

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г.Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

ДИРЕКТОР ХИМИКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Р.Н. Ястребинский



25 05 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
*«Коллоидная химия»*

Научная специальность:

1.4.10 Коллоидная химия

(код и наименование научной специальности)

Форма обучения: очная

Белгород 2022

Рабочая программа дисциплины «Коллоидная химия» составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Составитель: канд. техн. наук  (А.И. Городов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с базовой кафедрой по группе научных специальностей

теоретической и прикладной химии  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: д-р. техн. наук, проф.  (В.И. Павленко)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

« 13 » мая 2022 г., протокол № 9

Рабочая программа обсуждена на базовой кафедре по группе научных специальностей аспирантуры

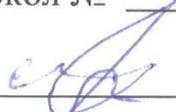
теоретической и прикладной химии  
(наименование кафедры)

« 13 » мая 2022 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой: д-р. техн. наук, проф.  (В.И. Павленко)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 16 » мая 2022 г., протокол № 9

Председатель канд. техн. наук, доц.  (Л.А.Порожнюк)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень сокращений, используемых в тексте рабочей программы дисциплины.....	4
2. Цель изучения дисциплины .....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
4. Объем дисциплины .....	4
5. Содержание дисциплины .....	5
6. Ресурсное обеспечение.....	6
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	6
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	8
10. Перечень лицензионного программного обеспечения:.....	8
11. Оценочные средства .....	8

## 1. Перечень сокращений, используемых в тексте рабочей программы дисциплины

- з.е. – зачетная единица
- ФГТ– Федеральные государственные требования
- ФОС – фонд оценочных средств
- Пр – практическое занятие
- Лаб – лабораторное занятие
- Лек – лекции
- СР – самостоятельная работа

## 2. Цель изучения дисциплины

Дать обучающимся знания основ по дисциплине «Коллоидной химии», выработать умения применять коллоидно-химические методы, принципы и закономерности, необходимые для успешного осуществления трудовой деятельности в химических и химико-технологических областях.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

### В результате изучения дисциплины, аспирант должен:

**Знать:** современное состояние науки в области коллоидной химии и основные производственные и технологические проблемы в данной сфере

**Уметь:** применять коллоидно-химические методы исследования, осуществлять подбор и эксплуатацию современного оборудования, использовать коллоидно-химические принципы и закономерности для решения различных профессиональных и производственных задач, в том числе для выполнения НИР по коллоидной химии

**Владеть:** навыками решения профессиональных производственных задач и эксплуатации современного оборудования в сфере коллоидной химии

## 4. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. единиц, 72 часа.

### Форма промежуточной аттестации – экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	72	72
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	8	8
лекции	8	8
лабораторные	-	-
практические		
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	64	64
Курсовой проект	-	-

Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание (реферат)		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	28	28
Экзамен	36	36

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Адсорбция на однородной поверхности и пористых материалах</b>					
	Мономолекулярная адсорбция. Полимолекулярная адсорбция. Теория БЭТ. Теория капиллярной конденсации. Капиллярно-конденсационный гистерезис. Интегральная и дифференциальная (адсорбционный потенциал) работы адсорбции; интегральная и дифференциальная энтропия и энтальпия (теплота) адсорбции и смачивания на энергетически однородной и неоднородной поверхностях.	3			25
<b>2. Коллоидные растворы. Структурированные дисперсные системы</b>					
	Методы получения и очистки лиофобных золей. Оптические свойства коллоидных растворов. Электрокинетические явления в гидрофобных золях. Пути образования ДЭС. Устойчивость коллоидных растворов. Виды коагуляции электролитами. Практическое применение структурированных дисперсных систем	3			25
<b>3. Микрогетерогенные системы. Методы получения и разрушения</b>					
	Суспензии. Свойства и методы разрушения разбавленных суспензий. Эмульсии. Агрегативная устойчивость эмульсий. Практическое применение. Пены. Флотация. Методы получения и разрушения пен. Аэрозоли и порошки. Методы получения и практическое применение.	2			14
	<b>ВСЕГО</b>	<b>8</b>			<b>64</b>

## **5.2. Содержание практических (семинарских) занятий**

Учебным планом не предусмотрены

## **5.3. Содержание лабораторных занятий**

Учебным планом не предусмотрены

## **6. Ресурсное обеспечение.**

Кафедра теоретической и прикладной химии располагает кадровыми ресурсами, гарантирующими качество подготовки аспиранта по специальности 1.4.10 Коллоидная химия в соответствии с ФГТ.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

**Лекционные занятия** проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой, имеется комплект электронных презентаций, информационные стенды.

