетрабромэтана.
4. Реологические кривые для дисперсии охра-вода.

Рекомендуемая литература:

Основная:

1. Кругляков П. М., Хаскова Т. Н. Физическая и коллоидная химия

Дополнительная:

1. Гельфман М. И., Ковалевич О. В., Юстратов В. П. Коллоидная химия

Тема: 5

Вопросы для самоконтроля:

1. Реологические свойства твердообразных систем.
2. Свойства глинистых минералов как природных дисперсных систем.
3. Образование структур при твердении минеральных вяжущих.
4. Композиционные материалы. Вулканизация.

Рекомендуемая литература:

Основная:

1. Кругляков П. М., Хаскова Т. Н. Физическая и коллоидная химия

Дополнительная:

1. Гельфман М. И., Ковалевич О. В., Юстратов В. П. Коллоидная химия

Тема: 6

Вопросы для самоконтроля:

Структура и механические свойства кристаллов.

1. Эффект Ребиндера.
2. Закономерности адсорбции поверхностно-активных веществ.
3. Поверхностные явления в металлах.
4. Влияние природы твердого тела и среды на проявление адсорбционного понижения прочности.
5. Условия проявления эффекта Ребиндера.
6. Пластифицирование металлов под действием органических ПАВ.

Рекомендуемая литература:

Основная:

- Е.Д. Шукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина Коллоидная химия.

Дополнительная:

1. Лёвина В.В. Физико-химия наноструктурных материалов

Тема: 7

Вопросы для самоконтроля:

1. Закономерности диспергирования твердых тел.
2. Механохимические явления при тонком измельчении

Рекомендуемая литература:

Основная:

1. Е.Д. Шукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина Коллоидная химия.

Дополнительная:

1. Лёвина В.В. Физико-химия наноструктурных материалов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Задачи для контрольных работ.

Контрольная работа 1:

1. Чему равняется вязкость идеальной жидкости (в пуазах), если при наложении напряжения $P = 40$ Па скорость развития деформации составляет 8000 с^{-1} ?
2. Определить вязкость структурированной жидкости (в пуазах), описываемой моделью Максвелла, модуль упругости которой составляет $E = 5 \cdot 10^2$ Па, если за время $\tau = 0.055$ с начальное напряжение $P_0 = 600 \text{ дин} \cdot \text{см}^{-2}$ уменьшилось до $P = 200 \text{ дин} \cdot \text{см}^{-2}$.
3. Вычислить время релаксации деформации и вязкость в Па·с упруговязкого тела Кельвина-Фойгта, если за время $\tau = 0.28$ с при постоянном напряжении $P_0 = 250$ Па величина одномерной деформации γ составила 0.92 . Модуль упругости E равен $2000 \text{ дин} \cdot \text{см}^{-2}$.
4. Определить предел текучести P_T в Па и ньютоновскую вязкость η в Па·с вязкопластического тела Бингама, если при приложенном напряжении $P = 1400 \text{ дин} \cdot \text{см}^{-2}$ скорость деформации составляет 3.5 с^{-1} . Пластическая вязкость η^* равна $15 \text{ Па} \cdot \text{с}$.
5. Вычислить модуль упругости идеально упругого тела в $\text{дин} \cdot \text{см}^{-2}$, при условии, что приложенное напряжение $P = 684$ Па, а одномерная деформация $\gamma = 0,14$.
6. Ньютоновская вязкость вязкопластического тела Бингама равна $\eta = 19,9 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Вычислить приложенное напряжение P и предел текучести P_T в $\text{дин} \cdot \text{см}^{-2}$, если пластическая вязкость равна $\eta^* = 16,4 \text{ Па} \cdot \text{с}$, а скорость деформации составляет $7,8 \text{ с}^{-1}$.
7. Вычислить модуль упругости структурированной жидкости (в Па) с вязкостью $\eta = 88 \text{ П}$, если за время $\tau = 0.191$ с начальное напряжение $P_0 = 223$ Па уменьшилось до $P = 31$ Па. Структурированная жидкость описывается моделью Максвелла.
8. Определить модуль упругости (в Па) и вязкость (в Па·с) тела Кельвина-Фойгта, если при постоянном напряжении $P_0 = 2311 \text{ дин} \cdot \text{см}^{-2}$ за время $\tau = 0.093$ с величина одномерной деформации $\gamma = 3,12$. Время релаксации деформации $\theta = 0,207$ с.
9. Вычислить одномерную деформацию идеально упругого тела, имеющего модуль упругости $E = 5 \cdot 10^4 \text{ дин} \cdot \text{см}^{-2}$, если к нему приложено напряжение $P = 15 \cdot 10^3$ Па.
10. Определить ньютоновскую вязкость η в П и скорость деформации вязкопластического тела Бингама, если пластическая вязкость η^* равна 183 П , предел текучести $P_T = 134,4$ Па, а приложенное напряжение $P = 195,0$ Па.
11. Рассчитать модуль упругости дисперсии E в $\text{дин} \cdot \text{см}^{-2}$, если известно, что вязкость дисперсии $\eta = 9,3 \text{ Па} \cdot \text{с}$ и за время $\tau = 0.34$ с начальное напряжение $P_0 = 318$ Па уменьшилось до $P = 17$ Па. Дисперсия описывается моделью Максвелла.
12. Вычислить вязкость дисперсии (в Па·с), которая описывается моделью упруговязкого тела Кельвина-Фойгта, если при постоянном напряжении $P_0 = 294,7$ Па за время $\tau = 0,069$ с величина одномерной деформации γ составила $0,92$. Модуль упругости E равен $362 \text{ дин} \cdot \text{см}^{-2}$.
13. Вычислить остаточное напряжение (в Па) в упруговязкой дисперсии, описываемой моделью Максвелла, за время $\tau = 0.017$ с, если начальное напряжение $P_0 = 734 \text{ дин} \cdot \text{см}^{-2}$, вязкость равна $\eta = 49,7 \text{ Па} \cdot \text{с}$, модуль упругости E равен $14,4 \cdot 10^3 \text{ дин} \cdot \text{см}^{-2}$.
14. Определить скорость деформации идеальной жидкости, если к ней приложено напряжение $P = 15,4$ Па, а вязкость равна $\eta = 0,23 \text{ П}$.

