



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

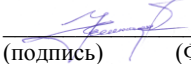
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

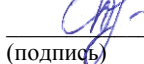
«СОГЛАСОВАНО»

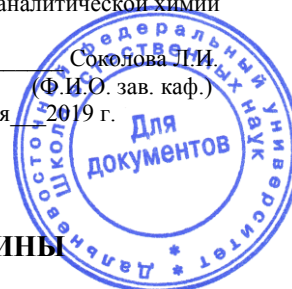
Руководитель ОП  
«Физическая химия»

 Кондриков Н.Б.  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)  
« 08 » июня 2019 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
Физической и аналитической химии

 Соколова Л.И.  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)  
« 08 » июня 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физическая химия**

Направление подготовки 04.06.01 «Химические науки»

Профиль «Физическая химия»

Форма подготовки (очная)

курс 2 семестр 4  
лекции 18 час. / 0,5 з.е.  
с использованием МАО – 6 час.  
практические занятия 36 час. / 1 з.е.  
с использованием МАО – 12 час.  
лабораторные работы не предусмотрены  
всего часов контактной работы 54 час. / 1,5 з.е.  
в том числе с использованием МАО - 18, в электронной форме - нет.  
самостоятельная работа 54 час. / 1,5 з.е.  
в том числе на подготовку к экзамену – 18 час. / 0,5 з.е.  
курсовая работа / курсовой проект - не предусмотрено  
зачет \_\_\_ семестр.  
экзамен 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30.07.2014 г. № 869

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физической и аналитической химии, протокол № 12 от «08» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой: профессор кафедры физической и аналитической химии, к.х.н. Соколова Л.И.

Составители: докт. хим. наук, профессор Кондриков Н.Б., докт. хим. наук, доцент, кафедры физической и аналитической химии Васильева М.С.

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «08» февраля 2020 г. № 4

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись)

Соколова Л.И.  
(И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры (академического департамента):**

Протокол от «22» января 2021 г. № 3

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись)

Соколова Л.И.  
(И.О. Фамилия)

## **Аннотация рабочей программы учебной дисциплины «Физическая химия»**

Дисциплина «Физическая химия» предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательной программе «Физическая химия» и входит в вариативную часть учебного плана «Обязательные дисциплины» Б1.В.ОД. При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 04.06.01. Химические науки, учебный план подготовки аспирантов по профилю «Физическая химия».

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 часов). Учебным планом предусмотрены лекции (18 часов), практические работы (36 часов), самостоятельная работа (54 часа). Форма контроля-экзамен (4 семестр)

«Физическая химия» является фундаментальной физико-химической дисциплиной профиля «Физическая химия». В ней обсуждаются разделы электрохимии, изучающие основные свойства и проявления жизни на молекулярной уровне.

**Цель** – приобретение знаний о роли поверхностных и каталитических процессов в комплексе химических и технологических наук и об основах и методах экспериментального и теоретического изучения сорбционных и каталитических процессов,

### **Задачи:**

1. Формирование знаний о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в области физической химии.

2. Освоение методов отбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов исследования в области физической химии.

Для успешного изучения дисциплины «Физическая химия» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала

способность использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач

владеть теорией и навыками практической работы в области физической химии

В результате изучения дисциплины у аспирантов формируются следующие общепрофессиональные / профессиональные компетенции:

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>	
ОПК-1: способность	Знает	- современное состояние науки в области

самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физической химии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		физической химии; - современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в области физической химии
	Умеет	-выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования; - представлять результаты научной работы
	Владеет	- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; - навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности
ОПК-2 готовностью организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук	Знает	- основные принципы организации работы в коллективе и способы разрешения конфликтных ситуаций
	Умеет	- планировать научную работу, формировать состав рабочей группы и оптимизировать распределение обязанностей между членами исследовательского коллектива; - осуществлять подбор обучающихся в бакалавриате, специалитете и магистратуре для выполнения НИР и квалификационных работ
	Владеет	- организаторскими способностями, навыками планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива; - навыками коллективного обсуждения планов работ, получаемых научных результатов, согласования интересов сторон и урегулирования конфликтных ситуаций в команде
ПК-1: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности (направленности) Физическая химия	Знает	- современное состояние науки в области электрохимии - методологию проведения синтеза и исследования в области физической химии
	Умеет	- определять цель и задачи исследования, планировать и осуществлять экспериментальное исследование - представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу
	Владеет	- методами планирования, подготовки, проведения НИР по физической химии - методами анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по физической химии
ПК-3 Способность профессионально	Знает	современное состояние науки в избранном научном направлении. Иметь представления о

излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций		перспективных и нерешенных проблемах физической химии и использование этих сведений при составлении плана исследований и его реализации
	Умеет	ориентироваться в многочисленном потоке информации с целью обоснования собственного направления исследований и реализации плана работы
	Владеет	навыками поиска и оценки информации необходимой для решения исследовательских и практических задач в области физической химии с использованием современных информационных и патентных баз данных (в том числе Scopus, РИНЦ, Web of Science)

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Физическая химия» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: включают в себя лекции-беседы, проблемные лекции, лекции визуализации, работа по индивидуальному заданию и составляют 18 часов.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 ЧАСОВ)**

**Из них интерактивные формы обучения составляют 6 часов.**

**МОДУЛЬ 1. Введение. Теоретические вопросы исследования адсорбционных процессов (9 час.).**

**Раздел I. Введение. Предмет и задачи курса «Современные проблемы физической химии» (1 час.)**

Используемые активные и интерактивные методы: лекция-беседа.

**Тема 1: Введение. Предмет и задачи курса «Современные проблемы физической химии» (1 час.)**

Введение. Предмет и задачи курса «Современные проблемы физической химии».

*Проблемная лекция.*

**Раздел II. Теоретические вопросы исследования адсорбционных процессов (8 час.)**

**Тема 1: Компоненты сорбционных систем и их свойства (2 час.).**

Структурные характеристики адсорбентов. Экспериментальные методы изучения процессов из газовой фазы и из растворов. Взаимодействие полярных молекул с полярной поверхностью, ориентационная составляющая адсорбционных сил, формула Кеезома. Механизм индукционного взаимодействия молекул с поверхностью. Взаимодействие неполярных молекул с неполярной поверхностью, дисперсионная составляющая адсорбционных сил, уравнение Лондона. Уравнение Леннарда-Джонсона, учитывающее основные составляющие адсорбционных сил. Потенциальная

диаграмма взаимодействия молекулы с поверхностью адсорбента. Примеры проявления составляющих адсорбционного взаимодействия в конкретных системах. Условия адсорбционного равновесия. Выражения поверхностной энергии. Фундаментальные уравнения Гиббса для поверхностного слоя. Свободная энергия адсорбции.

Используемые активные и интерактивные методы: лекция-беседа, лекция визуализация.

*Лекция визуализация.*

### **Тема 2: Новые теории равновесных сорбционных систем (2 час.).**

Теория мономолекулярной адсорбции. Анализ изотермы Лэнгмюра (область Генри, область полного заполнения поверхности, смысл константы адсорбции). Использование изотермы Лэнгмюра для определения теплоты адсорбции, удельной поверхности адсорбента. Капиллярное давление, закон Лапласа. Зависимость давления пара и растворимости от кривизны поверхности; законы Кельвина и Гиббса–Оствальда. Применимость уравнения БЭТ в качестве стандартного метода определения удельной поверхности адсорбентов, а также для определения чистой теплоты адсорбции. Недостатки теории БЭТ. Изотермическая перегонка в дисперсных системах. Механизм капиллярной конденсации в зависимости от формы пор. Объяснение петель адсорбционно - десорбционного гистерезиса. Теории Зигмонди, бутылкообразных и открытых цилиндрических пор. Применение теории капиллярной конденсации для определения структурных характеристик адсорбентов. Физическое состояние адсорбатов в микропорах, особые свойства адсорбционной фазы. Аналогия между уравнениями теории объемного заполнения микропор и теории растворов как свидетельство их внутренней связи.

*Проблемная лекция.*

### **Тема 3. Неравновесные адсорбционные системы (2 час.).**

Кинетические закономерности собственно адсорбционной и диффузионной стадии. Влияние пористой структуры адсорбентов на кинетику адсорбции. Методы расчета кинетических параметров процессов адсорбции. Математическое описание динамики адсорбции. Формула Шилова. Уравнение материального баланса. Факторы, влияющие на форму выходной кривой: природа органического адсорбата, пористая структура адсорбента, гидродинамический режим. Причины размывания выходной кривой. Практическое применение соотношений динамики адсорбции: промышленные адсорберы, хроматография. Методы регенерации адсорбентов. Выбор оптимальной пористой структуры. Правило уравнивания полярностей (Ребиндер). Адсорбция ПАВ из растворов на поверхности твердых тел. Модифицирующее действие ПАВ - гидрофилизация и гидрофобизация твердых поверхностей.

*Проблемная лекция.*

### **Тема 4. Современные методы управления процессами в сорбционных системах модифицирования поверхности (2 час.).**

Электросорбционные процессы: влияние величины потенциала, природы сорбата и сорбента на величину электросорбции. Моделирование электросорбционных процессов в пористых матрицах, влияние пористой структуры на распределение электрохимических параметров и величину сорбции. Химическое и электрохимическое модифицирование поверхности с целью получения поверхностно-модифицированных материалов и новых нанокompозитных материалов (углеродные трубки, гибридные сорбенты, наносорбенты).