Имеются компьютеры, подключенные к сети «Интернет», с необходимым лицензионным программным обеспечением Microsoft Windows 7; Microsoft Office Professional 2013.

## **8. Основная и дополнительная литература**

### **8.1. Перечень основной литературы**

1. Слюсарь, А.А. Влияние модификаторов на коллоидно-химические свойства водных минеральных суспензий: монография / А.А. Слюсарь, О.А. Слюсарь, Белгород: БГТУ. – 2013. – 176 с.
2. Фанина Е.А. Электропроводящие композиты приоритетных силикатов и переходных форм углерода [Электронный ресурс]: монография / Е.А. Фанина, А.Н. Лопанов, – Электрон. текстовые данные – Белгород: БГТУ. – 2015. – 244 с. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015101514095972100000658719>
3. Щукин Е.Д. Коллоидная химия: Учеб. для университетов и хим.-технолог. вузов / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. – М.: Высш. шк., 2007. – 443 с.
4. Слюсарь, А.А. Промышленные суспензии с модификаторами на основе оксифенолфурфурольных соединений [Электронный ресурс]: монография / А. А. Слюсарь, О.А. Слюсарь, – Электрон. текстовые данные – Белгород: БГТУ. – 2013. – 127 с. –Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014040921054522430300009495>

5. Ключев С.В. Фибробетон с использованием композиционных вяжущих и сырьевых ресурсов КМА для ремонта мостовых конструкций [Электронный ресурс]: монография / С.В. Ключев, К.С. Ракитченко, Р.В. Лесовик, А.В. Ключев, А.В. Гинзбург, – Электрон. текстовые данные – Белгород: БГТУ. – 2014. – 130 с. –Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015110311474113800000655167>
6. Слюсарь, О.А. Коллоидная химия [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям для студентов дневной и заочной форм обучения направления аспирантуры 04.06.01 – Химические науки / О.А. Слюсарь, – Электрон. текстовые данные – Белгород: БГТУ. – 2018. – 53 с. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2018031411421213500000653982>

## 8.2. Перечень дополнительной литературы

1. Шаповалов Н.А. Смеси с высокой проникающей способностью для строительства укрепленных оснований автомобильных дорог с использованием отходов КМА [Электронный ресурс]: монография / Н. А. Шаповалов, Р. В. Лесовик, Е. И. Назаренко, – Электрон. текстовые данные – Белгород: БГТУ. – 2005. – 92 с. –Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014040921071222111600007049>
2. Косухин М.М. Регулирование свойств бетонных смесей и бетонов комплексными добавками с разными гидрофильными группами: монография / М.М Косухин, – Электрон. текстовые данные – Белгород: БГТУ. – 2005. – 193 с. –Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014040921061820395900008949>
3. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю.Г. Фролов. – М.: Альянс, 2004. – 462 с.
4. Сумм, Б.Д. Основы коллоидной химии / Б.Д. Сумм. – М.: Академия – 2007. – 405с.
5. Полуэктова В.А. Суперпластификатор на основе флороглуцин-фурфрольных олигомеров для водных минеральных суспензий: монография / В.А. Полуэктова, А.А. Слюсарь, Н.А. Шаповалов, Белгород: БГТУ, 2012. –108 с.
6. Краткий справочник физико–химических величин./ Под ред. А.А. Равделя, 9-е изд. – СПб: "Специальная литература", 1999. - 232 с.
7. Плетнев М.Ю. Поверхностно-активные вещества. Справочник /М.Ю.Плетнев, М.2000
8. Шаповалов Н.А. Пластифицирующие добавки в бетоны [Электронный ресурс]: монография / Н.А. Шаповалов, В.А. Полуэктова, Белгород: БГТУ, 2016. – 128 с. –Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2016123011070313000000657832>

