

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сахалинский государственный университет»

Кафедра геологии и нефтегазового дела

Утверждаю
Руководитель основной профессиональной
образовательной программы



Попова Я.П.

«27» мая 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины (модуля)

Б1.О.28 «Многофазные дисперсные системы»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

05.03.01 Геология

(код и наименование направления подготовки)

Геология нефти и газа

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Южно-Сахалинск, 2025

Рабочая программа дисциплины Б1.О.28 «Многофазные дисперсные системы» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 05.03.01 Геология

Программу составила:

Денисова Янина Вячеславовна, к.б.н., доцент ВАК

И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание подпись



Рабочая программа дисциплины «Многофазные дисперсные системы» утверждена на заседании кафедры Геологии и нефтегазового дела протокол № 9 от «27» мая 2025 г.

Заведующий кафедрой

геологии и нефтегазового дела, к.б.н., доцент



Денисова Я.В.

© ФГБОУ ВО «СахГУ»

1 Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины – сформировать представления у студентов об основных закономерностях состава, строения и свойствах многофазных дисперсных систем из области нефтегазового дела.

Задачи дисциплины:

- 1) освоить особенности состава, строения и свойства многофазных дисперсных систем из области нефтегазового дела;
- 2) выявить направления использования полученных знаний о многофазных дисперсных системах в профессиональной деятельности будущего специалиста.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина (модуль) относится к базовой части блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана 05.03.01 Геология, профиль Геология нефти и газа.

Пререквизиты дисциплины: Исследование вещественного состава горных пород, Математика, Физика, Общая геология.

Постреквизиты дисциплины: Горючие полезные ископаемые, Геохимия нефти и газа, Основы разработки нефтяных и газовых месторождений, Разработка нефтяных и газовых месторождений, Основы геологического моделирования, Моделирование геологических процессов с помощью компьютерных технологий, подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена.

3 Формируемые компетенции и индикаторы их достижения по дисциплине

Коды компетенции	Содержание компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК - 1	Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач	ОПК-1.1. Знает основные понятия и закономерности дисциплин естественно-научного и математического циклов. ОПК-1.2. Умеет применять закономерности дисциплин естественно-научного и математического циклов для решения профессиональных задач в области геологии. ОПК-1.3. Владеет способностью применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач в области геологии.

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 2 зачетные единицы (72 академических часа).

Заочная форма обучения

Вид работы	Трудоемкость, акад. часов	
	4 семестр	всего
Общая трудоемкость	72	72
Контактная работа:	13	13
Лекции (Лек)	4	4
Лабораторные работы (Лаб)	8	8

Вид работы	Трудоемкость, акад. часов	
	4 семестр	всего
Контактная работа в период теоретического обучения (КонтТО):		
КонтПА	1	1
Контроль	3	3
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен, зачет с оценкой)	Зачет с оценкой	Зачет с оценкой
Самостоятельная работа:	56	56
- выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ)- «Дисперсные системы в нефтегазовом деле»	5	5
- самостоятельное изучение разделов	47	47
- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий);	2	2
- подготовка к лабораторным занятиям	2	2

4.2 Распределение видов работы и их трудоемкости по разделам дисциплины

заочная форма обучения

№ п/п	Раздел дисциплины/ темы	семестр	Виды учебной работы (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации
			контактная			СР	
			Лекции	ЛЗ	КонтТО		
1	Введение. Характеристика дисперсных систем	4	1	1	0	4	Блиц-опрос, дискуссия, практическое задание, творческое задание
2	Термодинамика поверхностных явлений.	4	0	0		6	Блиц-опрос, дискуссия
3	Основные закономерности адсорбции.	4	0	1		5	Блиц-опрос, дискуссия
4	Получение, стабилизация и очистка дисперсных систем	4	1	1		4	Блиц-опрос, дискуссия, тест, практическое задание
5	Молекулярно- кинетические свойства дисперсных систем	4	0	0		7	Блиц-опрос, дискуссия
6	Оптические свойства дисперсных систем.	4	0	1		5	Блиц-опрос, дискуссия
7	Электрокинетические свойства дисперсных систем	4	0	1		5	Блиц-опрос, дискуссия
8	Устойчивость дисперсных систем	4	1	1		4	Блиц-опрос, дискуссия, тест, практическое задание

9	Коллоидная химия высокомолекулярных соединений (ВМС)	4	0	1		5	Блиц-опрос, дискуссия
10	Особенности отдельных представителей дисперсных систем	4	1	1		5	Блиц-опрос, дискуссия, практическое задание
11	Коллоидные поверхностно-активные вещества (ПАВ)	4	0	0		6	Блиц-опрос, дискуссия
	<i>Зачет с оценкой</i>	4					<i>Зачет по вопросам</i>
	Итого: 72		4	8		56	

4.3 Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Общая характеристика дисперсных систем.

Предмет и содержание курса коллоидной химии. Краткая история развития коллоидной химии. Отличительные признаки объектов коллоидной химии: гетерогенность и дисперсность. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсной среды, по концентрации частиц дисперсной фазы, по среднему размеру частиц дисперсной фазы, по фракционному составу частиц дисперсной фазы, по характеру взаимодействия дисперсной фазы и дисперсионной среды (лиофильные и лиофобные системы), по характеру распределения фаз.

Тема 2. Поверхностное натяжение.

Граница раздела фаз, ее силовое поле. Удельная свободная поверхностная энергия и поверхностное натяжение как характеристики этого поля. Факторы, влияющие на поверхностное натяжение. Способы определения поверхностного натяжения (по углу смачивания, капиллярное поднятие, метод отрыва капли).

Тема 3. Основные закономерности адсорбции.

Адсорбция как поверхностное явление. Причины и виды адсорбции. Физическая, химическая адсорбция, ионный обмен. Фундаментальное уравнение адсорбции Гиббса. Поверхностное натяжение ПАВ. Эмпирические уравнения Генри и Фрейндлиха. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Теория полимолекулярной адсорбции Поляни.

Тема 4. Получение, стабилизация и очистка дисперсных систем.

Диспергационные методы (пептизация, встряхивание, перемешивание, ультразвук, распыление через мелкие отверстия, барботирование и др.). Конденсационные методы (физическая конденсация, метод замены растворителя, химические конденсационные методы). Методы стабилизации дисперсных систем. Методы очистки дисперсных систем (диализ, электродиализ, ультрафильтрация).

Тема 5. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем.

Вязкость, броуновское движение и диффузия в коллоидных системах. Закон Фика. Седиментационно-диффузное равновесие дисперсных систем.

Тема 6. Оптические свойства дисперсных систем.

Классификация явлений, наблюдаемых при прохождении света через дисперсную систему. Рассеяние и поглощение света. Опалесценция и флуоресценция. Оптические методы определения размеров частиц золя и исследования свойств дисперсных систем: турбидиметрия, нефелометрия, ультрамикроскопия.

Тема 7. Электрокинетические свойства дисперсных систем.

Электрокинетические явления в дисперсных системах: электрофорез, электроосмос, потенциалы седиментации и протекания. Механизмы образования и строение двойного электрического слоя на границе раздела фаз. Электрокинетический потенциал. Мицеллообразование в дисперсных системах, строение мицеллы. Влияние электролитов на электрический потенциал. Специфическая адсорбция, перезарядка поверхности, изоэлектрическое состояние. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского.

Практическое использование электрокинетических явлений.

Тема 8. Устойчивость дисперсных систем.

Агрегативная и седиментационная устойчивость дисперсных систем. Процессы, нарушающие агрегативную устойчивость: коагуляция, коалесценция. Кинетика быстрой и медленной коагуляции. Современная теория коагуляции лиофобных золь электролитами (теория ДЛФО). Правила Шульце-Гарди. Коагуляция электролитами, ее основные закономерности.

Тема 9. Коллоидная химия высокомолекулярных соединений (ВМС).