*Лекция-беседа.*

**МОДУЛЬ 2. Теоретические основы исследования каталитических процессов (9 час.).**

**Раздел I. Теоретические основы катализа. Фундаментальные вопросы катализа (6 час.).**

**Тема 1. Краткий исторический очерк. Общие принципы катализа (2 ч).**

Основные этапы развития катализа. Феноменология катализа. Роль катализа в современной химической промышленности и в живой природе. Общие принципы катализа. Катализ и равновесие. Промежуточные соединения в катализе, катализатор как астехиометрический реагент. Каталитический цикл. Новый реакционный путь, открываемый катализатором. Факторы, определяющие скорость каталитической реакции. Эффекты компенсации и дополнительного связывания. Взаимодействие реакционной среды и катализатора. Активные формы гомогенных и гетерогенных катализаторов. Стационарное состояние катализатора. Обратная связь и саморегулирование в катализе. Принципы классификации катализаторов и каталитических процессов. Основные характеристики катализаторов: активность, селективность, стабильность.

*Проблемная лекция.*

**Тема 2. Методы исследования катализаторов и каталитических процессов (2 час.).**

Типы каталитических реакторов: статические, проточные и проточно-циркуляционные системы. Микрокаталитические реакторы. Интегральный и дифференциальные методы, безградиентные методы. Политермические методы: ТПД, ТПР. Методы идентификации и количественного анализа продуктов каталитических реакций: хроматография, хроматомасс-спектрометрия. Методы определения элементного состава катализаторов, спектральные и химические методы. Термогравиметрия. Методы исследования текстуры пористых катализаторов. Адсорбционные методы, ртутная порометрия. Газохроматографические методы. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ. Электронная микроскопия. Туннельная и атомно-силовая микроскопия. Изотопные методы в катализе. Кинетический изотопный эффект. Изотопный обмен, меченые соединения. ИК-, КР- и УФ-спектроскопия. Радиоспектроскопия: ЭПР и ЯМР. Рентгеновская спектроскопия поглощения. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Оже-спектроскопия.

*Лекция-беседа.*

### **Тема 3. Катализ и адсорбция (1 час.).**

Кинетика гетерогенных реакций. Кинетические модели гетерогенных реакции, Лэнгмюра-Хиншельвуда и Ридила-Эли. Стадийные и слитные механизмы в гетерогенном катализе, примеры процессов. Степень компенсации и потенциальные профили для этих механизмов. Электронные представления в катализе. Элементы зонной теории полупроводников. Слабые и сильные формы хемосорбционной связи на поверхности полупроводниковых катализаторов, их реакционная способность. Радикальные механизмы реакций в полупроводниковом катализе. Отравление, промотирование, модифицирование катализаторов в рамках электронной теории. Роль уровня Ферми, как регулятора скорости, селективности реакций на поверхности полупроводников.

*Лекция-визуализация.*

### **Тема 4. Основы гетерогенного катализа (1 час.)**

Характеристика гетерогенных катализаторов – активность, селективность, избирательность. Отдельные стадии в гетерогенном катализе. Адсорбция. Диффузия. Кинетика и механизмы реакций. Энергетические аспекты. Электронные факторы в гетерогенном катализе. Промоторы и яды. Проблема дезактивации и регенерации катализаторов

*Лекция-визуализация.*

## **Раздел II. Современное состояние и перспективы развития каталитических процессов (3 час.).**

### **Тема 1. Актуальные проблемы катализа (1 час.).**

Активация малых молекул (азот, диоксид углерода, низшие алканы). Биомиметика. Катализ и экология, катализ и новые источники энергии. Запасание энергии. Водородные технологии. Катализ и новые материалы. Каталитические способы переработки биомассы.

*Лекция-визуализация.*

### **Тема 2. Примеры промышленных процессов (1 час.)**

Основные процессы нефтепереработки – пиролиз, крекинг, риформинг. Гидрирование в производстве метанола, альдегидов и кетонов, аминов. Дегидрирование в производстве стирола, бутадиена. Процессы окисления – производство оксида этилена, формальдегида, малеинового и фталевого ангидридов, акролеина, окислительный аммонолиз. Алкилирование, dealкилирование. Получение этилбензола и кумола, алкилирование парафинов олефинами. Получение синтез-газа. Процесс Фишера–Тропша. Синтез метанола. Карбонилирование спиртов. Получение бензинов и индивидуальных углеводов на базе метанола.

*Проблемная лекция.*

### **Тема 3. Модифицирование поверхности твердых тел (1 час.).**

Особенности поверхностных свойств твердых тел различной химической природы. Влияние химического состояния поверхности на физические и химические свойства твердых тел. Методы модифицирования поверхности: физическое (легирование, ионная имплантация, нанесение



тонких пленок и покрытий) и химическое (изменение функционального покрова) модифицирование. Химическое модифицирование поверхности. Требования к модификаторам. Якорная группа и стабильность поверхностно-модифицированных материалов. Привитый слой – важнейший элемент химически модифицированного материала. Строение привитых слоев. Распределение привитых молекул в слое. Двумерность, макромолекулярность и полифункциональность привитого слоя. Взаимное влияние привитых молекул. Химическое модифицирование гидроксильных носителей металлоорганическими соединениями – путь синтеза гетерогенных металлокомплексных катализаторов. Применение поверхностно-модифицированных материалов: селективные сорбенты, катализаторы, ионообменники, сенсоры, наполнители пластмасс, стабилизаторы и т. д.

*Лекция-беседа.*

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Занятие №1 (4 час.)**

**Тема:** Определение параметров пористой структуры сорбентов.

Классические и современные методы определения пористости, удельной поверхности, распределения объемов пор по радиусам пор.

### **Занятие №2 (4 час.)**

**Тема:** Расчет показателей адсорбируемости веществ (константа адсорбции, свободная энергия адсорбции) по данным адсорбции из растворов.

### **Занятие №3 (4 час.)**

**Тема:** Расчет показателей адсорбируемости веществ (константа адсорбции, свободная энергия адсорбции) по данным адсорбции из растворов.

### **Занятие №4 (4 час.)**

**Тема:** Определение характеристик массопереноса в пористой структуре реальных сорбентов.

### **Занятие №5 (4 час.)**

**Тема:** Компьютерное моделирование выходных кривых по уравнениям динамики адсорбции.

Теоретический расчет кинетики адсорбции по уравнениям кинетики адсорбции.

### **Занятие № 6 (4 час.)**

Приготовление адсорбционных катализаторов и определение их активности.

### **Занятие № 7 (3 час.)**

Определение теплоты адсорбции методом газовой хроматографии. Каталитическое окисление пероксидом водорода органических примесей в воде.

### **Занятие № 8 (3 час.)**

Формирование электродов-катализаторов термическим и гальваническим способами.

**Занятие № 9 (3 час.)**

Получение гипохлорита натрия (активного хлора), как обеззараживающего агента электролизом разбавленных хлоридных растворов.

**Занятие №10 (3 час.)**

Электрокоагуляция с растворимыми алюминиевыми анодами.

**Занятие №11 (3 час.)**

Определение параметров электрофлотационной очистки.

**Занятие №12 (3 час.)**

Электрохимическое управление адсорбционно-десорбционными процессами.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физическая химия» представлено в приложении 1и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ КУРСА**

Для контроля используются следующие оценочные средства:

УО-1 – индивидуальное собеседование, в основном на зачете;

УО-2 – коллоквиум – учебное занятие в виде коллективного собеседования;

ПР-1 – письменный (или компьютерный) тест;

№ п/п	Контролируемые разделы	Коды, наименование и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Теоретические вопросы исследования адсорбционных процессов	ОПК-1	Знает современное состояние науки в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ОПК-2	Умеет планировать научную работу, формировать состав рабочей группы и оптимизировать распределение обязанностей между членами	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1

			исследовательского коллектива		
		ПК-1	Знает методологию проведения синтеза и исследования в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
2	Теоретические основы исследования каталитических процессов	ОПК-1	Умеет выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ОПК-2	Владеет организаторскими способностями, навыками планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива		
		ПК-1	Умеет определять цель и задачи исследования, планировать и осуществлять экспериментальное исследование	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
3	Теоретические вопросы электрохимии	ОПК-1	Умеет представлять результаты научной работы	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ОПК-2	Владеет организаторскими способностями, навыками планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-1	Владеет методами планирования, подготовки, проведения НИР по физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении 2.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Еремин, В. В. Основы физической химии. Теория и задачи / В. В. Еремин, С. И. Каргов, И. А. Успенская, Н. Е. Кузменко, В. В. Лунин. – М. :

- Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 450 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:237432&theme=FEFU>
2. Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика /И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт; пер. с англ. В. И. Ролдугина. – Долгопрудный : Интеллект, 2010. – 501 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:289588&theme=FEFU>
3. Харитонов, Ю. Я. Физическая химия: учебник для высшего профессионального образования / Ю. Я. Харитонов. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 608 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:695584&theme=FEFU>
4. Tolmachev, A. M. Adsorption of Gases, Vapors and Liquids / A. M. Tolmachev. – М. : Granica, 2012. – 214 p.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:689394&theme=FEFU>
5. Холмберг, К. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах [Электронный ресурс] / К. Холмберг, Б. Йёнссон, Б. Кронберг и др.; пер. 2-го англ. изд. - 2-е изд. (эл.). – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 532 с.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=478051>
6. Комаров, В. С. Адсорбенты и носители катализаторов. Научные основы регулирования пористой структуры: Монография / В. С. Комаров, С. В. Бесараб. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 203 с.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=448449>
7. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия: учебник для вузов. / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. – М. : Лань, 2015. – 672 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=58166](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=58166)