## 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Министерство науки и высшего образования РФ: <http://minobrnauki.gov.ru>
2. Российское образование ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ПОРТАЛ: <http://www.edu.ru>
3. Сайт НТБ БГТУ им. В.Г. Шухова: <http://ntb.bstu.ru>
4. Электронно-библиотечная система «IPRBooks»: <http://www.iprbookshop.ru>
5. Электронная библиотечная система издательства «Лань»: <http://e.lanbook.com>
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>
7. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» (Библиоклуб.ру): <http://biblioclub.ru/>
8. <http://www.twirpx.com/files/chidnustry/physchem>
9. <http://book.plib.ru/download/16299.html>

## 10. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

## 11. Оценочные средства

Оценочные средства для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля знаний по дисциплине «Коллоидная химия» представлены в виде фонда оценочных средств (далее – ФОС) в Приложении 1 к настоящей рабочей программе дисциплины.

## 12. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

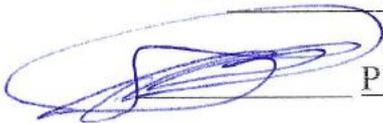
Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2023/2024 учебный год.

Протокол № 14 заседания кафедры от «30» 06 2023 г.

Заведующий кафедрой

Директор института

  
  
В.И. Павленко  
подпись, ФИО  
Р.Н Ястребинский

**Приложение 1**

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2024/2025 учебный год.

Протокол № 12 заседания кафедры от «28» 06 2024 г.

Заведующий кафедрой



В.И. Павленко

подпись, ФИО

Директор института



Р.Н Ястребинский

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**входного, текущего контроля/промежуточной аттестации аспирантов  
при освоении программы аспирантуры, реализующей ФГТ**

**ДИСЦИПЛИНА  
«Коллоидная химия»**

**Специальность: 1.4.10 Коллоидная химия**

Белгород 2022

# **1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности в процессе освоения образовательной программы**

## **1.1. Опрос на занятии**

### Перечень примерных контрольных вопросов

1. Что называют поверхностным натяжением? В каких единицах измеряется поверхностное натяжение? Как зависит поверхностное натяжение от температуры? Какими методами измеряют поверхностное натяжение жидкостей?
2. Какие вещества относятся к поверхностно-активным? Как классифицируется ПАВ? Какого типа пленки могут образовывать ПАВ на жидкой поверхности?
3. Какие силы действуют на каплю жидкости, истекающей из капилляра? Напишите уравнение, связывающее поверхностное натяжение исследуемой и стандартной жидкостей.
4. Выведите и проанализируйте уравнение Гиббса.
5. Опишите метод построения изотермы адсорбции из изотермы поверхностного натяжения.
6. Напишите уравнение Лэнгмюра. Какие процессы оно описывает?
7. Сформулируйте основные постулаты теории Лэнгмюра.
8. Перечислите электрокинетические явления, начертите схемы, их иллюстрирующие, и дайте каждому определение.
9. Сформулируйте основные положения теории Гельмгольца – Перрена, Гуи – Чепмена, Штерна. Начертите схемы строения границы раздела «твердое тело-раствор электролита» в соответствии с каждой из этих теорий.
10. Какие электролиты называют индифферентными и неиндифферентными? Начертите график, иллюстрирующий влияние одно-, двух- и трехвалентных ионов на электрокинетический потенциал золь.
11. Что такое лиотропные ряды? Приведите примеры лиотропных рядов катионов и анионов различной валентности.
12. Напишите и проанализируйте уравнение Смолуховского.
13. Напишите формулы коллоидных мицелл золь, методы получения которых приведены в разделе «Варианты выполнения работы», учитывая размеры и поляризуемость ионов, которые могут выступать в качестве потенциалоопределяющих.
14. Охарактеризуйте практическое значение электрокинетических явлений применительно к Вашей специальности.

## **2. Промежуточная аттестация**

### **2.1. Вопросы к экзамену**

Вопросы к экзамену выбираются из нескольких тематик.

Примерные тематики и вопросы к экзамену:

## **1. Определение, основные понятия коллоидной химии**

Коллоидная химия - наука о дисперсных системах и поверхностных явлениях в них. Предмет коллоидной химии. Фундаментальные особенности ультрадисперсного (коллоидного) состояния вещества. Место коллоидной химии в общей системе наук.