Особенности строения молекул ВМС. Свойства растворов ВМС. Зависимость вязкости растворов ВМС от концентрации. Определение вязкости растворов ВМС. Важнейшие природные и синтетические ВМС.

Тема 10. Особенности отдельных представителей дисперсных систем.

А. Системы с жидкой дисперсной средой.

Суспензии и золи, их сходство и различия. Устойчивость и коагуляция золь в технологических процессах и в природе, использование в процессах водоочистки. Пасты как структурированные системы.

Эмульсии прямые и обратные. Способность к самопроизвольному образованию. Стабилизаторы эмульсий. Обращение фаз в эмульсиях. Значение эмульсий для жизнедеятельности живых организмов. Применение эмульсий. Деэмульгирование.

Пены. Строение, свойства и особенности пен. Устойчивость пен. Методы разрушения. Получение и применение пен.

Б. Системы с газообразной дисперсионной средой.

Аэрозоли. Образование, особенности строения, свойства. Практическое значение аэрозолей. Аэрозоли и охрана окружающей среды. Методы разрушения и улавливания аэрозолей. Борьба с загрязнением атмосферы.

Твердые пены.

Тема 11. Коллоидные поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Особенности и классификация коллоидных ПАВ. Примеры природных и синтетических ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования, ее определение. Механизм моющего действия. Мицеллообразование и солубилизация. Применение коллоидных ПАВ.

4.4 Темы и планы лабораторных занятий

Лабораторное занятие 1.

ЗНАКОМСТВО С КОЛЛЕКЦИЕЙ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Цель работы: исследовать особенности строения дисперсных систем нефтегазовой отрасли с помощью визуального и микроскопического методов исследования.

1. Изучить коллекцию образцов нефти, выявить особенности физических свойств.
2. Изучить коллекцию продуктов нефтепереработки
3. Изучить коллекцию нефтесорбентов
4. Изучить коллекцию сплавов
5. Изучить коллекцию буровых растворов

Лабораторное занятие 2.

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ

Цель работы: изучить основные способы определения поверхностного натяжения.

1. Составить схему и выявить сущность основных методов поверхностного натяжения.
2. Решить задачи практического характера

Лабораторное занятие 3.

ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ НА ПОВЕРХНОСТИ УГЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИ ПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Цель работы: количественно изучить характер зависимости адсорбции уксусной кислоты на поверхности угля в зависимости от концентрации при постоянной температуре; по экспериментальным данным построить изотерму адсорбции.

Контрольные вопросы:

1. Назовите особенности протекания адсорбции на границе твердое тело-раствор по сравнению с адсорбцией на границе твердое тело – газ?
2. Как адсорбируются неэлектролиты и электролиты?
3. От чего зависит адсорбционная способность?
4. Почему при адсорбции из раствора молекулы адсорбтива и растворителя являются конкурентами?
5. Что является критерием адсорбируемости вещества?
6. Какие адсорбтивы лучше адсорбируют неполярные и полярные адсорбенты?
7. Верно ли утверждение; «Чем больше разность полярностей между растворимым веществом и растворителем, а, следовательно, меньше растворимость вещества, тем лучше оно будет адсорбироваться, и, наоборот, чем лучше растворитель растворяет адсорбтив, тем хуже в этой среде протекает его адсорбция»?
8. Как изменяется адсорбция из раствора с увеличением температуры?
9. Возрастает или убывает способность адсорбироваться с увеличением молярной массы вещества?
10. Как влияют на адсорбционную способность увеличение числа двойных связей и гидроксильных групп?
11. Приведите примеры практического применения адсорбционных явлений в нефтегазовой промышленности.
12. Перечислите наиболее часто используемые промышленные адсорбенты.

Лабораторное занятие 4.

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ АДСОРБЦИИ. ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА АДСОРБЦИЮ

Цель работы: наблюдение адсорбции из растворов, содержащих смеси веществ. Сравнить адсорбционную способность катионов тяжелых и легких металлов. Усвоить понятие селективности адсорбции, и чем оно определяется.

Контрольные вопросы:

1. Катионы каких металлов – легких или тяжелых – адсорбируются лучше и почему?
2. В чем принцип избирательной адсорбции?
3. Каков состав и структура полярных и аполярных адсорбентов? Приведите примеры адсорбентов?
4. Сформулируйте первое правило К. Фаянса, Ф.Панета и Н.П. Пескова?
5. Что такое лиотропные ряды (или ряды Гофмейстера)? Приведите примеры лиотропных рядов ионов.
6. Какие адсорбенты относятся к специфичным? Приведите примеры.
7. Что такое селективность адсорбента?
8. Что такое элюотропный ряд Траппе?.

Лабораторное занятие 5.

ХРОМАТОГРАФИЯ БУМАЖНАЯ. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СМЕСИ КАТИОНОВ Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ НА БУМАГЕ

Цель работы: Определить качественный состав смеси и установить порядок расположения зон соответствующих ионов. Разделить смесь катионов на компоненты методом бумажной хроматографии.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность метода хроматографии?
2. Какие физические процессы лежат в основе хроматографии
3. Что такое электрофорез и гель-хроматография?
4. В чем преимущества осадочной хроматографии?
5. Объясните сущность проявительного метода хроматографии.
6. Что представляет собой хроматографическая разделительная колонка?
7. От чего зависит чувствительность и точность хроматографической.

Лабораторное занятие 6.

ПОЛУЧЕНИЕ ЛИОФОБНЫХ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ

Цель работы: приготовить золи различными способами (методом конденсации и диспергирования) и изучить оптические свойства полученных коллоидных растворов.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение терминам «дисперсная система», «коллоидный раствор», «золь»?
2. Охарактеризуйте нефтяной шлам как дисперсную систему. Учтите тот факт, что дисперсная фаза может быть минерального и органического происхождения.
3. Какими методами можно получить лиофобные коллоидные растворы?
4. В чем отличие методов диспергирования от конденсационных методов?
5. Что такое стабилизатор?
6. Какие способы получения коллоидных систем относятся к методам конденсации?
7. Каковы основные условия образования золь методом химической конденсации?
8. Что такое опалесценция?
9. Объясните, почему цвет опалесценции золь преимущественно голубой?

Лабораторное занятие 7.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕАГИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ

Цель работы: выявить влияние концентраций реагирующих веществ на образование коллоидных растворов

Контрольные вопросы:

1. Объясните особенности влияния концентрации реагирующих веществ на образование золя, осадка и геля берлинской лазури.
2. Какие системы образуются при средних концентрациях реагирующих веществ?
3. При каких концентрациях получают коллоидные системы?
4. Что такое «бингамовская жидкость»?
5. Какими свойствами должны обладать гелевые поршни, применяемые для очистки трубопроводов?

Лабораторное занятие 8.

ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОФИЛЬНЫХ ЗОЛЕЙ И ИХ СВОЙСТВА

Цель работы: опытным путем получить некоторые лиофильные золи и ознакомиться с их свойствами.

Контрольные вопросы:

1. Какими способами можно получить лиофильные золи?
2. Какими свойствами обладают лиофильные золи?
3. Что является условием перехода лиофильных растворов в гели?
4. Что такое тиксотропия?

Лабораторное занятие 9.**ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ЭМУЛЬСИЙ**

Цель работы: опытным путем получить эмульсии, определить их тип, объяснить их строение и устойчивость

Контрольные вопросы:

1. Назовите особенности строения и свойств эмульсий?
2. Какими методами можно получить эмульсии?
3. Какие типы эмульсий известны?
4. В чем сущность явления обращения фаз эмульсий или инверсия?
5. Приведите примеры ПАВ, оказывающих стабилизирующее действие на эмульсии.
6. Что такое коалесценция?
7. Где и при каких условиях начинается образование эмульсии нефти и пластовой воды в условиях промысла?
8. Приведите примеры природных эмульгаторов.
9. Перечислите несколько методов разрушения эмульсий.
10. Объясните понятие «флокуляция», «сепарация». Приведите примеры этих процессов в условиях добычи и подготовки продукции нефтяных скважин.
11. Для чего воду, закачиваемую в нефтяной пласт, обрабатывают ПАВ.