#### Дополнительная литература

1. Семиохин, И. А. Физическая химия : учебник / И. А. Семиохин. – М.: Изд-во Московского университета, 2001. – 270 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:403641&theme=FEFU>
2. Физическая химия: Современные проблемы / Под общ. ред. Я. М. Колотыркина. – М. : Химия, 1998. – 240 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:325246&theme=FEFU>
3. Эмануэль, Н. М. Курс химической кинетики: учебное пособие / Н. М. Эмануэль, Д. Г. Кнорре. – М. : Высшая школа, 1984. – 463 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:245377&theme=FEFU>
4. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия: учебное пособие для вузов / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий. – М. : Высшая школа, 1987. – 295 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:55231&theme=FEFU>
5. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг. - М. : Мир, 1984.-310 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:71188&theme=FEFU>
6. Киперман, С. Л. Основы химической кинетики в гетерогенном катализе / С. Л. Киперман. – М. : Химия, 1979. – 348 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:693930&theme=FEFU>

7. Панченков, Г. М. Химическая кинетика и катализ: учебное пособие для вузов / Г. М. Панченков, В. П. Лебедев. – М. : Химия, 1974. – 592 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:58437&theme=FEFU>

8. Сеттерфилд, Ч. Практический курс гетерогенного катализа / Ч. Сеттерфилд; пер. с англ. А. Л. Клячко, В. А. Швеца. – М. : Мир, 1984. – 520 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:50244&theme=FEFU>

9. Адамсон, А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон; под ред. З. М. Зорина, В. М. Муллера; пер. с англ. И. Г. Абидора; предисл. Б. В. Дерягина. – М. : Мир, 1979. – 568 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:688064&theme=FEFU>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. База данных о веществах и их свойствах: <http://www.chemspider.com/>
2. База данных о веществах и их свойствах: <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
3. <http://e.lanbook.com>
4. <http://www.studentlibrary.ru>
5. <http://znanium.com>
6. <http://www.nelbook.ru>

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. База данных полнотекстовых академических журналов Китая <http://oversea.cnki.net/>
4. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>
5. Электронные базы данных EBSCO <http://search.ebscohost.com/>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

№ п/п	Место расположения компьютерной техники, на которой установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, L632 Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций,	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.

	текущего контроля и промежуточной аттестации.	
2.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D733a. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: компьютерный класс	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18. Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018. 07, Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription New Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018. ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018. AutoCAD Electrical 2015. Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk. +2 Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.
3.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус А, ауд. А1017.  Аудитория для самостоятельной работы аспирантов.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18. Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018. 07, Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription New Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018. ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018. AutoCAD Electrical 2015. Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk. +2 Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

В процессе изучения дисциплины «Физическая химия» предлагаются разнообразные методы и средства освоения учебного материала: лекции,

лабораторные работы, коллоквиумы, тестирование, самостоятельная работа аспирантов.

### Лекции

**Лекция** – основная активная форма аудиторных занятий, необходимая для разъяснения основополагающих теоретических разделов. Предполагает интенсивную умственную деятельность аспиранта. Лекция носит познавательный, развивающий, воспитательный и организующий характер. Конспект лекций помогает усвоить теоретический материал дисциплины. При слушании лекции надо конспектировать ее рубрикации, терминологию, ключевые слова, определения, формулы, графические схемы. Конспект является полезным, когда он пишется самим аспирантом. Можно разработать собственную схему сокращения слов. Название тем, параграфов можно выделять цветными маркерами.

При домашней работе с конспектом лекций необходимо использовать основной учебник и дополнительную литературу, которые рекомендованы по данной дисциплине. Именно такая серьезная работа аспиранта с лекционным материалом позволяет достичь ему успехов в овладении новыми знаниями.

При изложении лекционного курса по дисциплине «Физическая химия» в качестве форм интерактивного обучения используются: лекция-беседа, лекция-визуализация, лекция-консультация, которые строятся на базе предшествующих знаний и знаний смежных дисциплин. Для иллюстрации словесной информации применяются презентации, интерактивная доска, таблицы, схемы. По ходу изложения лекционного материала ставятся проблемные и провоцирующие вопросы, включаются элементы дискуссии.

**Лекция-визуализация.** Чтение лекции сопровождается компьютерной презентацией с базовыми текстами (заголовки, формулировки, ключевые слова и термины), иллюстрациями, рисованием схем и написанием формул на интерактивной доске, производится демонстрация наглядных таблиц и слайдов, что способствует лучшему восприятию излагаемого материала. Лекция - визуализации требует определенных навыков: словесное изложение материала должно сопровождаться и сочетаться с визуальной формой. Информация, изложенная в виде схем, таблиц, слайдов, позволяет формировать проблемные вопросы и способствует развитию профессионального мышления будущих специалистов.

**Лекция-беседа** – «диалог с аудиторией» – является распространенной формой интерактивного обучения и позволяет непосредственно вовлекать аспирантов в учебный процесс, так как создает прямой контакт преподавателя с аудиторией. Такой контакт достигается по ходу лекции, когда аспирантам задаются вопросы проблемного, провоцирующего или информационного характера или когда аспирантам самим предлагается задавать вопросы. Вопросы предлагаются всей аудитории, и любой из аспирантов может предложить свой ответ, другой может его дополнить. При этом от лекции к лекции выявляются активные и пассивные аспиранты, преподаватель по возможности активизирует аспирантов, которые не

участвуют в работе. Такая форма лекции позволяет вовлечь всех аспирантов в работу, активизировать их внимание, мышление, получить коллективный опыт, научиться формировать вопросы. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание аспирантов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала.

**Лекция-консультация.** Преподаватель делает краткое (тезисное) сообщение. Аспиранты задают вопросы, на которые отвечает преподаватель и другие аспиранты. На основе вопросов и ответов разворачивается творческая дискуссия.

### **Практические занятия**

Практические занятия повышают качество обучения, способствуют развитию познавательной активности у аспирантов, их логического мышления и творческой самостоятельности. В процессе выполнения расчетных заданий углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается умение применять их на практике. Аспирант учится правильно использовать методы, видеть их достоинства и недостатки, получает неоценимый опыт по использованию данных методов. Все это позволяет глубже понять теоретические основы физической химии. Формируются навыки научно-исследовательской работы и профессиональные компетенции.

**Коллоквиумы.** Коллоквиум – коллективная форма рассмотрения и закрепления учебного материала. Коллоквиумы являются одним из видов практических занятий, предназначенных для углубленного изучения дисциплины, проводятся в интерактивном режиме. На занятиях по теме коллоквиума разбираются вопросы, и затем вместе с преподавателем проводится их обсуждение, которое направлено на закрепление материала, формирование навыков вести полемику, развитие самостоятельности и критичности мышления, на способность аспирантов ориентироваться в больших информационных потоках, вырабатывать и отстаивать собственную позицию по проблемным вопросам учебной дисциплины.

В качестве методов интерактивного обучения на коллоквиумах используются: развернутая беседа, диспут, пресс-конференция.

**Развернутая беседа** предполагает подготовку аспирантов по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы. Доклады готовятся аспирантами по заранее предложенной тематике.

**Диспут** в группе имеет ряд достоинств. Диспут может быть вызван преподавателем в ходе занятия или же заранее планируется им. В ходе полемики аспиранты формируют у себя находчивость, быстроту мыслительной реакции.

**Пресс-конференция.** Преподаватель поручает нескольким аспирантам подготовить краткие (тезисные) сообщения. После докладов аспиранты задают вопросы, на которые отвечают докладчики и другие члены



экспертной группы. На основе вопросов и ответов разворачивается творческая дискуссия вместе с преподавателем.

**Контрольные тесты.** Используется бланковое или компьютерное тестирование в режиме выбора правильных ответов, установления соответствия понятий, обозначения деталей на схемах и прочее.

Возможны также письменные контрольные работы в форме традиционных письменных ответов на ряд вопросов по пройденной теме, изложенной в лекциях и обсужденной на коллоквиумах. Несмотря на произвольность формы, в ответах обязательно использование терминов, ключевых слов и понятий, а при необходимости схем и формул. По некоторым темам предлагается решение задач.

### **Методические указания по работе с литературой**

Надо составить первоначальный список источников. Основой может стать список литературы, рекомендованный в рабочей программе курса. Для удобства работы можно составить собственную картотеку отобранных источников (фамилия авторов, заглавие, характеристики издания) в виде рабочего файла в компьютере. Такая картотека имеет преимущество, т.к. она позволяет добавлять источники, заменять по необходимости одни на другие. Первоначальный список литературы можно дополнить, используя электронный каталог библиотеки ДВФУ, при этом не стесняйтесь обращаться за помощью к сотрудникам библиотеки.

Работая с литературой по той или другой теме, надо не только прочитать, но и усвоить метод ее изучения: сделать краткий конспект, алгоритм, схему прочитанного материала, что позволяет быстрее его понять, запомнить. Не рекомендуется дословно переписывать текст.

### **Методические рекомендации к самостоятельной работе аспиранта**

Текущий контроль результатов самостоятельной работы осуществляется в ходе проведения лабораторных работ (устный опрос), коллоквиумов и тестирования. На основании этих результатов аспирант получает текущие и зачетные оценки, по которым выводится итоговая оценка. Промежуточная (семестровая) аттестация проводится в форме устного зачета.

### **Методические указания по подготовке к практическим занятиям**

К практическим занятиям аспирант должен подготовиться: повторить лекционный материал, прочитать нужный раздел по теме в учебнике.

Занятие начинается с краткого устного опроса по заданной теме. Далее аспиранты работают с конкретными задачами. В конце занятия аспирант предоставляет преподавателю отчет по результатам проделанной работы с выводами.

Ответы на вопросы, выступления и активность аспирантов на занятии оцениваются текущей оценкой.