Признаки объектов коллоидной химии: гетерогенность и дисперсность. Количественные характеристики дисперсности: удельная поверхность, кривизна поверхности, дисперсность. Поверхностная энергия, адсорбция, смачивание, капиллярность, адгезия, когезия, электрические явления, возникновение новых фаз, устойчивость, коагуляция, структурообразование. Классификация дисперсных систем по размеру частиц, по агрегатному состоянию и по взаимодействию дисперсной фазы и дисперсионной среды, классификация свободно- и связно- дисперсных систем. Лиофобные и лиофильные системы.

Роль поверхностных явлений и дисперсных систем в природе и химической технологии. Значение коллоидной химии в развитии биологических, геологических наук, почвоведения, медицины. Коллоидная химия и защита окружающей среды.

## **2. Термодинамика поверхностных явлений**

Основы термодинамики поверхностного слоя. Основные отличия свойств поверхностного слоя от свойств объемных фаз. Способы описания термодинамики поверхностных явлений. Метод избыточных величин Гиббса. Разделяющая поверхность и поверхность разрыва. Поверхностная энергия в обобщенном уравнении I и II начал термодинамики. Природа взаимодействующих фаз и поверхностное натяжение. Поверхностное натяжение - мера энергии Гиббса межфазной поверхности. Уравнение Гиббса-Гельмгольца для внутренней (полной) энергии поверхностного слоя. Теплота образования единицы поверхности. Зависимость энергетических параметров поверхностного слоя от температуры.

Поверхностное натяжение и адсорбция. Определение адсорбции. Уравнение состояния при адсорбции. Изотерма, изопикна, изобара, изостера адсорбции. Фундаментальное адсорбционное уравнение Гиббса (связь поверхностного натяжения с химическим потенциалом). Гиббсовская (избыточная) адсорбция. Частное выражение уравнения Гиббса. Поверхностная активность веществ. Поверхностно-активные, поверхностно-инактивные вещества на разных межфазных границах.

Адгезия, смачивание и растекание жидкостей. Адгезия и когезия. Природа сил взаимодействия при адгезии. Адгезионное соединение и его характеристики. Характер и условия разрушения адгезионного соединения. Смачивание и краевой угол. Закон Юнга. Связь работы адгезии с краевым углом (уравнение Дюпре-Юнга). Лиофильные и лиофобные поверхности. Измерение краевого угла. Факторы, влияющие на установление равновесия при смачивании. Гистерезис краевого угла смачивания. Влияние ПАВ,

температуры и шероховатости поверхности на смачивание. Условия растекания жидкостей. Коэффициент растекания по Гаркинсу. Межфазное натяжение на границе между взаимно-насыщенными жидкостями и правило Антонова. Избирательное смачивание. Практическое значение адгезии и смачивания. Флотация.

Дисперсность и термодинамические свойства тел. Дисперсность как термодинамический параметр. Капиллярные явления в жидкостях (уравнение Лапласа). Капиллярный метод определения поверхностного натяжения (формула Жюрена). Уравнение Кельвина; изотермическая перегонка вещества. Роль капиллярных явлений в природе и технологии. Поверхностная энергия и равновесные формы тел. Принцип Гиббса-Кюри. Закон Вульфа. Зависимость термодинамической реакционной способности от дисперсности. Влияние дисперсности на растворимость, константу равновесия химической реакции, температуру фазового перехода. Нанодисперсные системы.

### **3. Адсорбция газов и паров на поверхности твердых тел**

Классификация механизмов адсорбции (физическая адсорбция, хемосорбция и ионообменная адсорбция). Природа адсорбционных сил. Особенности составляющих сил Ван-дер-Ваальса (ориентационных, индукционных и дисперсионных) при адсорбции. Уравнение для потенциальной энергии взаимодействия атома (молекулы) с поверхностью тела при адсорбции.

Адсорбция газов и паров на однородной поверхности. Уравнение мономолекулярной адсорбции Ленгмюра и его анализ. Определение констант уравнения. Уравнение Фрейндлиха. Теория полимолекулярной адсорбции БЭТ. Определение удельной поверхности методом БЭТ. Отличия физической адсорбции от хемосорбции.

Кинетика мономолекулярной адсорбции. Динамическое уравнение адсорбции. Уравнение Френкеля.

Расчет термодинамических параметров адсорбции. Интегральная и дифференциальная (адсорбционный потенциал) работы адсорбции; интегральная и дифференциальная энтропия и энтальпия (теплота) адсорбции и смачивания на энергетически однородной и неоднородной поверхностях.