15. Вычислить одномерную деформацию и время релаксации вязкоупругого тела Кельвина-Фойгта при постоянном напряжении $P_0 = 64,7$ Па за время $\tau = 0.244$ с, если вязкость равна $\eta = 34,1$ П, модуль упругости E равен $18,9$ Па.

Контрольная работа 2:

1. Вычислить ньютоновскую и пластическую вязкость тела Бингама в Па·с, если при приложенном напряжении $P = 4811$ дин·см⁻² и пределе текучести $P_T = 1948$ дин·см⁻² скорость деформации составляет $16,4$ с⁻¹.
2. Вычислить время релаксации деформации и вязкость в Па·с упруговязкого тела Кельвина-Фойгта, если за время $\tau = 0.28$ с при постоянном напряжении $P_0 = 250$ Па величина одномерной деформации γ составила 0.92 . Модуль упругости E равен 2000 дин·см⁻².
3. Определить предел текучести P_T в Па и ньютоновскую вязкость η в Па·с вязкопластического тела Бингама, если при приложенном напряжении $P = 1400$ дин·см⁻² скорость деформации составляет 3.5 с⁻¹. Пластическая вязкость η^* равна 15 Па·с.
4. Определить константу K модели Оствальда-Вейля и ньютоновскую вязкость (в пузах) дилатантной жидкости, если при напряжении $P = 27.5$ Па скорость деформации составляет 1.9 с⁻¹. Параметр n равен 3 .
5. Вычислить вязкость η и удельную вязкость $\eta_{уд}$ для 10.7% раствора полимера согласно уравнению Мартина, если характеристическая вязкость $[\eta] = 0.69$ (%)⁻¹, постоянная Мартина $K_M = 0.08$, вязкость растворителя $\eta_0 = 8.4$ П.
6. 3. Вычислить согласно соотношению Марка-Куна-Хаувинка молекулярную массу полимера, если его раствор имеет характеристическую вязкость $[\eta] = 19.8$ (%)⁻¹, постоянная $K = 3.96$ (%)⁻¹·(г)^{-1/3}·(моль)^{1/3}.
7. Удельная вязкость 0.12 % раствора полимера, имеющего палочкообразную форму и молекулярную массу $M = 119$ г·моль⁻¹, составляет $\eta_{уд} = 22.40$. На основе уравнения Штаудингера определить молекулярную массу полимера этого же ряда, если 0.09 % раствор этого полимера имеет удельную вязкость 12.43 .
8. Определить постоянную Мартина K_M для $6,2\%$ раствора полимера, удельная вязкость которого $\eta_{уд} = 30,9$, а характеристическая вязкость $[\eta] = 1,15$ (%)⁻¹.
9. Вычислить удельную вязкость $\eta_{уд}$ и относительную вязкость $\eta_{отн}$ для раствора полимера с концентрацией $C = 19,4$ %, если характеристическая вязкость $[\eta] = 0,95$ (%)⁻¹, постоянная Мартина $K_M = 0,089$.
10. Ньютоновская вязкость дилатантной жидкости, которая описывается моделью Оствальда-Вейля, равна $\eta = 93$ П. Определить постоянную K модели и скорость деформации, если напряжение $P = 100,7$ Па, величина параметра n равна $2,8$.
11. Определить константу K модели Оствальда-Вейля и ньютоновскую вязкость (в пузах) дилатантной жидкости, если при напряжении $P = 27.5$ Па скорость деформации составляет 1.9 с⁻¹. Параметр n равен 3 .
12. Вычислить вязкость η и удельную вязкость $\eta_{уд}$ для 10.7% раствора полимера согласно уравнению Мартина, если характеристическая вязкость $[\eta] = 0.69$ (%)⁻¹, постоянная Мартина $K_M = 0.08$, вязкость растворителя $\eta_0 = 8.4$ П.
13. Определить скорость развития деформации и ньютоновскую вязкость (в П) дилатантной жидкости, которая описывается моделью Оствальда-Вейля, если к ней приложено напряжение $P = 165,7$ Па. Параметр n равен $3,1$; величина $K = 2,95$ дин·см⁻²·с^{3,1}.
14. Вычислить вязкость раствора полимера (в П), а также его удельную $\eta_{уд}$ и относительную вязкость $\eta_{отн}$, если концентрация раствора $C = 7,78$ %, характеристическая вязкость $[\eta] = 0,84$ (%)⁻¹, постоянная Мартина $K_M = 0,143$, вязкость растворителя $\eta_0 = 16,4$ Па·с.