Лабораторное занятие 10.**МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ**

Цель работы: изучить основные молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем.

1. Рассмотреть методы изучения молекулярно-кинетических свойств.
2. Решить задачи практического характера

Лабораторное занятие 11.**ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ**

Цель работы: изучить основные оптические свойства дисперсных систем.

1. Изучить эффект Тиндаля.
2. Решить задачи практического характера

Лабораторное занятие 12.**ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ**

Цель работы: изучить основные электрокинетические свойства дисперсных систем.

1. Решить задачи практического характера

Лабораторное занятие 13.**КОАГУЛЯЦИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА КОАГУЛЯЦИИ ЗОЛЯ ГИДРОКСИДА ЖЕЛЕЗА (III) ВИЗУАЛЬНЫМ МЕТОДОМ**

Цель работы: Ознакомиться с методом коагуляции гидрофобных и гидрофильных зольей. Приготовить золь и провести коагуляцию электролитами, содержащими ионы-коагуляторы различной величины заряда. Вычислить порог коагуляции для каждого электролита, содержащего противоионы различной валентности. Проверить выполнение правила Шульце-Гарди.

Контрольные вопросы:

1. Какие методы коагуляции гидрофобных и гидрофильных золей вам известны?
2. Что такое агрегативная и молекулярно-кинетическая устойчивость? От чего они зависят?
3. Что такое коагуляция и порог коагуляции?
4. От чего зависит коагулирующая способность электролитов?
5. Объясните явление «седиментация»?
6. Какие факторы определяют высокую устойчивость гидрофильных коллоидов?
7. Объясните сущность стадий медленной и быстрой коагуляции?
8. Объясните явление перезарядки золей.
9. При очистке сточных вод применяется коагуляция, т.е. вводятся коагулянты (соли аммония, железа, меди, шламовых отходов). Объясните сущность происходящих физико-химических процессов?

Лабораторное занятие 14.

ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Цель работы: изучить основные оптические свойства дисперсных систем.

1. Провести микроскопическое исследование пен.
2. Провести микроскопическое исследование суспензии.
3. Провести микроскопическое исследование эмульсии разных типов

Лабораторное занятие 15.

КОЛЛОИДНЫЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА (ПАВ)

Цель работы: провести анализ ПАВ, используемых в нефтегазовой отрасли.

1. Исследовать образцы ПАВ.
2. Выявить направления использования ПАВ в нефтегазовой отрасли

5 Темы дисциплины для самостоятельного изучения

Самостоятельное изучение материала проводится по следующим темам:

- 1) Способы определения поверхностного натяжения (по углу смачивания, капиллярное поднятие, метод отрыва капли).
- 2) Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Теория полимолекулярной адсорбции Поляни.
- 3) История развития коллоидной химии.
- 4) Методы очистки дисперсных систем (диализ, электродиализ, ультрафильтрация).
- 5) Оптические методы определения размеров частиц золя и исследования свойств дисперсных систем: турбидиметрия, нефелометрия, ультрамикроскопия.
- 6) Практическое использование электрокинетических явлений.
- 7) Важнейшие природные и синтетические ВМС.
- 8) Применение коллоидных ПАВ в нефтегазовой отрасли.

6 Образовательные технологии

При проведении различных видов учебных занятий используются следующие образовательные технологии и методы:

На лекциях: дискуссия, метод проблемного обучения, использование видеоматериалов, контрольный срез знаний в виде письменного мини-теста.

На лабораторных занятиях: развернутая беседа, блиц-опрос, словарный диктант, поисковый метод, исследовательский метод, обучение на основе опыта, письменный опрос, тест-контроль.

При выполнении самостоятельной работы: дистанционное консультирование и проверка выполнения реферата, отдельных тем для самостоятельного изучения.

№ п/п	Наименование раздела	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1.	Введение. Характеристики дисперсных систем	<p><i>Лекционная тема 1.</i> Особенности строения, признаки и классификация дисперсных систем</p> <p><i>Лабораторное занятие 1.</i> ЗНАКОМСТВО С КОЛЛЕКЦИЕЙ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ</p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>Вводная лекция с использованием видеоматериалов</p> <p>словарный диктант обучение на основе опыта</p> <p>Проработка и повторение лекционного материала</p>
2	Термодинамика поверхностных явлений.	<p><i>Лекционная тема 2.</i> Удельная свободная поверхностная энергия и поверхностное натяжение как характеристики силового поля дисперсных систем.</p> <p><i>Лабораторное занятие 2.</i> СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ.</p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>Лекция-дискуссия</p> <p>словарный диктант, решение задач, письменная самостоятельная работа</p> <p>Проработка и повторение лекционного материала</p>
3	Основные закономерности адсорбции.	<p><i>Лекционная тема 3.</i> Адсорбция как поверхностное явление: причины, виды адсорбции.</p> <p><i>Лабораторное занятие 3.</i> ИЗУЧЕНИЕ АДсорбЦИИ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ НА ПОВЕРХНОСТИ УГЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИ ПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ</p> <p><i>Лабораторное занятие 4.</i> ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ АДсорбЦИИ. ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА АДсорбЦИЮ</p> <p><i>Лабораторное занятие 5.</i> ХРОМАТОГРАФИЯ БУМАЖНАЯ. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СМЕСИ КАТИОНОВ Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ НА БУМАГЕ</p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>Лекция с использованием видеоматериалов</p> <p>словарный диктант, обучение на основе опыта</p> <p>Проработка и повторение лекционного материала</p>
4	Получение, стабилизация и очистка дисперсных систем	<p><i>Лекционная тема 4.</i> Диспергационные и конденсационные методы получения дисперсных систем. Методы стабилизации и очистки дисперсных систем.</p> <p><i>Лабораторное занятие 6.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ЛИОФОБНЫХ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ</p> <p><i>Лабораторное занятие 7.</i> ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕАГИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ</p> <p><i>Лабораторное занятие 8.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОФИЛЬНЫХ ЗОЛЕЙ И ИХ СВОЙСТВА</p> <p><i>Лабораторное занятие 9.</i> ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ЭМУЛЬСИЙ</p>	<p>Лекция с использованием видеоматериалов</p> <p>словарный диктант, обучение на основе опыта, письменная самостоятельная работа</p> <p>Проработка и повторение</p>

		<i>Самостоятельная работа</i>	лекционного материала
5	Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем	<p><i>Лекционная тема 5. Основная характеристика молекулярно-кинетических свойств дисперсных систем</i></p> <p><i>Лабораторное занятие 10.</i></p> <p>МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ</p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>Лекция-дискуссия</p> <p>словарный диктант, решение задач</p> <p>Проработка и повторение лекционного материала</p>
6	Оптические свойства дисперсных систем.	<p><i>Лекционная тема. Общая характеристика оптических свойств дисперсных систем</i></p> <p><i>Лабораторное занятие 11.</i></p> <p>ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ</p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>Лекция-дискуссия</p> <p>словарный диктант, решение задач</p> <p>Проработка и повторение лекционного материала</p>
7	Электрокинетические свойства дисперсных систем	<p><i>Лекционная тема 6. Электрокинетические явления в дисперсных системах: электрофорез, электроосмос, потенциалы седиментации и протекания.</i></p> <p><i>Лекционная тема 7. Мицеллообразование в дисперсных системах, строение мицеллы.</i></p> <p><i>Лабораторное занятие 12.</i></p> <p>ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ</p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>Лекция с использованием видеоматериалов</p> <p>словарный диктант, решение задач</p> <p>Проработка и повторение лекционного материала</p>
8	Устойчивость дисперсных систем	<p><i>Лекционная тема 8. Агрегативная и седиментационная устойчивость дисперсных систем. Процессы, нарушающие агрегативную устойчивость: коагуляция, коалесценция.</i></p> <p><i>Лабораторное занятие 13.</i></p> <p>КОАГУЛЯЦИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА КОАГУЛЯЦИИ ЗОЛЯ ГИДРОКСИДА ЖЕЛЕЗА (III) ВИЗУАЛЬНЫМ МЕТОДОМ</p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>Лекция-дискуссия</p> <p>словарный диктант, обучение на основе опыта, графический диктант</p> <p>Проработка и повторение лекционного материала</p>
9	Коллоидная химия высокомолекулярных соединений (ВМС)	<p><i>Лекционная тема 9. Особенности строения и свойства молекул ВМС.</i></p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>Лекция-дискуссия</p> <p>Проработка и повторение лекционного материала</p>
10	Особенности отдельных представителей дисперсных систем	<p><i>Лекционная тема 11. Системы с жидкой дисперсной средой: суспензии и золи, пасты, эмульсии, пены. Системы с газообразной дисперсионной средой.</i></p> <p><i>Лабораторное занятие 14.</i></p> <p>ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ</p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>Лекция с использованием видеоматериалов</p> <p>словарный диктант, решение задач</p> <p>Проработка и повторение</p>