Адсорбция газов и паров на пористых материалах. Количественные характеристики пористых материалов. Пористые тела корпускулярной, кристаллической и губчатой структуры, методы их получения. Классификация пор по Дубинину и теории адсорбции.

Теория капиллярной конденсации. Капиллярно-конденсационный гистерезис. Принцип ртутной порометрии. Расчет интегральной и дифференциальной кривых распределения объема пор по размерам.

Особенности адсорбции на микропористых материалах. Потенциальная теория Поляни. Адсорбционный потенциал. Характеристическая кривая адсорбции. Обобщенное уравнение теории Дубинина объемного заполнения

микропор, частные случаи этого уравнения (уравнение Дубинина-Радускевича). Адсорбция газов и паров в химической технологии.

#### **4. Адсорбция из растворов**

Обменная молекулярная адсорбция. Уравнение Гиббса для обменной молекулярной адсорбции. Изотерма гиббсовской адсорбции. Уравнение изотермы молекулярной адсорбции с константой обмена и ее анализ. Изотермы избирательной адсорбции, адсорбционная азеотропия.

Ионообменная адсорбция. Классификация ионитов и методы их получения. Основные физико-химические характеристики ионитов. Полная и динамическая обменные емкости, набухаемость и селективность. Константа равновесия ионного обмена, формула Никольского. Уравнение изотермы ионного обмена. Практическое использование ионитов.

Адсорбция ПАВ на границе раствора с газом. Уравнение Гиббса. Влияние строения молекул ПАВ на поверхностную активность. Зависимость поверхностного натяжения от состава раствора при соблюдении закона Генри и уравнения Ленгмюра. Отличия адсорбции на поверхности жидкостей и твердых тел.

Поверхностные пленки нерастворимых веществ. Типы поверхностных пленок и определение их характеристик. Уравнения состояния газообразных поверхностных (адсорбционных) пленок. Факторы, определяющие агрегатное состояние адсорбционных пленок. Определение строения адсорбционного слоя и размеров молекул ПАВ. Весы Ленгмюра. Химические реакции в поверхностных пленках. Пленки высокомолекулярных и белковых веществ. Методы получения пленок Ленгмюра-Блуджетт (ЛБ-пленки). Применение ЛБ-пленок в биологии и технике.

#### **5. Электроповерхностные свойства дисперсных систем**

Образование двойного электрического слоя (ДЭС). Соотношения между электрическим потенциалом и поверхностным натяжением (уравнение Липпмана). Электрокапиллярные кривые и определение параметров ДЭС по этим кривым.

Общие представления о теориях строения ДЭС. Уравнение Пуассона-Больцмана для диффузной части ДЭС и его решение. Уравнение Гуи-Чепмена. Толщина диффузного слоя и влияние на нее различных факторов. Емкость ДЭС. Двойной электрический слой по теории Штерна, перезарядка поверхности. Примеры образования ДЭС. Строение мицеллы гидрофобного золя.

Электрокинетические явления. Электрокинетический потенциал и влияние на него различных факторов. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского для электроосмоса и электрофореза. Эффекты, не учитываемые этим уравнением (поверхностная проводимость, электрофоретическое торможение, релаксационный эффект). Практическое использование электрокинетических явлений.

#### **6. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем**

Броуновское движение и его молекулярно-кинетическая природа. Связь между сдвигом частиц и коэффициентом диффузии (закон Эйнштейна-

Смолуховского). Экспериментальная проверка закона Эйнштейна-Смолуховского. Следствия из теории броуновского движения. Осмотическое давление ультрамикроретерогенных систем.

Связь размеров частиц со скоростью их осаждения. Закон Стокса. Седиментационный анализ полидисперсных систем. Кривая седиментации. Кривые распределения частиц по радиусам. Седиментация в центробежном поле. Равновесное ультрацентрифугирование как абсолютный метод определения массы частиц.

Седиментационно-диффузионное равновесие, гипсометрический закон.