15. Рассчитать ньютоновскую вязкость в П и скорость развития деформации псевдопластической жидкости, которая описывается моделью Оствальда-Вейля, если приложенное напряжение $P = 154,3$ Па, параметр K равен $265 \text{ дин}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{с}^{1/2}$, параметр n равен $0,5$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дисперсные системы, их общая классификация и свойства.
2. Поверхностные явления в дисперсных системах. Поверхностная энергия и ее природа.
3. Поверхностное натяжение и методы его определения.
4. Основные понятия и идеальные законы реологии. Идеально упругое тело Гука. Идеально вязкое тело Ньютона. Идеально пластическое тело Сен-Венана – Кулона.
5. Моделирование реологических свойств тел. Модели упруговязкого тела Максвелла, вязкоупругого тела Кельвина-Фойгта, вязкопластического тела Бингама.
6. Классификации дисперсных систем по структурно-механическим свойствам. Конденсационно-кристаллизационные и коагуляционные структуры. Типичные кривые течения жидкообразных и твердообразных тел. Тиксотропия и реопексия.
7. Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем. Уравнения Эйнштейна, Штаудингера, соотношение Марка-Куна-Хаувинка. Уравнение Мартина.
8. Реологические свойства структурированных жидкообразных систем. Реологические кривые суспензий кварца в смеси тетрачлорэтана и смеси тетрабромэтана. Реологические кривые для дисперсии охра-вода.
9. Реологические свойства твердообразных систем. Типичные кривые течения твердообразных дисперсных систем. Гели, студни. Явление синерезиса.
10. Свойства глинистых минералов как природных дисперсных систем.
11. Образование структур при твердении минеральных вяжущих. Спекание. Структурообразование в полимерах.
12. Композиционные материалы. Вулканизация.
13. Структура и механические свойства кристаллов. Растяжение монокристаллов и поликристаллических тел. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Уравнение Гриффитса. Дислокации.
14. Эффект Ребиндера. Опыты с монокристаллами цинка.
15. Закономерности адсорбции поверхностно-активных веществ. Правило Дюкло-Траубе. Уравнение Гиббса. Уравнение Лэнгмюра.
16. Поверхностные явления в металлах. Адсорбция на твердой поверхности. Причины понижения прочности металлов.
17. Влияние природы твердого тела и среды на проявление адсорбционного понижения прочности. Ионные кристаллы. Молекулярные кристаллы. Металлы и некоторые ковалентные кристаллы.
18. Условия проявления эффекта Ребиндера. Кинетические условия. Влияние температуры, скорости деформации, примесей. Действие радиации.
19. Пластифицирование металлов под действием органических ПАВ.

20. Закономерности диспергирования твердых тел. Аппараты для диспергирования и механоактивации. Основные закономерности механоактивации минералов.

Вопросы к зачету

1. Дисперсные системы, их общая классификация и свойства.
2. Поверхностные явления в дисперсных системах. Поверхностная энергия и ее природа.
3. Уравнение Лапласа и капиллярные эффекты. Уравнение Томсона (Кельвина), пересыщение и зародышеобразование.
4. Реологический метод исследования структуры дисперсных систем. Основные понятия и идеальные законы реологии.
5. Моделирование реологических свойств тел.
6. Классификации дисперсных систем по структурно-механическим свойствам
7. Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем
8. Реологические свойства структурированных жидкостей
9. Реологические свойства твердообразных систем
10. Свойства глинистых минералов как природных дисперсных систем
11. Образование структур при твердении минеральных вяжущих материалов. Композиционные материалы.
12. Эффект Ребиндера. Структурно-механические свойства кристаллов. Теоретическая и реальная прочность твердых тел.
13. Роль реальной структуры твердого тела и внешних условий в проявлении эффектов адсорбционного влияния на механические свойства твердых тел.
14. Эффект адсорбционного понижения прочности в металлических системах и условия его проявления.
15. Влияние органических поверхностно-активных веществ на механические свойства металлов. Пластифицирование металлов.
16. Адсорбционное понижение прочности неметаллов. Процессы диспергирования в природе и технике.
17. Физико-химические явления, сопровождающие тонкое диспергирование и механоактивацию твердых тел.
18. Аппараты для диспергирования и механоактивации твердых тел. Основные закономерности механоактивации минералов.
19. Получение нанокристаллических порошков физическими и химическими методами.
20. Получение компактных нанокристаллических материалов.