			лекционного материала
11	Коллоидные поверхностно-активные вещества (ПАВ)	<p><i>Лекционная тема 12. Особенности и классификация коллоидных ПАВ. Применение коллоидных ПАВ в нефтегазовом деле</i></p> <p><i>Лабораторное занятие 15. КОЛЛОИДНЫЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА (ПАВ)</i></p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>Лекция с использованием видеоматериалов</p> <p>словарный диктант, решение задач</p> <p>Проработка и повторение лекционного материала</p>

7 Оценочные средства (материалы) для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Примеры словарного диктанта

Тема 1 «ИЗУЧЕНИЕ АДсорбЦИИ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ НА ПОВЕРХНОСТИ УГЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИ ПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ»

Основные термины и понятия: адсорбент, адсорбтив, адсорбция, изотерма адсорбции, поверхностное натяжение, правило уравнивания полярности Ребиндера, теплота смачивания.

Тема 2 «ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ АДсорбЦИИ. ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА АДсорбЦИЮ»

Основные термины и понятия: адсорбент полярный и аполярный, адсорбенты специфичные, адсорбтив, адсорбция избирательная, адсорбция ионная, адсорбция обменная, адсорбция эквивалентная, лиотропные ряды (или ряды Гофмейстера), селективность адсорбента, элюотропный ряд Траппе.

Примеры тестовых заданий

Тема «ИЗУЧЕНИЕ АДсорбЦИИ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ НА ПОВЕРХНОСТИ УГЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИ ПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ»

1. Адсорбционная способность зависит от:

- а) природы растворителя
- б) природы адсорбента и адсорбтива,
- в) температуры и концентрации
- г) а+б+в

2. Выберите правильное утверждение:

А. Чем хуже адсорбируется растворитель на адсорбенте, тем лучше будет адсорбироваться растворенное вещество.

Б. Чем больше поверхностное натяжение самой среды (растворителя), тем меньше молекулы растворителя способны к адсорбции на твердом теле и тем лучше на нем адсорбируется растворенное вещество (ПАВ).

- а) Верно только А
- б) Верно только Б
- в) Верно А и Б
- г) А и Б неверно

3. Выберите правильное утверждение:

А. Если взятый растворитель плохо смачивает твердую поверхность адсорбента, то

адсорбция растворенного вещества из такого растворителя будет велика.

Б. Неполярные адсорбенты, как правило, лучше адсорбируют полярные адсорбтивы, а полярные адсорбенты – неполярные адсорбтивы.

- а) Верно только А
- б) Верно только Б
- в) Верно А и Б
- г) А и Б неверно

4. Выберите правильное утверждение:

А. Чем больше разность полярностей между растворимым веществом и растворителем, а, следовательно, меньше растворимость вещества, тем лучше оно будет адсорбироваться.

Б. Чем лучше растворитель растворяет адсорбтив, тем хуже в этой среде протекает его адсорбция.

- а) Верно только А
- б) Верно только Б
- в) Верно А и Б
- г) А и Б неверно

5. Выберите правильное утверждение:

А. С увеличением температуры адсорбция из раствора увеличивается.

Б. С увеличением молярной массы способность адсорбироваться уменьшается.

- а) Верно только А
- б) Верно только Б
- в) Верно А и Б
- г) А и Б неверно

Тема 2 «ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ АДСОРБЦИИ. ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА АДСОРБЦИЮ»

1. Выберите правильное утверждение:

А. Адсорбция зависит не только от природы поглотителя, но и от природы поглощаемого вещества.

Б. Катионы тяжелых металлов адсорбируются хуже, чем катионы такой же валентности легких металлов.

- а) Верно только А
- б) Верно только Б
- в) Верно А и Б
- г) А и Б неверно

2. Алумосиликаты и уголь являются соответственно:

- а) полярным и полярным адсорбентами
- б) неполярным и неполярным адсорбентами
- в) полярным и неполярным адсорбентами
- г) неполярным и полярным адсорбентами

3. Выберите правильное утверждение:

А. Согласно первого правила, сформулированного К.Фаянсом, Ф. Панетом и Н.П. Песковым, на твердой поверхности адсорбента преимущественно адсорбируются ионы, входящие в состав адсорбента, или имеющие общую с данной поверхностью атомную группировку.

Б. Согласно второго правила, сформулированного К.Фаянсом, Ф. Панетом и Н.П. Песковым, микроучастки поверхности адсорбента, несущие определенный заряд, адсорбируют противоположно заряженные ионы электролита.

- а) Верно только А
- б) Верно только Б
- в) Верно А и Б
- г) А и Б неверно

4. Выберите правильную запись лиотропного ряда:

- а) $Li^+ > Na^+ > K^+ > Rb^+ > Cs^+$
- б) $Mg^{2+} > Ca^{2+} > Sr^{2+} > Ba^{2+}$
- в) $Li^+ < Na^+ < K^+ < Rb^+ < Cs^+$
- г) $Br^- < Cl^- < OH^- < I^- < CNS^-$

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля

1. Растворы. Теория растворов, роль учения Д.И. Менделеева. Способы выражения концентрации растворов. Как приготовить однонормальный раствор хлористого кальция? Децимолярный раствор серной кислоты?

2. Идеальные растворы жидкостей в жидкостях. Закон Рауля. Графическая зависимость общего и парциальных давления от состава смеси. Отклонения от закона Рауля, причины.

3. Дайте анализ диаграмм: состав – давление пара и состав – температура кипения. Сформулируйте первый закон Коновалова и покажите на изображенной Вами диаграмме, что пар, по сравнению с жидкостью, обогащен более летучим компонентом. Рассмотрите применение правила рычага к диаграмме состав – давление пара.

4. Изобразите диаграмму состояния неограниченно смешивающихся жидкостей, имеющих максимум или минимум на кривой температур кипения. Назовите линии и поля, имеющиеся на диаграмме. Дайте формулировку второго закона Коновалова. Что называется азеотропной смесью? Почему азеотроп не может быть разделен обычными методами перегонки?

5. Приведите теоретическое обоснование принципа простой и фракционной перегонки. Ректификационная колонна. Применение перегонки в технологии получения декарота.

6. Понижение давления пара над растворами нелетучих веществ. Закон Рауля. Приведите графическую зависимость упругости пара растворителя от температуры над чистым растворителем и раствором, и покажите, на ней какие следствия вытекают от закона Рауля. Какие растворы подчиняются закону Рауля?

7. Почему раствор кипит при более высокой температуре, чем чистый растворитель? Каков физический смысл эбуллиоскопической постоянной? Приведите уравнение, позволяющее рассчитать эбуллиоскопическую постоянную. Эбуллиоскопический метод определения молярной массы растворенного вещества.

8. Покажите (графически), что раствор замерзает при более низкой температуре, чем чистый растворитель. Какова зависимость $T_{зам.}$ от концентрации? Каков физический смысл криоскопической постоянной, как ее рассчитать? Криоскопический метод определения молекулярной массы растворенного вещества.