## **7. Оптические свойства и методы исследования дисперсных систем**

Явления, наблюдающиеся при распространении света в дисперсных системах. Физическая сущность рассеяния света. Условия и виды рэлеевского рассеяния. Рассеяние малыми частицами поляризованного и неполяризованного света. Уравнение Рэля и его анализ. Форма индикатриссы рассеяния. Рассеяние поляризованного и неполяризованного света большими частицами. Причины угловой асимметрии рассеяния. Определение молекулярных масс высокомолекулярных соединений. Турбидиметрия и нефелометрия. Определение размеров частиц, не подчиняющихся уравнению Рэля (уравнение Геллера). Уравнение Дебая для определения молекулярных и мицеллярных масс. Квазиупругое (динамическое) светорассеяние, фотон-корреляционная спектроскопия.

Темнопольная микроскопия. Щелевой ультрамикроскоп. Конденсор темного поля. Световая микроскопия в проходящем свете. Электронная микроскопия и ее виды. Туннельная (полевая) микроскопия.

## **8. Получение, агрегативная устойчивость и коагуляция дисперсных систем**

*Общие вопросы устойчивости дисперсных систем.* Седиментационная и агрегативная устойчивости систем. Лиофильные и лиофобные системы: самопроизвольное образование одних и необходимость стабилизации других. Критерий лиофильности систем по Ребиндеру-Щукину. Растворы коллоидных ПАВ и ВМС как лиофильные системы. Процессы в дисперсных системах, обусловленные агрегативной неустойчивостью: изотермическая перегонка, коалесценция, коагуляция.

*Получение лиофобных дисперсных систем.* Методы диспергирования. Уравнение Ребиндера для работы диспергирования. Физико-химическое диспергирование осадков (пептизация).

Гомогенная и гетерогенная конденсация. Метастабильное состояние. Энергия образования зародыша новой фазы, критический радиус зародыша. Две стадии образования новой фазы (теория Гиббса-Фольмера) - нуклеация (зародышеобразование) и рост частиц. Связь кинетики образования новой фазы с пересыщением. Управление дисперсностью при гомогенной конденсации. Примеры получения дисперсных систем методами физической и химической конденсации.

*Кинетика коагуляции лиофобных систем.* Быстрая и медленная коагуляция. Кинетика коагуляции по Смолуховскому. Уравнение скорости

коагуляции, константа скорости и время половинной коагуляции. Зависимость числа частиц разного порядка от времени.

Агрегативная устойчивость лиофобных систем. Факторы устойчивости лиофобных систем. Основные положения теории ДЛФО. Расклинивающее давление и его составляющие: молекулярная, электростатическая, структурная. Уравнение для расклинивающего давления и энергии электростатического отталкивания при взаимодействии слабозаряженных поверхностей. Уравнение для энергии притяжения между частицами. Общее уравнение для энергии взаимодействия дисперсных частиц. Потенциальные кривые взаимодействия частиц в ионостабилизированных дисперсных системах. Потенциальный барьер и его зависимость от толщины диффузного слоя. Коагуляция в первичном и вторичном минимумах.

Электролитная коагуляция; нейтрализационная и концентрационная коагуляции. Порог коагуляции. Пептизация коагулятов. Влияние на порог коагуляции заряда ионов электролита. Правило Шульце-Гарди (закон Дерягина). Коагуляция смесями электролитов.

Структурно-механический барьер по Ребиндеру. Формирование связно-дисперсных структур. Реологические параметры межфазных адсорбционных слоев (модуль упругости и вязкость). Лиофилизация поверхности частиц дисперсной фазы (уменьшение сложной константы Гамакера).

Модели агрегации в дисперсных системах, агрегаты как фрактальные системы. Особенности дисперсных систем, стабилизированных ВМС и ПАВ.

Методы очистки промышленных суспензий, основанные на изменении агрегативной и седиментационной устойчивости дисперсных систем.

Системы с жидкой дисперсионной средой. Лиозоли, жидкие кристаллы, суспензии. Диаграмма фазовых состояний многокомпонентных систем, содержащих ПАВ. Стабилизация и коагуляция золь и суспензий в водных и органических средах. Золь-гель переход как способ получения новых материалов. Осаждение, фильтрация суспензий и использование коагулянтов, флокулянтов и ПАВ. Технические суспензии и пасты минеральных и органических веществ.

Эмульсии, их классификация. Стабилизация эмульсий ПАВ, ВМС и порошками. Обращение фаз эмульсий. Определение типа эмульсий. Разрушение эмульсий. Деэмульгаторы. Эмульсии в природе, технике и химической технологии.