### **Методические указания по подготовке к коллоквиумам**

Поскольку коллоквиум является коллективной формой рассмотрения и закрепления учебного материала, к нему должны готовиться все аспиранты. Коллоквиум обычно проводится в форме развернутой беседы, диспута, пресс-конференции. На каждый коллоквиум заранее объявляется тема и перечень вопросов для устных сообщений. По всем вопросам надо проработать соответствующий материал из учебника, конспекта лекций, дополнительной литературы и соответствующей лабораторной работы. Преподаватель объявляет вопрос и предлагает сделать сообщение на 5-7 минут одному из аспирантов – либо по их желанию, либо по своему выбору. После сообщения преподаватель и аспиранты задают вопросы и выступают с дополнениями и комментариями.

Ответы на вопросы, выступления и активность аспирантов на занятии оцениваются текущей оценкой.

#### **Методические указания по подготовке доклада**

По отдельным темам на коллоквиумах могут делаться более емкие и глубокие доклады – до 15-20 минут. Тема доклада может быть предложена преподавателем или выбрана аспирантом самостоятельно.

При подготовке к докладу проводится подбор литературных источников по теме из рекомендуемой основной и дополнительной литературы, а также работа с ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», указанными в рабочей программе.

Работа с текстом научных книг и учебников состоит не только в прочтении материала, необходимо провести анализ, сравнить изложение материала в разных источниках, подобрать материал таким образом, чтобы он раскрывал тему доклада. Проанализированный материал конспектируют, при этом надо избегать простого переписывания текстов без каких либо комментариев и анализа. Прямое заимствование текстов других авторов в науке не допускается, оно определяется как плагиат и является наказуемым. Цитирование небольших фрагментов (со ссылкой на автора) допускается, если надо подчеркнуть стиль или сущность авторского определения, но злоупотреблять чужими текстами нельзя. Доклад должен быть выстроен логично, материал излагается цельно, связно и последовательно, делаются выводы. Желательно, чтобы аспирант мог выразить своё мнение по обсуждаемой проблеме. Необходимо заранее продумать схемы для иллюстрации на доске или приготовить их в форме компьютерной презентации. В докладе обязательно необходимо использовать термины и ключевые слова по данной теме. После доклада проводится обсуждение с дополнениями и поправками. Оценивается как качество доклада, так и активность участников дискуссии.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

№ п/п	Место расположения компьютерной техники, на	Перечень программного обеспечения
-------	---	-----------------------------------

	которой установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, L632 Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Парты и стулья, экран проекционный SENSSCREEN ES-431150 150* настенно-потолочный моторизированный, покрытие Matte White, 4:3, размер рабочей поверхности 305*229, проектор BenQ MW 526 E
2.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D733а. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: компьютерный класс	Компьютер (твердотельный диск - объемом 128 ГБ; жесткий диск - объем 1000 ГБ; форм-фактор - Tower; комплектуется клавиатурой, мышью, монитором AOC i2757Fm; комплектом шнуров эл. питания) модель - M93p1 - 13 шт
3.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус А , ауд. А1017.  Аудитория для самостоятельной работы аспирантов.	Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.
4.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 535а. помещение для хранения и профилактического обслуживания оборудования	



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Физическая химия»**  
Направление подготовки *04.06.01 Химические науки*  
Профиль *«Физическая химия»*  
Форма подготовки (очная)

**Владивосток**  
**2015**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторной работе и тестированию	3 час	Устный ответ
2	2 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторным занятиям. Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
3	3 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторным занятиям	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
3	3 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к лабораторным занятиям. Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины. . Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
5	5 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций Подготовка к лабораторным занятиям	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
6	6 неделя	Работа с литературой и	3 час	Практические занятия, решение

		конспектом лекций Подготовка к коллоквиуму и тестированию		задач Устный ответ
7	7 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторным занятиям	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
8	8 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
9	9 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторным занятиям. Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
10	10 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
11	11 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, Подготовка к лабораторным занятиям	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
12	12 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
13	13 неделя	Самостоятельное изучение отдельных	3 час	Практические занятия, решение

		разделов дисциплины. Подготовка к лабораторным занятиям		задач Устный ответ
14	14 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
15	15 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины. Подготовка к лабораторным занятиям	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
16	16неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
17	17 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Практические занятия, решение задач Устный ответ
18	18 неделя	Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины.	3 час	Коллоквиум, Тестирование. Устное собеседование

Текущий контроль результатов самостоятельной работы осуществляется в ходе проведения лабораторных работ (устный опрос), коллоквиумов и тестирования. На основании этих результатов аспирант получает текущие и зачетные оценки, по которым выводится итоговая оценка. Промежуточная (семестровая) аттестация проводится в форме устного зачета.

#### **Методические указания по подготовке к коллоквиумам**

Поскольку коллоквиум является коллективной формой рассмотрения и закрепления учебного материала, к нему должны готовиться все аспиранты. Коллоквиум обычно проводится в форме развернутой беседы, диспута, пресс-конференции. На каждый коллоквиум заранее объявляется тема и перечень вопросов для устных сообщений. По всем вопросам надо проработать соответствующий материал из учебника, конспекта лекций, дополнительной литературы и соответствующей лабораторной работы. Преподаватель объявляет вопрос и предлагает сделать сообщение на 5-7 минут одному из аспирантов – либо по их желанию, либо по своему выбору. После сообщения преподаватель и аспиранты задают вопросы и выступают с дополнениями и комментариями.

Ответы на вопросы, выступления и активность аспирантов на занятии оцениваются текущей оценкой.

#### **Методические указания по подготовке доклада**

По отдельным темам на коллоквиумах могут делаться более емкие и глубокие доклады – до 15-20 минут. Тема доклада может быть предложена преподавателем или выбрана аспирантом самостоятельно.

При подготовке к докладу проводится подбор литературных источников по теме из рекомендуемой основной и дополнительной литературы, а также работа с ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», указанными в рабочей программе.

Работа с текстом научных книг и учебников состоит не только в прочтении материала, необходимо провести анализ, сравнить изложение материала в разных источниках, подобрать материал таким образом, чтобы он раскрывал тему доклада. Проанализированный материал конспектируют, при этом надо избегать простого переписывания текстов без каких либо комментариев и анализа. Прямое заимствование текстов других авторов в науке не допускается, оно определяется как плагиат и является наказуемым. Цитирование небольших фрагментов (со ссылкой на автора) допускается, если надо подчеркнуть стиль или сущность авторского определения, но злоупотреблять чужими текстами нельзя. Доклад должен быть выстроен логично, материал излагается цельно, связно и последовательно, делаются выводы. Желательно, чтобы аспирант мог выразить своё мнение по обсуждаемой проблеме. Необходимо заранее продумать схемы для иллюстрации на доске или приготовить их в форме компьютерной презентации. В докладе обязательно необходимо использовать термины и ключевые слова по данной теме. После доклада проводится обсуждение с дополнениями и поправками. Оценивается как качество доклада, так и активность участников дискуссии.

#### **Методические указания по работе с литературой**

Надо составить первоначальный список источников. Основой могут стать список литературы, рекомендованный в рабочей программе курса. Для удобства работы можно составить собственную картотеку отобранных источников (фамилия авторов, заглавие, характеристики издания) в виде рабочего файла в компьютере. Такая картотека имеет преимущество, т.к. она



позволяет добавлять источники, заменять по необходимости одни на другие, убирать те, которые оказались не соответствующие тематике. Первоначальный список литературы можно дополнить, используя электронный каталог библиотеки ДВФУ, при этом не стесняйтесь обращаться за помощью к сотрудникам библиотеки.

Работая с литературой по той или другой теме, надо не только прочитать, но и усвоить метод ее изучения: сделать краткий конспект, алгоритм, схему прочитанного материала, что позволяет быстрее его понять, запомнить. Не рекомендуется дословно переписывать текст.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Физическая химия»**  
Направление подготовки *04.06.01 Химические науки*  
Профиль *«Физическая химия»*

Форма подготовки (очная)

**Владивосток**  
**2015**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физической химии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- современное состояние науки в области физической химии;</li> <li>- современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в области физической химии</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>-выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования;</li> <li>- представлять результаты научной работы</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований;</li> <li>- навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности</li> </ul>
ОПК-2 готовностью организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные принципы организации работы в коллективе и способы разрешения конфликтных ситуаций</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- планировать научную работу, формировать состав рабочей группы и оптимизировать распределение обязанностей между членами исследовательского коллектива;</li> <li>- осуществлять подбор обучающихся в бакалавриате, специалитете и магистратуре для выполнения НИР и квалификационных работ</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- организаторскими способностями, навыками планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива;</li> <li>- навыками коллективного обсуждения планов работ, получаемых научных результатов, согласования интересов сторон и урегулирования конфликтных ситуаций в команде</li> </ul>
ПК-1: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- современное состояние науки в области электрохимии</li> <li>- методологию проведения синтеза и исследования в области физической химии</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- определять цель и задачи исследования, планировать и осуществлять экспериментальное исследование</li> <li>- представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами планирования, подготовки, проведения НИР по физической химии</li> <li>- методами анализа полученных данных,</li> </ul>

специальности (направленности) Физическая химия		формулировки выводов и рекомендаций по физической химии
ПК-3 Способность профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций	Знает	современное состояние науки в избранном научном направлении. Иметь представления о перспективных и нерешенных проблемах физической химии и использование этих сведений при составлении плана исследований и его реализации
	Умеет	ориентироваться в многочисленном потоке информации с целью обоснования собственного направления исследований и реализации плана работы
	Владеет	навыками поиска и оценки информации необходимой для решения исследовательских и практических задач в области физической химии с использованием современных информационных и патентных баз данных (в том числе Scopus, РИНЦ, Web of Science)

№ п/п	Контролируемые разделы	Коды, наименование и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Теоретические вопросы исследования адсорбционных процессов	ОПК-1	Знает современное состояние науки в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ОПК-2	Умеет планировать научную работу, формировать состав рабочей группы и оптимизировать распределение обязанностей между членами исследовательского коллектива	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-1	Знает методологию проведения синтеза и исследования в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-3	Умеет ориентироваться в многочисленном потоке информации с целью обоснования собственного направления исследований и реализации плана работы	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
2	Теоретические основы исследования каталитическ	ОПК-1	Умеет выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1

	их процессов		расчетно-теоретические методы исследования		
		ОПК-2	Владеет организаторскими способностями, навыками планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива		
		ПК-1	Умеет определять цель и задачи исследования, планировать и осуществлять экспериментальное исследование	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
3	Теоретические вопросы электрохимии	ОПК-1	Умеет представлять результаты научной работы	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ОПК-2	Владеет организаторскими способностями, навыками планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-1	Владеет методами планирования, подготовки, проведения НИР по физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-3	Владеет навыками поиска и оценки информации необходимой для решения исследовательских и практических задач в области физической химии с использованием современных информационных и патентных баз данных (в том числе Scopus, РИНЦ, Web of Science)	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели
ОПК-1 способность самостоятельно	знает (пороговый)	современные методы и методики анализа, в том числе в рамках	знание методов анализа в соответствующей	способность демонстрировать системные знания

<p>осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	уровень)	новых научных подходов в науке, современные информационно-коммуникационные технологии, используемые в науке	профессиональной области и информационно-коммуникационных технологий, используемых в данной области	о современных методах анализа в соответствующей профессиональной области и информационно-коммуникационных технологиях, используемых в данной области
	умеет (продвинутый)	осуществлять отбор и использовать оптимальные методы исследования и современные информационные технологии в научной деятельности	умение отбирать и использовать методы исследования и применять информационные технологии с учетом специфики профессиональной области	способность на высоком уровне осуществлять отбор и эффективно использовать современные исследовательские методы анализа и применения информационных технологий с учетом специфики направления подготовки
	владеет (высокий)	навыками использования современных методов научного исследования и навыками применения информационно-коммуникационных технологий в науке	владение современными методами научного исследования и информационно-коммуникационных технологий	способность на высоком уровне владеть навыками системного использования современных методов научного исследования и навыками эффективного применения информационно-коммуникационных технологий в соответствующей профессиональной сфере
<p>ПК-1 Способность творчески использовать в научной, производственной и педагогической</p>	знает (пороговый уровень)	фундаментальные и прикладные разделы физической химии, варианты творческого использования в научной, производственной и педагогической	знание фундаментальных и прикладных разделов физической химии, вариантов творческого использования в научной, производственно-	способность творческого использования в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности фундаментальных и прикладных

<p>деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных (профильных) дисциплин</p>		<p>деятельности данных разделов</p>	<p>технологической и педагогической деятельности данных разделов</p>	<p>разделов физической химии</p>
	<p>умеет (продвинутой)</p>	<p>творчески использовать в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов физической химии</p>	<p>умение творчески использовать в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов физической химии</p>	<p>способность творчески использовать в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов физической химии</p>
	<p>владеет (высокий)</p>	<p>навыками творческого использования в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности знаний фундаментальных и прикладных разделов физической химии</p>	<p>владение навыками творческого использования в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности знаний фундаментальных и прикладных разделов физической химии</p>	<p>способность творчески использовать в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов физической химии</p>
<p>ПК-2. Способность к профессиональной эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов</p>	<p>знает (пороговый уровень)</p>	<p>современное состояние экспериментальных методов в области физической химии; правила эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов; теоретические основы новейших физико-химических методов исследования веществ и материалов</p>	<p>знание современных методов и способов исследования в области физической химии</p>	<p>способность успешно и на высоком уровне использовать современные методы и способы исследования в области физической химии</p>
	<p>умеет (продвинутой)</p>	<p>осуществлять физико-химические исследования, используя</p>	<p>умение интерпретировать результаты ЯМР-, ИК-спектроскопии,</p>	<p>способен осуществлять физико-химические</p>

		современное исследовательское оборудование;	хромато-масс-спектрометрии и других физико-химических методов исследования веществ и материалов	исследования, используя современное исследовательское оборудование; интерпретировать результаты физико-химических методов исследования
	владеет (высокий)	Навыками экспериментальных методов подготовки и проведения научно-исследовательской работы по физической химии	владение навыками работы с современным исследовательским оборудованием, приборами, программными комплексами обработки результатов в области физической химии	способен на высоком уровне проводить исследования, используя современные методы и способы исследования в области физической химии
ПК-3. Способность профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций	знает (пороговый уровень)	современное состояние науки в избранном научном направлении. Иметь представления о перспективных и нерешенных проблемах физической химии и использование этих сведений при составлении плана исследований и его реализации	знание современного состояния науки в области физической химии	способность успешно использовать современные методы и способы исследования в области физической химии
	умеет (продвинутый)	ориентироваться в многочисленном потоке информации с целью обоснования собственного направления исследований и реализации плана работы	умение интерпретировать результаты ЯМР-, ИК-спектроскопии, хромато-масс-спектрометрии и других физико-химических методов исследования веществ и материалов	способен осуществлять физико-химические исследования, используя современное исследовательское оборудование; интерпретировать результаты физико-химических методов исследования



	<p>владеет (высокой)</p>	<p>навыками поиска и оценки информации необходимой для решения исследовательских и практических задач в области физической химии с использованием современных информационных и патентных баз данных (в том числе Scopus, РИНЦ, Web of Science)</p>	<p>Владение навыками представления полученных результатов в виде кратких отчетов и презентаций;</p>	<p>Способен проводить аналитический, логический и графический анализ составляющих частей фундаментальных разделов физической химии</p>
--	--------------------------	--	---	--

## **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

В качестве заключительного этапа промежуточной (семестровой) аттестации по дисциплине «Физическая химия» предусмотрен **экзамен**.

Согласно приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 марта 2014 г. № 247 «Об утверждении порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня», кандидатские экзамены являются формой промежуточной аттестации при освоении программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Для приема кандидатских экзаменов создаются комиссии по приему кандидатских экзаменов из числа научно-педагогических работников (в том числе работающих по совместительству), высококвалифицированных научно-педагогических и научных кадров. В состав экзаменационной комиссии могут включаться научно-педагогические работники других организаций.

Решение экзаменационной комиссии оформляется протоколом, в котором указывается:

наименование дисциплины;

код и наименование направления подготовки, профиль, по которому сдавался кандидатский экзамен;

вопросы по билетам и дополнительные вопросы;

оценка уровня знаний аспиранта (по пятибалльной шкале);

фамилия, имя, отчество (последнее - при наличии), ученая степень, ученое звание и должность каждого члена экзаменационной комиссии.

Протокол подписывается членами экзаменационной комиссии, присутствующими на экзамене, и утверждается проректором по научной работе

### **Подготовка экзамену**

В процессе подготовки к зачету и экзамену, следует ликвидировать имеющиеся пробелы в знаниях, углубить, систематизировать и упорядочить знания. Особое внимание следует уделить организации подготовки к экзаменам. Для этого важны следующие моменты – соблюдение режима дня: сон не менее 8 часов в сутки; занятия заканчивать не позднее, чем за 2-3 часа до сна; прогулки на свежем воздухе, неустойчивые занятия спортом во время перерывов между занятиями. Следует помнить, что при подготовке к экзаменам вначале надо просмотреть материал по всем вопросам сдаваемой дисциплины, далее отметить для себя наиболее трудные вопросы и обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения.

### **Методические указания по сдаче экзамена**

На экзамене в качестве оценочного средства применяется собеседование по вопросам, составленным ведущим преподавателем. Экзамен принимается ведущим преподавателем или его ассистентом.

Во время проведения экзамена аспиранты могут пользоваться рабочей программой учебной дисциплины. В случае использования аспирантом средств для списывания, преподаватель имеет право удалить аспиранта с экзамена, а в экзаменационную ведомость поставить неудовлетворительно.

При явке на экзамен аспиранты обязаны иметь при себе зачетную книжку. Преподаватель заполняет соответствующие графы зачетной книжки аспиранта: название дисциплины в соответствии с учебным планом, ее трудоемкость, фамилия преподавателя, оценка, дата, подпись.

Для сдачи устного экзамена аспирант приглашается в специализированную аудиторию. Выходить из аудитории во время подготовки к ответам без разрешения преподавателя аспирантам запрещается. Время, предоставляемое аспиранту на подготовку к ответу на экзамене – 30 минут.

При сдаче экзамена преподаватель может задавать дополнительные вопросы. Если аспирант затрудняется ответить на один вопрос, то ему можно предложить ответить на другой, но не более одного раза.

При промежуточной аттестации установлены оценки на зачете: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

При неявке аспиранта на экзамен без уважительной причины в ведомости делается запись «не явился».

Оценки, выставленные преподавателем по итогам экзамена, не подлежат пересмотру. Аспирант, не согласный с выставленной оценкой, имеет право подать заявление на имя директора Школы. В случае обоснованности поданного заявления директор Школы создает комиссию в составе трех преподавателей по соответствующей кафедре. Оценка, полученная аспирантом во время пересдачи экзамена комиссии, является окончательной.