9. Что называется осмотическим давлением, как его можно измерить и каким закономерностям оно подчиняется в разбавленных растворах неэлектролитов и электролитов?

10. Приведите анализ диаграммы состояния ограниченно смешивающихся жидкостей с верхней критической температурой растворения. Как определяется состав равновесных фаз по диаграмме? Приведите другие типы диаграмм ограниченно растворимых жидкостей.

11. Дайте анализ диаграммы с нижней критической температурой растворения. Укажите, какие поля имеются на диаграмме? Как определяется состав равновесных фаз? Как рассчитать число степеней свободы для гетерогенной и гомогенной областей.
12. Сформулируйте закон распределения и рассмотрите причины отклонения от него. Коэффициент распределения, его практическое применение в технологии приготовления экстрактов.
13. В чем заключается процесс экстрагирования, его теоретическая основа? Каким требованиям должен удовлетворять экстрагирующий растворитель? Как следует вести процесс экстрагирования, чтобы достигнуть полноты извлечения экстрагирующего вещества? Выведите уравнение для процесса однократной и дробной экстракций.
14. проводники 1-го и 2-го рода. Приведите примеры. Дайте объяснение механизма переноса электрического тока в растворах электролитов.
15. Электропроводность растворов электролитов. Удельная и эквивалентная электропроводность. Рассмотрите простейшее устройство для измерения электропроводности.
16. Электрическая диссоциация неводных растворов. Особенности электропроводности в этих растворах.
17. Как устроен электрод второго рода? Привести примеры. Показать, что электроды второго рода обратимы относительно катиона и аниона одновременно.
18. Как устроен стандартный водородный электрод? Чему равен потенциал стандартного водородного электрода? Что называется стандартным потенциалом данного электрода по водородной шкале? Напишите, какую цепь надо составить для того, чтобы измерить стандартный потенциал по водороду: а) цинка, б) свинца, в) серебра? Каковы недостатки стандартного водородного электрода, как электрода сравнения? Какими электродами обычно пользуются в качестве электродов сравнения?
19. Какие электроды относятся к окислительно-восстановительным электродам? Приведите примеры окислительно-восстановительных электродов. Напишите выражение для потенциалов, приведенных Вами окислительно-восстановительных электродов. От чего зависит, в общем случае, потенциал окислительно-восстановительного электрода?
20. Типы окислительно-восстановительных систем. Окислительно-восстановительные потенциалы и электроды. Стандартный окислительно-восстановительный потенциал. Окислительно-восстановительные системы 1 и 2 групп.
21. Какие гальванические элементы называются химическими? За счет чего получается электрическая энергия в гальваническом элементе? Напишите уравнение реакции, протекающий в работающем гальваническом элементе Даниэля-Якоби. Напишите уравнение электродных процессов в том же элементе. Как связаны между собой электродвижущая сила гальванического элемента и значение потенциалов электродов, входящих в его состав?
22. Как связаны между собой изменение энергии Гиббса в токообразующем процессе и электродвижущая сила (ЭДС) соответствующего гальванического элемента? Как связаны между собой константа химического равновесия токообразующего процесса и ЭДС гальванического элемента?
23. Какие элементы называются концентрационными? Какие типы концентрационных элементов Вы знаете? Приведите примеры. За счет чего получается электрическая энергия в концентрационных элементах? Напишите уравнение для электродвижущей силы концентрационного элемента.
24. Почему, измеряя электрическую величину – ЭДС гальванического элемента, не

можем судить о концентрации ионов водорода в растворе? Какие индикаторные водородные электроды Вы знаете? Привести примеры. Каким основным требованием должен удовлетворять индикаторный водородный электрод?

25. Как должна быть составлена гальваническая цепь для потенциометрического измерения pH раствора?

26. Сущность потенциометрического титрования. В каких случаях потенциометрическое титрование имеет преимущества перед титрованием с применением цветных индикаторов? Какие электроды нужны для потенциометрического титрования раствора кислоты или основания? Дать развернутый ответ, написать гальваническую цепь. Применение в фармации.

27. Как будет меняться ЭДС гальванического элемента, состоящего из водородного индикаторного электрода и электрода сравнения, по мере нейтрализации раствора, в котором находится индикаторный электрод? Как определяется положение эквивалентной точки титрования по кривым потенциометрического титрования? Какие приборы используются при потенциометрическом титровании? Что они собой представляют и по какой схеме работают.

28. Нарисуйте и объясните ход кривой потенциометрического титрования. Почему вблизи точки эквивалентности происходит резкое изменение индикаторного электрода, погруженного в титруемый раствор? От каких факторов зависит влияние скачка при потенциометрическом титровании?

29. В чем заключается принцип выбора индикаторных электродов для потенциометрического титрования? Какие электроды можно использовать в качестве индикаторных при потенциометрическом титровании кислот и оснований?

30. Свободная поверхностная энергия и поверхностное натяжение, факторы, влияющие на поверхностное натяжение. Методы измерения поверхностного натяжения.

31. Поверхностная активность, ее физический смысл. Определение поверхностной активности. Правило Дюкло-Траубе, границы его применения. Приведите несколько гомологических рядов, для которых соблюдается правило.

32. Приведите график, показывающий зависимость адсорбции газа твердым телом от давления, и проанализируйте его. Приведите уравнения, выражающие зависимость адсорбции от давления.

33. Молекулярная адсорбция из растворов. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра и теория полимолекулярной адсорбции.

34. Адсорбционное уравнение Ленгмюра, его анализ, условия применения. Уравнение Фрейндлиха. Покажите, есть ли связь между электрическим уравнением Фрейндлиха и уравнением Ленгмюра?

35. В чем состоит сущность графического метода определения констант в уравнении Фрейндлиха и в уравнении Ленгмюра? Физический смысл этих констант.

36. Адсорбция электролитов. Объясните на приборах правило адсорбции ионов на кристалле (правило Панета-Фаянса-Пескова). Влияние валентности и радиуса ионов на их адсорбционную способность.

37. Что такое обменная адсорбция? В чем заключается ее практическое применение? Катиониты и аниониты, их действие.

38. На чем основана хроматография? Виды хроматографии.

39. Гидрофильные и гидрофобные адсорбенты. Красный угол смачивания. Адсорбция ПАВ из растворов на гидрофобных и гидрофильных адсорбентах. Влияние природы растворителя и адсорбента.

40. Охарактеризуйте предмет коллоидной химии, ее значение. Рассмотрите основные понятия коллоидной химии: дисперсная система, дисперсная фаза, дисперсная среда. Приведите примеры дисперсных систем и укажите, что в них является дисперсионной средой и дисперсной фазой.

41. Рассмотрите классификацию дисперсных систем: по степени дисперсности, по агрегатному состоянию дисперсной фазы дисперсионной среды, по межфазному взаимодействию между частицами дисперсной фазы. Приведите примеры.

42. Приведите основные признаки коллоидных систем и укажите отличия коллоидных растворов от истинных и грубодисперсных систем.

43. Опишите получение коллоидных систем методами диспергирования. Приведите примеры. Рассмотрите устройство паровой и коллоидной мельниц.

44. Опишите получение коллоидных систем методом конденсации (физическая, химическая). Приведите примеры.

45. рассмотрите получение коллоидных систем методом пептизации. Приведите примеры.

46. Рассмотрите строение коллоидной мицеллы. Назовите ее основные части, приведите примеры (3-4 мицеллы).

47. Какова природа броуновского движения дисперсных частиц? Какой величиной характеризуется интенсивность броуновского движения? Какая связь между броуновским движением и диффузией?

48. В чем заключается явление диффузии в коллоидных системах? Что такое коэффициент диффузии, как можно его определить? Объясните практическое значение коэффициента диффузии для характеристики коллоидных систем.

49. Охарактеризуйте осмотическое давление в коллоидных системах. Объясните, почему оно для них надо.