Пены, их стабилизация и разрушение. Тонкие пленки (серые, черные). Поверхностное натяжение тонких пленок. Эффекты Гиббса и Марангони-Гиббса.

Системы с газообразной дисперсионной средой. Аэрозоли: дымы, пыли, туманы. Получение, свойства и способы разрушения аэрозолей. Факторы стабилизации аэрозолей. Физические основы улавливания аэрозолей на фильтрах. Порошки, их текучесть, склонность к коагуляции. Физико-химические основы переработки порошков.

Системы с твердой дисперсионной средой. Факторы стабилизации в системах с твердой дисперсионной средой. Высокопористые материалы -

адсорбенты и катализаторы. Пенопласты, пенобетон, пеностекло. Наполненные и закристаллизованные стекла и эмали. Наполненные полимеры, композиционные материалы. Металлические сплавы.

## **8. Поверхностно-активные вещества**

Общая характеристика и классификация ПАВ. Свойства водных растворов ПАВ. Мицеллообразование. Влияние длины углеводородного радикала на критическую концентрацию ассоциации и ККМ. Точка Крафта. Оценка дифильных свойств ПАВ. Гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ), гидрофильно-олеофильное соотношение и их определения. Гидрофобные взаимодействия в водных растворах ПАВ. Изменение структуры воды при мицеллообразовании. Энтропийная природа мицеллообразования в водной среде. Факторы, влияющие на критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ). Методы определения ККМ. Образование мицелл в неводной среде (обратных мицелл). Природа сил при мицеллообразовании в углеводородной среде. Термодинамика мицеллообразования. Квазихимический и псевдофазный подходы. Два уровня ассоциации. Солюбилизация. Микроэмульсии. Основные факторы мощного действия в водной и неводной среде. Смеси ИПАВ и НПАВ. Биоразлагаемость и токсичность ПАВ.

Строение и полиморфные превращения мицелл. Классификация жидкокристаллического состояния. Фазовые переходы в жидкокристаллических системах. Лиотропные жидкие кристаллы. Мембраноподобные системы (везикулы). Мицеллярный катализ.

## **9. Растворы высокомолекулярных соединений**

Фазовые диаграммы растворов полимеров. Термодинамический критерий деления растворов на разбавленные и концентрированные.

Конформационное состояние макромолекулы. Размеры и форма макромолекулы в растворе. Свойства гауссова клубка. Термодинамика набухания и растворения полимеров. Межмолекулярные и внутримолекулярные взаимодействия в растворах полимеров. Свойства разбавленных растворов полимеров. Осмотическое давление. Термодинамическое сродство полимеров к растворителю и его критерии. Температура Флори. Характеристическая концентрация как граница разбавленных растворов полимеров. Концентрированные растворы полимеров. Применение правила фаз Гиббса к растворам полимеров. Растворы полиэлектролитов. Белковые системы, комплексы полиэлектролитов и ПАВ.

## **10. Физико-химическая механика дисперсных систем**

Структурообразование в дисперсных системах. Формирование структур в различных дисперсных системах (наносистемах) как частный случай коагуляции. Коагуляционно-тиксотропные и конденсационно-кристаллизационные структуры; взаимные переходы. Теория структурообразования - основа получения новых материалов. Типы и прочность контактов между частицами в структурированных дисперсных

системах. Влияние дисперсионной среды, ПАВ и электролитов на силы сцепления в контактах.

Реологический метод исследования дисперсных систем. Основные понятия. Реологические параметры. Реологические модели (Гука, Сен-Венана-Кулона, Ньютона, Кельвина и Максвелла). Принципы моделирования реологических свойств тел. Упруговязкое, вязкоупругое, вязкопластическое тела. Время релаксации напряжения и деформации.

Классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Псевдопластические и дилатантные жидкости. Тиксотропия и реопексия. Бингамовские и небингамовские твердообразные тела. Методы измерения вязкости. Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем. Уравнение Эйнштейна. Уравнения Штаудингера, Марка-Куна-Хаувинка и Хаггинса для растворов полимеров.

Реологические свойства структурированных жидкообразных и твердообразных систем. Типичные кривые течения. Характеристики прочности структуры. Зависимость вязкости от напряжения сдвига. Полная реологическая кривая.

Гели (студни); синерезис. Золь-гель технология неорганических материалов как контролируемый переход от свободнодисперсной системы (золя) к связнодисперсной (гелю) и материалу.