### **Шкала оценивания (экзамен)**

Оценка	Критерии
Оценка «5» «Отлично»	Аспирант показал развернутый ответ, представляющий собой связное, логическое, последовательное раскрытие поставленного вопроса, широкое знание литературы. Аспирант обнаружил понимание материала, обоснованной суждений, способность применить полученные знания на практике.
Оценка «4» «Хорошо»	Аспирант дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает некоторые ошибки, которые исправляет самостоятельно, и некоторые недочеты в изложении вопроса.
Оценка «3» «Удовлетворительно»	Аспирант обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но излагает материал неполно и допускает неточности в ответе.
Оценка «2» «Неудовлетворительно»	Аспирант обнаруживает незнание большей части проблем, связанных с изучением вопроса; допускает ошибки в ответе, искажает смысл текста, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недостатки в подготовке аспиранта,

	которые являются серьезным препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности.
--	---

## Вопросы к экзамену по дисциплине «Физическая химия»

### Вопросы к экзамену

1. Электронное строение атомов и молекул. Одноэлектронное приближение. Атомные и молекулярные орбитали. Электронные конфигурации и термы атомов. Правило Хунда. Электронная плотность. Распределение электронной плотности в двухатомных молекулах. Корреляционные орбитальные диаграммы. Теорема Купманса. Пределы применимости одноэлектронного приближения.

2. Интерпретация строения молекул на основе орбитальных моделей и исследования распределения электронной плотности. Локализованные молекулярные орбитали. Гибридизация.

3. Основные составляющие межмолекулярных- взаимодействий. Молекулярные комплексы. Ван-дер-Ваальсовы молекулы. Водородная связь.

4. Идеальные кристаллы. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Реальные кристаллы. Типы дефектов в реальных кристаллах. Кристаллы с неполной упорядоченностью. Доменные структуры.

5. Симметрия кристаллов. Кристаллографические точечные группы симметрии, типы решеток, сингонии. Понятие о пространственных группах кристаллов. Индексы кристаллографических граней.

6. Основные понятия термодинамики: изолированные и открытые системы, равновесные и неравновесные системы, термодинамические переменные, интенсивные и экстенсивные переменные. Уравнения состояния. Вириальные уравнения состояния. Теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия. Первый закон термодинамики. Работа расширения идеального газа в различных процессах (изохорном, изобарном, адиабатическом и изотермическом).

7. Теплоемкость (средняя, истинная, молярная, удельная). Зависимость теплоемкости от температуры. Теплоемкость идеальных газов. Теплоемкость жидкостей. Теплоемкость твердых тел (закон Дюлонга и Пти и правило Неймана-Коппа).

8. Закон Гесса и его следствия. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа. Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах.

9. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее изменения в обратимых и необратимых процессах. Теорема Карно-Клаузиуса. Различные шкалы температур.

10. Фундаментальные уравнения Гиббса. Характеристические функции. Энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов.

11. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Химические потенциалы. Химический потенциал идеального и реального газов. Фугитивность. Активность и коэффициент активности.

12. Тепловая теорема Нернста. Третий закон термодинамики. Постулат Планка. Абсолютное значение энтропии.

13. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Изотерма Вант-Гоффа. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Принцип смещения равновесия. Расчеты констант равновесия химических реакций с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций.

14. Каноническая функция распределения Гиббса. Сумма по состояниям как статистическая характеристическая функция. Поступательная, вращательная, электронная и колебательная суммы по состояниям. Статистический расчет энтропии.

15. Гетерогенные системы. Понятия компонента, фазы, степени свободы. Правило фаз Гиббса.

16. Однокомпонентные системы. Диаграммы состояния однокомпонентных систем (воды, серы, фосфора и углерода). Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста.

17. Двухкомпонентные системы. Различные диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса-Коновалова. Азеотропные смеси.

18. Диаграммы плавкости (с полной и ограниченной растворимостью веществ в твердом состоянии, с простой эвтектикой и с образованием химического соединения).

19. Трехкомпонентные системы. Треугольник Гиббса. Диаграммы плавкости трехкомпонентных систем.

20. Основные понятия химической кинетики. Простые и сложные реакции, молекулярность и скорость простой реакции. Основной постулат химической кинетики. Способы определения скорости реакции. Кинетические кривые. Кинетические уравнения. Константа скорости и порядок реакции.

21. Кинетика сложных химических реакций. Принцип независимости элементарных стадий. Кинетические уравнения для обратимых, параллельных и последовательных реакций. Квазистационарное приближение. Метод Боденштейна — Темкина. Кинетика гомогенных каталитических и ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен.

22. Цепные реакции. Кинетика неразветвленных и разветвленных цепных реакций. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций.

23. Предельные явления в разветвленных цепных реакциях. Полуостров воспламенения. Тепловой взрыв.

24. Кинетика гетерогенных реакций. Гетерогенные процессы при нестационарной диффузии. Гетерогенные процессы при стационарной конвективной диффузии. Кинетика топохимических реакций.

25. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и способы ее определения. Элементарные акты химических реакций и физический смысл энергии активации.

26. Теория активных столкновений. Стерический фактор. Теория переходного состояния (активированного комплекса).

27. Растворы электролитов. Электролитическая диссоциация. Коэффициенты активности в растворах электролитов. Средняя активность и средний коэффициент активности, их связь с активностью отдельных ионов. Основные положения теории Дебая-Хюккеля.

28. Термодинамика электрохимического элемента. Электродвижущая сила, ее выражение через энергию Гиббса реакции в элементе. Уравнения Нернста и Гиббса-Гельмгольца для равновесной электрохимической цепи.

29. Понятие электродного потенциала. Типы электродов. Электрохимические цепи.

30. Электропроводность растворов электролитов; удельная и эквивалентная электропроводность. Числа переноса, подвижность ионов и закон Кольрауша. Электрофоретический и релаксационные эффекты.

31. Электрохимические реакции. Двойной электрический слой. Модельные представления о структуре двойного электрического слоя. Электрокапиллярные явления. Потенциал нулевого заряда.

32. Электрохимическая коррозия. Методы защиты от коррозии.

Кинетика электрохимических реакций. Скорость и стадии электрохимической реакции. Поляризация электродов. Ток обмена и перенапряжение. Полярография.

33. Классификация каталитических реакций и катализаторов. Теория промежуточных соединений в катализе, принцип энергетического соответствия.

34. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Функции кислотности Гамета. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Бренстеда. Корреляционные уравнения для энергий активации и теплот реакций. Специфический и общий основной катализ.

35. Гетерогенный катализ. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Удельная и атомная активность. Селективность катализаторов. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Неоднородность поверхности катализаторов, нанесенные катализаторы. Энергия активации гетерогенных каталитических реакций.

36. Адсорбция в границе раздела твердое тело – газ. Особенности процесса. Методы определения количества адсорбированного вещества.

37. Изотермы, изобары, изостеры, изопикны адсорбции. Виды графических зависимостей.

38. Адсорбционные силы. Специфическая и неспецифическая адсорбция. Типы адсорбентов и адсорбатов по классификации Киселева.

39. Удельная поверхность твердого тела (Sуд). Соотношения между удельной поверхностью и размером частиц твердых тел разной структуры. Связь величины Sуд с емкостью монослоя.

40. Теория мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра. Предпосылки теории. Вывод уравнения адсорбции. Линейная форма уравнения Лэнгмюра. Определение констант уравнения. Расчет величины удельной поверхности из адсорбционных данных с помощью уравнения Лэнгмюра.

41. Теория мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра. Возможности и недостатки теории.

42. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Вывод уравнения адсорбции.

43. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Уравнение БЭТ в линейной форме. Приложение уравнения к экспериментальным данным. Определение удельной поверхности твердого тела методом БЭТ.

44. Требования к определению удельной поверхности из адсорбционных данных по методу БЭТ. Выбор адсорбата. Азот как наиболее широко используемый адсорбат для определения удельной поверхности. Возможности применения других адсорбатов.

45. Классификация пор по размерам, предложенная Дубининым. Механизмы сорбции газов и паров пористыми твердыми телами. Зависимость размера пор.

46. Расчет распределения пор по размерам с помощью уравнения Кельвина. Соотношение между радиусом кривизны мениска и размером пор.

Радиусы пор и радиусы «кор». Адсорбционная пленка на стенках пор.

47. Теория адсорбции в микропорах Дубинина-Радушкевича. Уравнение Дубинина-Радушкевича и его анализ.

48. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Весовой и объемный методы получения изотермы адсорбции

49. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Определение возможности оценки распределения мезопор по размерам.

50. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Оценка микропористости образца по изотерме адсорбции.

## Образцы экзаменационных билетов

### МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
Школа естественных наук

ООП 04.06.01- Химия

Дисциплина «Физическая химия»

Форма обучения – очная

Семестр 4 2019- 2020 учебного года

Реализующая кафедра: Физической и аналитической химии

#### Экзаменационный билет № 1

1. Электронное строение атомов и молекул. Одноэлектронное приближение. Атомные и молекулярные орбитали. Электронные конфигурации и термы атомов. Правило Хунда. Электронная плотность. Распределение электронной плотности в двухатомных молекулах. Корреляционные орбитальные диаграммы. Теорема Купманса. Пределы применимости одноэлектронного приближения.

2. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Функции кислотности Гамета. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Бренстеда. Корреляционные уравнения для энергий активации и теплот реакций. Специфический и общий основной катализ.

Врио Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Соколова Л.И.

М.П. (школы)



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования**

**«Дальневосточный федеральный университет»**

**Школа естественных наук**

ООП 04.06.01- Химия

Дисциплина «Физическая химия»

Форма обучения – очная

Семестр 4 2019- 2020 учебного года

Реализующая кафедра: Физической и аналитической химии

**Экзаменационный билет № 2**

1. Кинетика сложных химических реакций. Принцип независимости элементарных стадий. Кинетические уравнения для обратимых, параллельных и последовательных реакций. Квазистационарное приближение. Метод Боденштейна — Темкина. Кинетика гомогенных каталитических и ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен.

2. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Уравнение БЭТ в линейной форме. Приложение уравнения к экспериментальным данным. Определение удельной поверхности твердого тела методом БЭТ.

Врио Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Соколова Л.И.

М.П. (школы)

## **Оценочные средства для текущего контроля**

**Устный опрос** - наиболее распространенный метод контроля знаний аспирантов. При устном опросе устанавливается непосредственный контакт между преподавателем и аспирантами, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для оценки количества и качества усвоения аспирантами учебного материала. Он является наиболее распространенной и адекватной формой контроля знаний учащихся, включает в себя собеседование (главным образом на зачете), коллоквиум, доклад.

### **Критерии оценки устного ответа:**

«5 баллов» выставляется аспиранту, если он на обсуждаемые вопросы дает правильные ответы, которые отличаются глубиной и полнотой раскрытия темы, умеет делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, которые логичны и последовательны.

«4 балла» выставляется аспиранту, если он на обсуждаемые вопросы дает правильные ответы, которые отличаются глубиной и полнотой раскрытия темы, умеет делать выводы и обобщения, однако допускается одну - две ошибки в ответах.

«3 балла» выставляется аспиранту, если он на обсуждаемые вопросы дает ответы, которые недостаточно полно его раскрывают, отсутствует логическое построение ответа, допускает несколько ошибок.

«2 балла» выставляется аспиранту, если он на обсуждаемые вопросы дает ответы, которые показывают, что он не владеет материалом темы, не может дать аргументированные ответы, допускаются серьезные ошибки в содержании ответа.

**Тест** является письменной или компьютерной формой контроля, направленной на проверку владения терминологическим аппаратом и конкретными (точными) знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин.

### **Критерии оценки теста:**

5 баллов выставляется аспиранту, если он ответил на 100-86 % от всех вопросов.

4 балла выставляется за правильный ответ на 85-76 % от всех вопросов.

3 балла выставляется за правильный ответ на 75-65 % от всех вопросов.

2 балла выставляется за правильный ответ на 64-50 % от всех вопросов.

1 балла выставляется за правильный ответ менее чем на 50 % от всех вопросов.

**Тесты  
по дисциплине «Физическая химия»**

**Тестирование по пройденным темам** проводится на бумажных бланках. Пример теста для проверки знаний по дисциплине «Физическая химия» приведен ниже:

**ОБВЕДИТЕ КРУЖКОМ НОМЕР ПРАВИЛЬНОГО ОТВЕТА:**

1. ПРИ ИЗУЧЕНИИ КИНЕТИКИ РЕАКЦИИ ПОЛУЧЕН РЯД ЗНАЧЕНИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ИСХОДНОГО ВЕЩЕСТВА ВО ВРЕМЕНИ. ПРИ ЭТОМ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВЕН МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРЯДКА РЕАКЦИИ

- 1) дифференциальный Вант-Гоффа
- 2) подстановка значений  $C$  в кинетическое уравнение
- 3) изолирования Оствальда

2. ОДНО ИЗ ПРИВЕДЕННЫХ УРАВНЕНИЙ СООТВЕТСТВУЕТ ОБРАТИМОЙ РЕАКЦИИ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

- 1)  $k_1 + k_2 = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{a-x}$
- 2)  $k_1 + k_2 = \frac{1}{t(\vartheta - a)} \ln \frac{\vartheta(a-x)}{a(\vartheta-x)}$
- 3)  $k_1 + k_2 = \frac{1}{t} \ln \frac{\chi_\infty}{\chi_\infty - x}$

3. ОДНО ИЗ ПРИВЕДЕННЫХ УРАВНЕНИЙ СООТВЕТСТВУЕТ СХЕМЕ РЕАКЦИИ  $A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} B$

- 1)  $k_1 + k_2 = \frac{1}{t} \ln \frac{\alpha}{\alpha - x}$
- 2)  $\chi = a(1 - e^{-k_2 t})$
- 3)  $a - x = a \cdot e^{-(k_1 + k_2)t}$

4. МЕТОД СТАЦИОНАРНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) точным
- 2) точность зависит от  $T$  и  $P$
- 3) приближенным

5. ВЕЛИЧИНА  $t_{\max}$  В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЯХ С РОСТОМ ОТНОШЕНИЯ КОНСТАНТ  $k_1/k_2$

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не зависит от  $k_1/k_2$

6. ОДНО ИЗ ПРИВЕДЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ПРОДУКТА (B) СООТВЕТСТВУЕТ СХЕМЕ РЕАКЦИИ  $A \xrightarrow{k_1} B \xrightleftharpoons[k_3]{k_2} C$

- 1)  $\frac{d[B]}{dt} = k_1[A] - k_2[B] - k_3[C]$
- 2)  $\frac{d[B]}{dt} = k_1[A] - k_2[B]$
- 3)  $\frac{d[B]}{dt} = k_1[A] - k_2[B] + k_3[C]$

7. ОДНО ИЗ ВЫРАЖЕНИЙ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ  $\text{SiH}_4 \rightarrow \text{Si} + 2\text{H}_2$  СООТВЕТСТВУЕТ МЕХАНИЗМУ
- $$\begin{array}{l} \text{SiH}_4 \rightarrow \text{SiH}_2 + \text{H}_2 \quad - k_1 \\ \text{SiH}_2 \rightarrow \text{Si} + \text{H}_2 \quad - k_2 \\ \text{SiH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{SiH}_4 \quad - k_3 \end{array}$$

$$1) W = \frac{k_1 [\text{SiH}_4]}{k_2 + k_3 [\text{H}_2]}$$

$$2) W = \frac{k_1 k_2 [\text{SiH}_4]}{1 + k_3 [\text{H}_2]}$$

$$3) W = \frac{k_1 k_2 [\text{SiH}_4]}{k_2 + k_3 [\text{H}_2]}$$

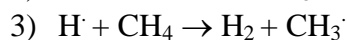
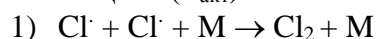
8. ОДНО ИЗ ПРИВЕДЕННЫХ УРАВНЕНИЙ ЯВЛЯЕТСЯ УРАВНЕНИЕМ АРРЕНИУСА

$$1) \frac{d \ln k}{dT} = \frac{E}{RT^2} + \epsilon$$

$$2) k = A \cdot e^{-E/RT}$$

$$3) \frac{d \ln k}{dT} = \frac{\Delta V}{RT^2}$$

9. ОДНА ИЗ ПРИВЕДЕННЫХ РЕАКЦИЙ ИМЕЕТ НАИБОЛЬШУЮ ЭНЕРГИЮ АКТИВАЦИИ ( $E_{\text{акт}}$ )



10. “ЭФФЕКТИВНЫМ” ДИАМЕТРОМ СТОЛКНОВЕНИЙ ЯВЛЯЕТСЯ

1) сумма радиусов молекул из рентгенографических данных

2) наименьшее расстояние между центрами сталкивающихся молекул с учетом взаимодействия между ними

3) средняя величина расстояния от данной молекулы до соседней

11. СВОЙСТВА МОЛЕКУЛ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ЧИСЛА ДВОЙНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ

1) масса молекул и энергия их относительного движения

2) газокинетический диаметр и масса молекул

3) диаметр молекул и их взаимная ориентация

12. ОДНОМУ ИЗ ПРИВЕДЕННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ДЛЯ  $Z_0$  СООТВЕТСТВУЕТ КОНСТАНТА СКОРОСТИ ( $k$ ), ИМЕЮЩАЯ РАЗМЕРНОСТЬ  $\{\text{см}^3 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}\}$

$$1) Z_0 = d_{12}^2 \left[ 8\pi RT \left( \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right) \right]^{1/2}$$

$$2) Z_0 = d_{12}^2 \left[ 8\pi RT \left( \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right) \right]^{1/2} \cdot \frac{1}{N}$$

$$3) Z_0 = Nd_{12}^2 \left[ 8\pi RT \left( \frac{\mu_1 + \mu_2}{\mu_1 \cdot \mu_2} \right) \right]^{1/2}$$

13. ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ СТЕРИЧЕСКОГО ФАКТОРА ( $P$ ) В ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ТОМ, ЧТО

1)  $P$  вносит поправку на распределение молекул по энергиям

2)  $P$  указывает на степень взаимодействия молекул до и после столкновения

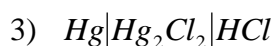
3)  $P$  – вероятность того, что активное столкновение приведет к реакции

14.  $E_{\text{оп}}$ , ОПРЕДЕЛЯЕМАЯ ПО УРАВНЕНИЮ АРРЕНИУСА, И  $E$ , ВХОДЯЩАЯ В ЭКСПОНЕНТУ УРАВНЕНИЯ, ПО ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СОУДАРЕНИЙ СВЯЗАНЫ МЕЖДУ СОБОЙ УРАВНЕНИЕМ
- 1)  $E_{\text{оп}} = E - \frac{1}{2} RT$
  - 2)  $E = E_{\text{оп}} + RT$
  - 3)  $E = E_{\text{оп}} - \frac{1}{2} RT$
15. СОГЛАСНО ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ, ПРЕДЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЙ МНОЖИТЕЛЬ (A) УРАВНЕНИЯ АРРЕНИУСА ИМЕЕТ СМЫСЛ
- 1) вероятностного фактора и доли активных молекул
  - 2) общего числа столкновений и энергии активации
  - 3) вероятностного фактора и общего числа столкновений
16. ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ БОЛЬЦМАНОВСКОГО МНОЖИТЕЛЯ  $e^{-E/RT}$  ПО ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ СОСТОИТ В
- 1) учете общего числа сталкивающихся молекул
  - 2) числе активных молекул, энергия которых  $\geq E$
  - 3) доле активных молекул, энергия которых  $\geq E$
17. СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ  $\Delta S_p$  И  $\Delta S_c$  В ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОМ ВАРИАНТЕ ТЕОРИИ АКТИВИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА
- 1)  $\Delta S_p = \Delta S_c$
  - 2)  $\Delta S_p = \Delta S_c - \Delta nR$
  - 3)  $\Delta S_p = \Delta S_c - \Delta nR \ln PT$
18. СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ  $\Delta H^\ddagger$  И  $E_{\text{эксп}}$  В ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОМ ВАРИАНТЕ ТЕОРИИ АКТИВИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА
- 1)  $E_{\text{эксп}} = \Delta H^\ddagger - xRT$
  - 2)  $E_{\text{эксп}} = \Delta H^\ddagger + (x-1)RT$
  - 3)  $E_{\text{эксп}} = \Delta H^\ddagger + xRT$
19. УКАЗАТЬ КАКОЕ СВОЙСТВО РАЗБАВЛЕННЫХ РАСТВОРОВ СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ТИПА 1-1 ИЗМЕНЯЕТСЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНО КОРНЮ КВАДРАТНОМУ ИЗ КОНЦЕНТРАЦИИ
- 1)  $\alpha$  - степень диссоциации
  - 2)  $\lg \gamma$  - коэффициент активности
  - 3)  $\chi$  - удельная электропроводность
20. ЧИСЛО ПЕРЕНОСА ИОНА – ЭТО
- 1)  $Q_+$  - количество электричества, переносимое данным ионом
  - 2) отношение количества электричества, переносимого данным ионом к общему количеству перенесенного электричества
  - 3)  $U_+$  - скорость движения иона
21. СВОЙСТВО РАСТВОРИТЕЛЯ, ЯВЛЯЮЩЕЕСЯ ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ В ЕГО СПОСОБНОСТИ ИОНИЗИРОВАТЬ РАСТВОРЕННОЕ ВЕЩЕСТВО
- 1) вязкость
  - 2) способность к химическому взаимодействию с растворяемым веществом
  - 3) диэлектрическая проницаемость
22. УРАВНЕНИЕ НЕЗАВИСИМОГО ДВИЖЕНИЯ ИОНОВ
- 1)  $\lambda_\infty = \lambda_\infty^+ + \lambda_\infty^-$
  - 2)  $\lambda_v = \alpha(\lambda_\infty)$
  - 3)  $\lambda_v = \lambda_\infty - A\sqrt{C}$
23. ОДНО ИЗ ЭТИХ УРАВНЕНИЙ ОПИСЫВАЕТ ИЗМЕНЕНИЕ  $\lambda$  ОТ  $C$  В КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ
- 1)  $\alpha = \lambda / \lambda_\infty$

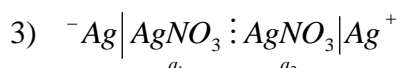
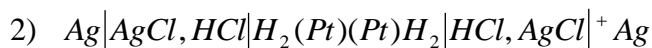
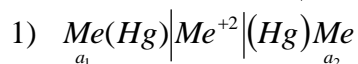
$$2) \lambda = \lambda_{\infty} - (A + B\lambda_{\infty})\sqrt{C}$$

$$3) \lambda = \lambda_{\infty} - A\sqrt{C}$$

24. УКАЗАТЬ КАКОЙ ИЗ ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ ЯВЛЯЕТСЯ ЭЛЕКТРОДОМ 1-ГО РОДА



25. УКАЗАТЬ КАКАЯ ИЗ ЦЕПЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ ЦЕПЬЮ “БЕЗ ПЕРЕНОСА” ИОНОВ



26. ДЛЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА, РАБОТАЮЩЕГО В ОБРАТИМЫХ УСЛОВИЯХ, ЭДС ПРИ 25°C БОЛЬШЕ, ЧЕМ ПРИ 0°C. ЭТОТ ЭЛЕМЕНТ РАБОТАЕТ

1) с выделением тепла

2) без поглощения тепла

3) с поглощением тепла

27. СКОРОСТЬ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА - ЭТО

1) значение потенциала

2) сила тока

3) плотность тока

28. ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОДНОЙ РЕАКЦИИ - ЭТО

1) величина наблюдаемого потенциала

2) равновесное значение потенциала

3) разность между наблюдаемым и равновесным значением потенциала

29. ТОК ОБМЕНА – ЭТО

1) величина тока, отнесенная к поверхности электрода

2) величина тока при данном потенциале

3) величина тока при равновесном потенциале

30. ВЕЩЕСТВО, НАХОДЯЩЕЕСЯ В АДсорБИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ НА ПОВЕРХНОСТИ

1) адсорбат

2) адсорбтив

3) адсорбент

31. ПОГЛОЩЕНИЕ ВЕЩЕСТВА ВСЕМ ОБЪЕМОМ ПОГЛОТИТЕЛЯ

1) абсорбция

2) адсорбция

3) хемосорбция

32. ЗАКОН АРРЕНИУСА ВЫРАЖАЕТ

1) зависимость скорости гомогенной реакции от температуры

2) зависимость константы равновесия от температуры

3) зависимость теплового эффекта от температуры

33. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ЯВЛЯЕТСЯ

$$V_{\text{адс}} = f(P_{\text{равн}})$$

1) изостерой адсорбции

2) изотермой адсорбции

3) изохорой адсорбции

- 4) изобарой адсорбции
34. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ  $V_{\text{адс}} = f(T)_p$  ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) изотермой адсорбции
  - 2) изохорой адсорбции
  - 3) изобарой адсорбции
  - 4) изостерой адсорбции
35. СООТНОШЕНИЕ  $\theta = kP^{1/n}$  НАЗЫВАЕТСЯ ИЗОТЕРМОЙ
- 1) Лэнгмюра
  - 2) Темкина-Шлыгина
  - 3) Фрейндлиха
36. СООТНОШЕНИЕ  $\theta = \frac{\nu P}{1 + \nu P}$  НАЗЫВАЕТСЯ ИЗОТЕРМОЙ
- 1) Темкина-Шлыгина
  - 2) Фрейндлиха
  - 3) Лэнгмюра
  - 4) БЭТ
37. КАТАЛИЗ, ПРОТЕКАЮЩИЙ В УСЛОВИЯХ, КОГДА ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА И КАТАЛИЗАТОР НАХОДЯТСЯ В ОДНОЙ ФАЗЕ
- 1) гомогенный
  - 2) гетерогенный
  - 3) кислотно-основной
38. СООТНОШЕНИЕ В ВЫРАЖЕНИИ  $\frac{Z_a}{Z} = e^{-E/RT}$  НАЗЫВАЕТСЯ
- 1) долей активных соударений при реакции
  - 2) предэкспоненциальным множителем реакции
  - 3) общим числом столкновений молекул
39. СООТНОШЕНИЕ  $k = \chi \frac{kT}{h} e^2 \cdot e^{\Delta S_c/R} \cdot e^{-E/RT}$  ЯВЛЯЕТСЯ УРАВНЕНИЕМ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО ВАРИАНТА ТЕОРИИ ПЕРЕХОДНОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ РЕАКЦИЙ
- 1) мономолекулярной
  - 2) бимолекулярной
  - 3) любой молекулярности
40. В УРАВНЕНИИ  $k = \chi \frac{kT}{h} e^2 \cdot e^{\Delta S_c/R} \cdot e^{-E/RT}$  ПРЕДЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫМ МНОЖИТЕЛЕМ ЯВЛЯЕТСЯ
- 1)  $\chi \cdot \frac{kT}{h}$
  - 2)  $e^{\Delta S_c/R} \cdot e^{-E/RT}$
  - 3)  $\chi \cdot \frac{kT}{h} e^2 \cdot e^{\Delta S_c/R}$
41. СОГЛАСНО ПРИНЦИПУ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СООТВЕТСТВИЯ БАЛАНДИНА ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО КАТАЛИЗАТОРА ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ АКТИВИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА С КАТАЛИЗАТОРОМ ДОЛЖНА БЫТЬ
- 1) больше энергии его распада
  - 2) меньше энергии его распада
  - 3) равна энергии его распада

## **Практические занятия по дисциплине «Физическая химия»**

### **Занятие №1 (4 час.)**

**Тема:** Определение параметров пористой структуры сорбентов.

Классические и современные методы определения пористости, удельной поверхности, распределения объемов пор по радиусам пор.

### **Занятие №2 (4 час.)**

**Тема:** Расчет показателей адсорбируемости веществ (константа адсорбции, свободная энергия адсорбции) по данным адсорбции из растворов.

### **Занятие №3 (4 час.)**

**Тема:** Расчет показателей адсорбируемости веществ (константа адсорбции, свободная энергия адсорбции) по данным адсорбции из растворов.

### **Занятие №4 (4 час.)**

**Тема:** Определение характеристик массопереноса в пористой структуре реальных сорбентов.

### **Занятие №5 (4 час.)**

**Тема:** Компьютерное моделирование выходных кривых по уравнениям динамики адсорбции.

Теоретический расчет кинетики адсорбции по уравнениям кинетики адсорбции.

### **Занятие № 6 (4 час.)**

Приготовление адсорбционных катализаторов и определение их активности.

### **Занятие № 7 (3 час.)**

Определение теплоты адсорбции методом газовой хроматографии. Каталитическое окисление пероксидом водорода органических примесей в воде.

### **Занятие № 8 (3 час.)**

Формирование электродов-катализаторов термическим и гальваническим способами.

### **Занятие № 9 (3 час.)**

Получение гипохлорита натрия (активного хлора), как обеззараживающего агента электролизом разбавленных хлоридных растворов.

### **Занятие №10 (3 час.)**

Электрокоагуляция с растворимыми алюминиевыми анодами.

### **Занятие №11 (3 час.)**

Определение параметров электрофлотационной очистки.

### **Занятие №12 (3 час.)**

Электрохимическое управление адсорбционно-десорбционными процессами.