50. Механизм возникновения электрического заряда коллоидных частиц. Укажите особенности и приведите классификацию коллоидных поверхностно – активных веществ (ПАВ). приведите примеры анион – катионактивных коллоидных ПАВ.

51. Объясните механизм моющего действия коллоидных ПАВ. что такое соллюбилизация?

Что такое критическая концентрация мицеллообразования коллоидных ПАВ?

Охарактеризуйте значение и применение коллоидных ПАВ.

52 Охарактеризуйте методы очистки воды от присутствующих в ней загрязнений (коагуляция, флокуляция, фильтрование, ультрафильтрация, центрифугирование, адсорбция и др.).

53. Основные закономерности коагуляции под действием электролитов. Порог коагуляции.

54. Физическая теория устойчивости и коагуляции зольей электролитами.

55. Особые случаи коагуляции (чередование зон устойчивости, совместное действие электролитов, взаимная коагуляция).

56. Эмульсии (классификация, свойства, способы получения и разрушения). Эмульгаторы, механизм действия.

57. Суспензии, порошки. Свойства, получение, применение в фармации. Стабилизация суспензий ПАВ.

58. Аэрозоли и пены. Свойства, получение, разрушение, применение в фармации.

59. Структурно-механические свойства дисперсных систем. Вязкость. Зависимость вязкости коллоидных систем от концентрации дисперсной фазы. Вискозиметрия.

Структурированные системы.

60. Объясните механизм растворения ВМС. Приведите теории растворов ВМС. Перечислите коллоидные признаки растворов ВМС.

61. Опишите особенности набухания ВМС. Что такое степень набухания, теплота набухания, давление набухания?

62. Какими методами можно определить молекулярную массу ВМС? Опишите эти методы.

63. Какие факторы влияют на устойчивость растворов ВМС? Рассмотрите нарушение устойчивости растворов ВМС.

64. Объясните, что такое полиэлектролиты? Как влияет рН раствора на форму молекул полиэлектролита? На примере молекулы белка объясните, что такое изоэлектрическая точка и как ее можно определить. Опишите свойства белка в изоэлектрической точке.

65. Сравните свойства гелей и студней. Рассмотрите влияние различных факторов на процесс застудневания.

66. Опишите защитное действие растворов ВМС. Что является мерой защитного действия? Приведите примеры применения коллоидной защиты.

Примеры типовых задач

1. Рассчитайте поверхностное натяжение водного раствора масляной кислоты с концентрацией $0,1 \text{ кмоль/м}^3$ при температуре 273К . Константы уравнения Шишковского: $a=12,6 \cdot 10^{-3}$; $b=21,5$; поверхностное натяжение воды при указанной температуре составляет $75,49 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.

2. Для водного раствора пропионовой кислоты определены следующие значения констант уравнения Шишковского при температуре 293К : $a=12,8 \cdot 10^{-3}$; $b=7,16$. Вычислите поверхностное натяжение раствора с концентрацией, равной $0,1 \text{ кмоль/м}^3$. При этой температуре поверхностное натяжение воды составляет $72,53 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.

3. Используя константы уравнения Шишковского: $a=12,6 \cdot 10^{-3}$; $b=21,5$, - рассчитайте поверхностное натяжение водного раствора масляной кислоты при температуре 273К для концентрации $0,05 \text{ кмоль/м}^3$. Поверхностное натяжение воды при указанной температуре составляет $75,49 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.

4. Даны константы уравнения Шишковского для водного раствора валериановой кислоты при температуре 273К : $a=14,72 \cdot 10^{-3}$; $b=10,4$. Определите, при какой концентрации поверхностное натяжение раствора будет составлять $\sigma = 52,1 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$, если поверхностное натяжение воды при указанной температуре составляет $75,49 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.

5. Для водного раствора масляной кислоты определены следующие константы уравнения Шишковского при температуре 273К : $a=12,6 \cdot 10^{-3}$; $b=21,5$. Вычислите поверхностное натяжение раствора с концентрацией, равной $0,01 \text{ кмоль/м}^3$. При этой температуре поверхностное натяжение воды составляет $72,53 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.

6. Для водного раствора пропилового спирта определены следующие значения констант уравнения Шишковского при температуре 293К : $a=14,4 \cdot 10^{-3}$; $b=6,6$. Вычислите поверхностное натяжение раствора с концентрацией, равной 1 кмоль/м^3 . При этой температуре поверхностное натяжение воды равно $72,53 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.

7. Используя уравнение Ленгмюра, вычислите адсорбцию пропионовой кислоты на поверхности раздела водный раствор – воздух при температуре 293К и концентрации $0,1 \text{ кмоль/м}^3$, если известны константы уравнения Шишковского: $a=12,8 \cdot 10^{-3}$; $b=7,16$.

8. Рассчитайте адсорбцию валериановой кислоты на границе ее водного раствора с воздухом при температуре 353К и концентрации $0,01 \text{ кмоль/м}^3$ по константам уравнения Шишковского: $a=17,7 \cdot 10^{-3}$; $b=19,72$.

9. Вычислите адсорбцию азота на цеолите при давлении $P=2,8 \cdot 10^2 \text{ Па}$, если

известны константы уравнения Ленгмюра: ; $b=0,156 \cdot 10^{-2}$.

10. Вычислите адсорбцию углекислого газа на активированном угле при давлении $5 \cdot 10^2$ Па, если известны константы уравнения Ленгмюра: ; $b=0,1 \cdot 10^{-2}$.

11. Используя уравнение Релея, сравните интенсивность светорассеяния двух эмульсий: эмульсии бензола в воде и эмульсии н-пентана в воде. Показатель преломления бензола равен 1,50; показатель преломления н-пентана равен 1,36; показатель преломления воды равен 1,33; радиус частиц и концентрации обеих эмульсий одинаковы.

12. Используя уравнение Релея, определите, как изменится интенсивность рассеянного света, если дисперсную систему подвергнуть воздействию света с длиной волны $\lambda_1=430$ нм и $\lambda_2=680$ нм.

13. Вычислите коэффициент диффузии и средний квадратичный сдвиг частиц гидрозоля гидроксида железа(III), если время диффузии 10 с, радиус частиц равен 50 мкм, вязкость воды равна $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с, температура 200 °С.

14. Вычислите коэффициент диффузии и средний квадратичный сдвиг частиц гуммигута, если радиус частиц равен 0,212 мкм, вязкость жидкости равна $1,1 \cdot 10^{-3}$ Па·с, температура 170 °С, время диффузии 60 с.

15. Вычислите коэффициент диффузии и средний квадратичный сдвиг частиц дыма хлорида аммония, если радиус частиц равен 10^{-7} , температура 273 К, вязкость воздуха равна $1,1 \cdot 10^{-5}$ Па·с, время диффузии 5 с.

16. Вычислите коэффициент диффузии и средний квадратичный сдвиг частиц дисперсной системы, если радиус частиц равен $6,5 \cdot 10^{-5}$ м, время диффузии 40 с, вязкость среды равна $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с, температура 288 К.

17. Вычислите осмотическое давление гидрозоля золота с концентрацией 0,3 кг/м³. радиус частиц $5,5 \cdot 10^{-10}$, плотность золота $19,3 \cdot 10^3$ кг/м³, температура золя 293 К.

18. Вычислите осмотическое давление гидрозоля золота с концентрацией 1 кг/м³. радиус частиц $2,5 \cdot 10^{-8}$ м, плотность золота $19,3 \cdot 10^3$ кг/м³, температура золя 298 К.

19. Вычислите осмотическое давление пыли в воздухе, если радиус частиц пыли составляет 100 нм, плотность $1,5 \cdot 10^3$ кг/м³, концентрация равна $2 \cdot 10^{-2}$ кг/м³, температура 273 К.

20. Рассчитайте, с какой скоростью осаждаются частицы аэрозоля хлорида аммония, имеющие радиус $4,5 \cdot 10^{-7}$ м и плотность $1,5 \cdot 10^3$ кг/м³. Вязкость воздуха равна $1,76 \cdot 10^{-5}$ Па·с, плотностью воздуха можно пренебречь.

21. Определите скорость осаждения частиц радиусом 10 мкм, образующихся после помола зерен кофе в воде при температуре 293 К, если вязкость воды равна $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с, плотность частиц $1,1 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность воды $1 \cdot 10^3$ кг/м³.

22. Определите скорость осаждения частиц суспензии ртути, оседающих в воде под действием силы тяжести, если плотность частиц $10 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность воды $1 \cdot 10^3$ кг/м³, вязкость воды равна $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с, радиус частиц $2,1 \cdot 10^{-7}$ м.

23. Определите скорость оседания частиц суспензии гуммигута в воде, если плотность гуммигута $1,56 \cdot 10^3$ кг/м³, радиус частиц $2,6 \cdot 10^{-7}$ м, плотность воды $1 \cdot 10^3$ кг/м³, вязкость воды равна $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

24. Определите скорость осаждения частиц оксида цинка в воздухе, если радиус частиц $2 \cdot 10^{-6}$ м, вязкость воздуха равна $1,7 \cdot 10^{-5}$ Па·с, плотность частиц $5,7 \cdot 10^3$ кг/м³, температура 298 К.

25. Рассмотрите строение мицеллы гидрозоля сульфида ртути (II) HgS. Стабилизатор – сероводород H₂S.

26. Рассмотрите строение мицеллы золя, полученного при взаимодействии хлорида железа (III) с избытком гексацианоферрата (II) калия K₄[Fe(CN)₆].

27. Рассмотрите строение мицеллы золя бромида серебра AgBr, полученного взаимодействием бромида калия и нитрата серебра, если бромид калия взят в избытке.

28. Изобразите схему строения мицеллы золя сульфата бария BaSO₄, полученного при смешении хлорида бария BaCl₂ с избыточным количеством серной кислоты.

29. Изобразите схему строения мицеллы золя иодида серебра AgI, полученного взаимодействием иодида калия и нитрата серебра. Стабилизатор – нитрат серебра.

30. Рассмотрите строение мицеллы золя гидроксида железа (III), стабилизатор - хлорид железа (III) FeCl_3 .

31. Изобразите схему строения мицеллы золя сульфида мышьяка (III) As_2S_3 , стабилизатор – стабилизатор H_2S .

32. Вычислите скорость электрофореза частиц гидрозоль платины при градиенте внешнего поля 1200 В/м, если электрокинетический потенциал 0,04В, диэлектрическая проницаемость воды 81, вязкость воды $1 \cdot 10^{-3} \text{Па} \cdot \text{с}$.

33. Вычислите электрокинетический потенциал частиц гидрозоль золота по следующим данным, полученным при электрофорезе: скорость частиц = $2,2 \cdot 10^{-6} \text{м/с}$; градиент внешнего поля = 100В/м; диэлектрическая проницаемость воды 81, вязкость воды $1 \cdot 10^{-3} \text{Па} \cdot \text{с}$.

34. Вычислите электрокинетический потенциал частиц гидрозоль висмута по следующим данным, полученным при электрофорезе: скорость частиц = $1,1 \cdot 10^{-5} \text{м/с}$; градиент внешнего поля = 1000В/м; диэлектрическая проницаемость воды 81, вязкость воды $1 \cdot 10^{-3} \text{Па} \cdot \text{с}$.

35. Вычислите электрокинетический потенциал частиц гидрозоль сульфида мышьяка (III) As_2S_3 по следующим данным, полученным при электрофорезе: скорость частиц = $1,73 \cdot 10^{-5} \text{м/с}$; градиент внешнего поля = 800В/м; диэлектрическая проницаемость воды 81, вязкость воды $1 \cdot 10^{-3} \text{Па} \cdot \text{с}$.

36. Вычислите электрокинетический потенциал частиц гидрозоль берлинской лазури по следующим данным, полученным при электрофорезе: скорость частиц = $2 \cdot 10^{-5} \text{м/с}$; градиент внешнего поля = 500В/м; диэлектрическая проницаемость воды 81, вязкость воды $1 \cdot 10^{-3} \text{Па} \cdot \text{с}$.

37. Вычислите электрокинетический потенциал частиц золя свинца в метаноле, если в опытах по электрофорезу получены следующие данные: скорость частиц = $6,6 \cdot 10^{-6} \text{м/с}$; градиент внешнего поля = 300В/м; диэлектрическая проницаемость метанола 34, вязкость метанола = $6,12 \cdot 10^{-4} \text{Па} \cdot \text{с}$.

38. Электрокинетический потенциал золя апельсинового сока равен $\zeta = 50 \text{мВ}$ ($5 \cdot 10^{-2} \text{В}$). Определите скорость и электрофоретическую подвижность, если диэлектрическая проницаемость = 54,1; вязкость среды = $4,5 \cdot 10^{-10} \text{Па} \cdot \text{с}$, градиент внешнего поля = 300 В/м.

39. Электрокинетический потенциал коллоидного раствора сахарозы равен $\zeta = 90 \text{мВ}$. Определите скорость и электрофоретическую подвижность коллоидных частиц, если градиент внешнего поля = 300 В/м, диэлектрическая проницаемость = 71; вязкость среды = $1,3 \cdot 10^{-3} \text{Па} \cdot \text{с}$.

40. Вычислите электрокинетический потенциал частиц гидрозоль платины, если в опытах по электрофорезу были получены следующие результаты: градиент внешнего поля = 1000 В/м, скорость движения частиц = $5 \cdot 10^{-7} \text{м/с}$, диэлектрическая проницаемость = 81, вязкость = $1 \cdot 10^{-10} \text{Па} \cdot \text{с}$.

41. Электрокинетический потенциал частиц гидрозоль висмута составляет 0,2В. Определите скорость и электрофоретическую подвижность коллоидных частиц, если градиент внешнего поля = 800 В/м, диэлектрическая проницаемость = 81, вязкость = $1 \cdot 10^{-10} \text{Па} \cdot \text{с}$.

42. Коагуляция $1 \cdot 10^{-5} \text{м}^3$ золя иодида серебра наблюдается при добавлении к нему 5мл раствора нитрата кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ концентрации 0,01кмоль/м³. определите порог коагуляции.

43. Для коагуляции $1 \cdot 10^{-5} \text{м}^3$ золя иодида серебра AgI требуется $1 \cdot 10^{-6} \text{м}^3$ раствора нитрата алюминия $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$. Порог коагуляции составляет $4 \cdot 10^{-3} \text{кмоль/м}^3$. Определите концентрацию электролита.

44. Коагуляция $1 \cdot 10^{-5} \text{м}^3$ золя иодида серебра AgI наблюдается при добавлении к нему $1 \cdot 10^{-6} \text{м}^3$ электролита нитрата калия KNO_3 концентрации 1кмоль/м³. Определите порог коагуляции.

45. Для коагуляции $1 \cdot 10^{-5} \text{м}^3$ золя иодида серебра AgI требуется $1 \cdot 10^{-6} \text{м}^3$ раствора нитрата кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Порог коагуляции составляет

$1,16 \cdot 10^{-3}$ моль/м³. Определите концентрацию электролита.

46. Определите порог коагуляции золя As_2S_3 , если для коагуляции $10 \cdot 10^{-6}$ м³ золя потребовалось $0,4 \cdot 10^{-6}$ м³ раствора MgCl_2 с концентрацией $0,036$ моль/м³.

47. Определите порог коагуляции золя As_2S_3 , если для коагуляции $10 \cdot 10^{-6}$ м³ золя потребовалось $1,2 \cdot 10^{-6}$ м³ раствора NaCl с концентрацией $0,5$ моль/м³.

48. Для коагуляции $1 \cdot 10^{-5}$ м³ золя гидроксида алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ требуется $10 \cdot 10^{-6}$ м³ раствора сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. концентрация электролита равна $0,01$ моль/м³. рассчитайте порог коагуляции золя.

49. Определите, какой объем раствора нитрата бария $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ концентрации $0,5$ моль/м³ требуется для коагуляции $10 \cdot 10^{-6}$ м³ золя иодида серебра AgI . Порог коагуляции золя составляет $2 \cdot 10^{-3}$ моль/м³.

50. Определите порог коагуляции золя оксида алюминия Al_2O_3 , если коагуляция происходит при добавлении 50 мл раствора электролита хромата калия K_2CrO_4 концентрации $0,01$ моль/м³ к 10^{-3} м³ золя.

Вопросы к зачету с оценкой

1. Коллоидная химия как наука: объект, предмет, задачи, краткая история развития науки.

2. Методы исследования коллоидной химии: классические и заимствованные из других наук.

3. Особенности дисперсных систем: дисперсность и гетерогенность. Меры дисперсности.

4. Понятие о дисперсной системе, размеры коллоидных частиц.

5. Общая характеристика грубодисперсных систем. Суспензии, эмульсии, пены

6. Общая характеристика коллоидов.

7. Общая характеристика молекулярных и ионно-дисперсных систем.

8. Классификация дисперсных систем в зависимости от размеров коллоидных частиц, по числу характеристических размеров частиц дисперсной фазы, по степени взаимодействия частиц дисперсной фазы.

9. Классификация дисперсных систем по характеру взаимодействия между веществами дисперсной фазы и дисперсионной среды и по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды.

10. Диспергационные методы получения дисперсных систем: общая характеристика, виды

11. Конденсационные методы получения дисперсных систем: общая характеристика, виды. Стадии конденсации.

12. Строение коллоидных мицелл.

13. Коагуляция лиофобных зольных электролитами. Выбор иона-коагулятора.

14. Коагуляция и адгезия. Работа коагуляции и работа адгезии.

15. Смачивание как поверхностное явление. Закон Юнга. Коэффициент смачивания. Правило Антонова.

16. Поверхностное натяжение. Методы определения поверхностного натяжения: метод наибольшего давления образования газовых пузырьков, метод счета капель, метод капиллярного поднятия жидкости.

17. Электрокинетические явления. Электрофорез и электросмос.

18. Оптические свойства дисперсных систем: поглощение, отражение, преломление, пропускание и рассеяние света.

19. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем: диффузия, броуновское движение, осмос, седиментационное равновесие.

20. Реологические свойства дисперсных систем: вязкость, упругость, ползучесть.

21. Микрогетерогенные системы: определение, классификация, свойства.

22. Особенности микрогетерогенных систем с твердой дисперсионной средой (пены и эмульсии).

23. Особенности микрогетерогенных систем с жидкой дисперсионной средой (суспензии, эмульсии, пены).

24. Особенности микрогетерогенных систем с газовой дисперсионной средой (аэрозоли, порошки).

25. Высокомолекулярные соединения: понятие, свойства, получение, использование.

26. Поверхностно-активные вещества: понятие, свойства, использование.

8 Система оценивания планируемых результатов обучения

Форма контроля	За одну работу		Всего баллов
	Миним. баллов	Макс. баллов	
Текущий контроль:			
- мини-диктант на лекции	0	1x8	8
- словарный диктант на лабораторном занятии	1	2x8	16
- участие в блиц-опросе на лабораторном занятии	1	2x8	16
- тестирование	1	2x4	8
- итоговая контрольная работа	1	10	12
- написание и защита реферата	1	10	11
- защита лабораторных работ (1-9 тема)	0	1x9	9
Зачет с оценкой			20
Итого за семестр (дисциплину)			100 баллов

9 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1 Основная литература

1. Бондарева, Л. П. Физическая и коллоидная химия (Теория и практика) : учебное пособие / Л. П. Бондарева, Т. В. Мастюкова. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2019. — 288 с. — ISBN 978-5-00032-409-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/88444.html>

2. Денисова Я.В., Сторожева М.Е. Химия в нефтегазовом деле: учебно-методическое пособие : в 2-х частях. – Ч.2: Коллоидная химия / Я. В. Денисова, М. Е. Сторожева. – Южно-Сахалинск, 2019. – 68 с./ http://sakhgu.ru/wp-content/uploads/page/record_85102/2019_12/%D0%94%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%AF-%D0%92-%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%8F-%D0%B2-%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BC-%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5_%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C-2.pdf

3. Денисова, Я. В. Атлас по химии : учебное пособие / Я. В. Денисова. – Южно-Сахалинск : СахГУ, 2019. – 88 с./ http://sakhgu.ru/wp-content/uploads/page/record_85102/2020_04/Atlas_Denisova_1-1.pdf

9.2 Дополнительная литература

Хлынова Н.М. Химия (Избранные главы) : учебное пособие / Хлынова Н.М.. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2019. — 86 с. — ISBN 978-5-9961-2007-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/101456.htm>

Ларичкина Н.И. Физическая и коллоидная химия. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ларичкина Н.И., Кадимова А.В.— Электрон. текстовые

данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019.— 100 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/99237.html>

Брянский Б.Я. Коллоидная химия [Электронный ресурс]: учебное пособие/Брянский Б.Я.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2017.— 104 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66632.html>

9.3 Программное обеспечение

1. Windows 10 Pro
2. WinRAR
3. Microsoft Office Professional Plus 2013
4. Microsoft Office Professional Plus 2016
5. Microsoft Visio Professional 2016
6. Visual Studio Professional 2015
7. Adobe Acrobat Pro DC
8. ABBYY FineReader 12
9. ABBYY PDF Transformer+
10. ABBYY FlexiCapture 11
11. Программное обеспечение «interTESS»
12. Справочно-правовая система «КонсультантПлюс», версия «эксперт»
13. ПО KasperskyEndpointSecurity
14. «Антиплагиат.ВУЗ» (интернет - версия)
15. «Антиплагиат- интернет»

9.4 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru>
2. Научная электронная библиотека elibrary.ru: <http://elibrary.ru>
3. Минералы и горные породы России и СССР: <http://ecosystema.ru/08nature/min/>
4. Горная энциклопедия: <http://www.mining-enc.ru/>
5. Геохимия: <https://elementy.ru/catalog/t42/Geokhimiya>
6. Коллоидная химия: <http://www.xumuk.ru/colloidchem/>

10 Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебные и учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

Для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;

- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения:

Для слепых и слабовидящих:

для глухих и слабослышащих:

- автоматизированным рабочим местом для людей с нарушением слуха и слабослышащих;
- акустический усилитель и колонки;

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- передвижными, регулируемые эргономическими партами СИ-1;
- компьютерной техникой со специальным программным обеспечением.

11 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает: мультимедийное оборудование для чтения лекций-презентаций; защиты рефератов.

При подготовке к лабораторным занятиям и самостоятельной работе используют компьютерные классы со стандартным программным обеспечением.

Лекционные занятия проходят в мультимедийной аудитории, оснащенной компьютером и проектором. Лекции сопровождаются презентацией, содержащей теоретический иллюстративный материал.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории, оснащенной необходимым

лабораторным оборудованием и посудой для исследования состава горных пород, используются коллекции неорганических и органических веществ. Перед проведением лабораторного занятия студенты одевают халаты, при необходимости - очки и перчатки.

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочей программе (модуле) дисциплины _____
(название дисциплины)
по направлению подготовки (специальности) _____

на 20__/20__ учебный год

1. В _____ вносятся следующие изменения:

(элемент рабочей программы)

1.1.;

1.2.;

...

1.9.

2. В _____ вносятся следующие изменения:

(элемент рабочей программы)

2.1.;

2.2.;

...

2.9.

3. В _____ вносятся следующие изменения:

(элемент рабочей программы)

3.1.;

3.2.;

...

3.9.

Составитель
дата

подпись

расшифровка подписи

Зав. кафедрой

подпись

расшифровка подписи