Эффект Ребиндера. Связь прочности с поверхностным натяжением (уравнение Гриффитса). Адсорбционное влияние среды на пластичность и прочность твердых тел и материалов. Адсорбционное понижение прочности. Эффект Ребиндера; основные факторы, определяющих формы и интенсивность его проявления; роль в геологических процессах, использование в технике.

## **12. Явления переноса в пористых телах и мембранные методы разделения смесей**

Классификация мембран и мембранных методов. Принципы получения мембран и их характеристики. Мембранные равновесия. Уравнения Доннана. Мембранные потенциалы.

Течение жидкостей и газов в пористых телах. Закон Дарси и коэффициент проницаемости, уравнение Гаген-Пуазейля. Кнудсеновский поток и разделение газов. Диализ и электродиализ. Микрофльтрация, ультрафльтрация и обратный осмос. Проницаемость и селективность, концентрационная поляризация. Применение мембранных методов.

## **13. Коллоидная химия и охрана окружающей среды**

Коагуляционные методы очистки природных и сточных вод. Перикинетическая, ортокинетическая коагуляция, гетерокоагуляция. Коагуляция порошками. Электрохимическая коагуляция. Флокуляционные методы очистки. Пенная сепарация Флотация, микрофлотация. Адсорбционные методы очистки сточных вод от органических веществ. Баромембранные методы очистки. Способы осаждения аэрозолей.

### **3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности в процессе освоения образовательной программы**

Контроль освоения дисциплины «Коллоидная химия» на этапах текущей промежуточной аттестации проводится в соответствии с действующим Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

#### Критерии оценивания знаний обучающихся при проведении опроса:

- **Оценка «отлично»** – обучающийся четко выражает свою точку зрения по рассматриваемым вопросам, приводя соответствующие примеры.
- **Оценка «хорошо»** – обучающийся допускает отдельные погрешности в ответе.
- **Оценка «удовлетворительно»** – обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного и нормативного материала.
- **Оценка «неудовлетворительно»** – обучающийся обнаруживает существенные пробелы в знаниях основных положений дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи.

#### Критерии оценки знаний обучающихся при проведении тестирования:

Результат тестирования оценивается по процентной шкале оценки.

Каждому обучающемуся предлагается комплект тестовых заданий из 25 вопросов:

- **Оценка «отлично»** – 25-22 правильных ответов.
- **Оценка «хорошо»** – 21-18 правильных ответов.
- **Оценка «удовлетворительно»** – 17-13 правильных ответов.
- **Оценка «неудовлетворительно»** – менее 13 правильных ответов.

#### Критерии оценки доклада:

- **Оценка «отлично»** ставится, если выполнены все требования к написанию и защите доклада: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

- **Оценка «хорошо»** ставится, если основные требования к докладу и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

- **Оценка «удовлетворительно»** ставится, если имеются существенные отступления от требований к докладу. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании доклада или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

- **Оценка «неудовлетворительно»** ставится, если тема доклада не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

#### Критерии оценки знаний при проведении зачета:

- **Оценка «зачтено»** выставляется аспиранту, который: прочно усвоил предусмотренный учебным планом материал дисциплин; правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров; показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими изучаемыми дисциплинами.

Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной работы, систематическая активная работа на аудиторных занятиях.

- **Оценка «не зачтено»** выставляется аспиранту, который не справился с 50% вопросов и заданий билета, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем. Целостного представления о взаимосвязях, компонентах, дисциплины у аспиранта нет.

#### Критерии оценки при проведении экзамена:

- **Оценка «отлично»** выставляется аспиранту, при наличии всестороннего, систематического и глубокого знания учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется аспирантам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала;

- **Оценка «хорошо»** выставляется аспиранту, если он показывает полное знание учебно-программного материала, успешно выполняет задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется аспирантам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебы и профессиональной деятельности;

- **Оценка «удовлетворительно»** выставляется аспиранту, в случае знания основного материала учебной программы в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной

литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется аспирантам, допустившим погрешности в ответе на экзамене/зачете и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;

- **Оценка «неудовлетворительно»** выставляется аспиранту, при наличии пробелов в знаниях основного материала учебной программы, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится аспирантам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей.