

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

**ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ:  
И.о проректора по учебной работе  
Ф.Д. Кодзоева  
«30» июня 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.ДВ.04.02 «Равновесие и кинетика реакций в растворах»**

Направление подготовки  
**04.04.01 Химия**

Направленность (профиль подготовки)  
**Физическая химия**

Квалификация выпускника  
**Магистр**

Форма обучения  
**Очная**

г. Магас, 2022

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Равновесие и кинетика реакций в растворах» является изучение современных представлений о структуре жидкостей и растворов, с учетом последних достижений в технике эксперимента по химической кинетике

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Равновесие и кинетика реакций в растворах» относится к альтернативным дисциплинам. Для ее изучения необходимы базовые знания неорганической химии, органической химии, физической химии, а также физики и математики.

Таблица 2.1.

**Связь дисциплины «Химическая кинетика и механизмы химических реакций» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Химическая кинетика и механизмы химических реакций»	Семестр
Б1.В.09	Научные основы преподавания химии	2
Б1.В.05	Термодинамика и молекулярно-кинетическая теория необратимых процессов	1
1.В.ДВ.03.01	Основные методы химического анализа	1
Б1.О.05	Химическая термодинамика и фазовые равновесия	2

Таблица 2.2.

**Связь дисциплины «Химическая кинетика и механизмы химических реакций» с последующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Химическая кинетика и механизмы химических реакций»	Семестр
Б1.О.02	Современные методы химического анализа	4
Б1.В.10	Термодинамика растворов	4

**В результате освоения дисциплины магистрант должен**

**Знать:**

- простую молекулярную модель жидкости;
- основы химической кинетики и механизм реакций;
- кинетику некоторых простых реакций;
- кинетику и равновесие некоторых простых систем.

**Уметь:**

- определять порядок реакции и молекулярность;
- различать реакции между ионами и полярными молекулами, содержащие три полярные группы и в смешанных растворителях.

**Владеть:**

- основными методами кинетического исследования.

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

- а) универсальных (УК) – УК-4
- б) общепрофессиональных (ОПК) – ОПК-2;
- б) профессиональных (ПК) - ПК-3.

**Таблица 3.1.**

**Матрица связи компетенций, формируемых на основе изучения дисциплины «Равновесие и кинетика реакций в растворах», с временными этапами освоения ее содержания**

Коды компетенций (ФГОС)	Компетенция	Семестр изучения
УК-4	Способен применять современные коммуникационные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия	3

ОПК-2	Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	3
ПК-3	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работы выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией наук	3

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Таблица 4.1.

Вид учебной работы	Всего часов	3 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	180	180
Аудиторные занятия	52	52
Лекции	26	26
Практические занятия (ПЗ)	26	26
Самостоятельная работа студентов (СРС)	101	101
Контроль	27	27

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Таблица 5.1.

##### Структура и содержание дисциплины

№ п/п	Раздел Дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лекц	практ.	Сам.р.	
1.	Введение. Основы химической термодинамики.	3	2	2	11	

2.	Основы химической кинетики. Диффузионные реакции.	3		4	4	14	контрольная работа
3.	Кинетика некоторых простых реакций.	3		4	4	16	коллоквиум
4.	Замещение при насыщенном углеродном атоме.	3		2	2	10	контрольная работа
5.	Ионные реакции. Ионы и полярные молекулы.	3		4	4	16	коллоквиум
6.	Мономолекулярные реакции. Каталитические реакции. Влияние давления.	3		4	4	14	контрольная работа
7.	Быстрые реакции и релаксационные эффекты. Корреляция.	3		2	2	10	
8.	Реакции между полярными молекулами.	3		4	4	10	коллоквиум
	<b>Итого:</b>			<b>26</b>	<b>26</b>	<b>101</b>	

Таблица 5.2.

### Конкретизация результатов освоения дисциплины

<b>УК-4</b> <i>Способен применять современные коммуникационные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия</i>		
<b>Знать:</b> различные функциональные стили речи (научный, литературный, бытовой и т.д) по программной тематике	<b>Уметь:</b> обращаться (письменно) на иностранном языке на профессиональные темы в области химии, составлять рефераты, эссе, литературные обзоры, научные статьи в области собственных интересов; аргументированно и конструктивно отстаивать свои позиции и идеи в академических и профессиональных дискуссиях на иностранном языке	<b>Владеть:</b> навыками целенаправленного сбора и анализа литературных данных на иностранном языке по тематике научного исследования (работа с периодическими изданиями, монографиями)
<b>ОПК-2</b> <i>Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук</i>		
<b>Знать:</b> подходы к анализу, интерпретации и обобщению результатов экспериментальных и расчетно-теоретических работ в	<b>Уметь:</b> анализировать результаты собственной работы (экспериментальной или расчетно-теоретической)	<b>Владеть:</b> представлениями о системе фундаментальных химических понятий и методологических аспектов физической химии с целью

области химии и смежных науках.		анализа, интерпретации и обобщения результатов экспериментальных и расчетно-теоретических работ
<b>ПК-3 Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работы выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией наук</b>		
<b>Знать:</b> методы планирования и организации работы коллектива в рамках научных и научно-технических проектов по физической химии	<b>Уметь:</b> оценивать результаты НИР и НИОКР, перспективы их практического применения в различных областях физической химии	<b>Владеть:</b> методами решения проблем физической химии на основе современных концепций естествознания

### Содержание дисциплины

**Введение.** Состояние молекул растворенного вещества. Жидкое состояние вещества. Простая молекулярная модель жидкости. Энергия межмолекулярного взаимодействия.

**Основы химической термодинамики.** Статистическая оценка констант равновесия. Кинетическое рассмотрение равновесных состояний.

**Экспериментальные данные по равновесиям различного типа.** Конформационные равновесия. Равновесие в процессах димеризации. Водородная связь. Дополнительные данные о водородной связи. Гидролитические равновесия. Рассмотрение равновесий на основе активностей и межмолекулярных сил. Влияние растворителя на химические равновесия. Равновесие процессов растворения. Равновесия между газами и водными растворами.

**Основы химической кинетики.** Порядок реакции. Порядок реакции и молекулярность. Механизм реакции. Метод стационарных концентраций. Уравнение Аррениуса. Теории химической кинетики. Энтропия активации мономолекулярных реакций. Энтропия активации бимолекулярных реакций. Кинетика и равновесие некоторых простых систем.

**Диффузионные реакции.** Частота столкновений между незаряженными сферическими частицами растворенного вещества. Уравнение Смолуховского. Кинетика растворения. Лимитирующая роль диффузии в химических реакциях. Уравнение Стокса-Эйнштейна. Кинетика коагуляции. Диффузия в реальных растворах. Диффузия в бинарных смесях. Столкновение между молекулами растворенного вещества и молекулами растворителя.

**Кинетика некоторых простых реакций.** Необратимые мономолекулярные реакции. Обратимые мономолекулярные реакции. Время релаксации в обратимых мономолекулярных реакциях. Последовательные мономолекулярные реакции. Необратимые бимолекулярные реакции. Кинетика омыления сложных эфиров. Конкурентные мономолекулярные и бимолекулярные реакции. Обратимые бимолекулярные и мономолекулярные реакции. Необратимые тримолекулярные реакции. Обратимые тримолекулярные и бимолекулярные реакции. Реакции переменного порядка. Каталитические реакции.

**Ионные реакции.** Уравнение Бренстеда-Бьеррума и его экспериментальная проверка. Значение сольволиза при ионных реакциях. Качественное описание роли

ионных пар при ионных реакциях. Количественный подход к описанию участия ионных пар в ионных реакциях. Реакция между персульфатом калия и ферроцианидом калия. Кинетика уравнения Бренстеда-Бьеррума. Применение уравнения Бренстеда-Бьеррума к кинетике нитрования. Кинетика ионного замещения в октаэдрических комплексах.

**Замещение при насыщенном атоме углерода.** Реакции метилгалогенидов с иодид-ионами в ацетоне. Влияние разбавления в водных растворах. Реакции метилгалогенидов с цианид-ионами в водном растворе. Реакции метилгалогенидов с различными ионами в водных растворах. Реакции йодистого метила с различными ионами в водном растворе. Значение сольватации.

**Ионы и полярные молекулы; замещение в ароматическом ряду.** Реакции в гомологическом ряду. Два механизма реакций замещения; карбониевые ионы. Влияние постоянного заряда на кинетику простых реакций в ароматическом ряду. Влияние заместителей на омыление алифатических сложных эфиров. Реакции между ионами и полярными молекулами в смешанных растворителях. Сопоставление реакций замещения в алифатическом и ароматическом рядах. Квантовомеханическая трактовка влияния орто-, мета- и пара-заместителей.

**Мономолекулярные реакции.** Разложение озона. Разложение пятиоксида азота в газовой фазе и в растворе. Простейшее выражение для константы скорости мономолекулярной реакции. Сопоставление мономолекулярных реакций в газовой фазе и в растворах. Кинетика реакций декарбоксилирования в растворе. Разложение иона фенилдиазония в воде. Разложение сильно полярных и солеобразных соединений. Общее статическое рассмотрение мономолекулярных реакций в газах. Мономолекулярные реакции, скорость которых определяется вращательной релаксацией.

**Каталитические реакции.** Некоторые простые каталитические реакции. Общий и специфический катализ. Катализ в растворе четыреххлористого углерода. Разложение диацетонового спирта; катализ гидроксид-ионами. Два механизма гидролиза, катализируемого ионами водорода. Гидролиз сложных эфиров в смешанных растворителях. Гомогенный катализ ионами металлов.

**Влияние давления.** Реакции в неводных средах. Объемный эффект активации и его зависимость от температуры. Объемный эффект активации при различных давлениях. Реакции в водных растворах. Ионные реакции. Реакции между ионами и полярными молекулами. Энтальпия и энергия активации.

**Быстрые реакции и релаксационные эффекты.** Определение скорости некоторых быстрых реакций классическими методами. Новые методы определения скоростей быстрых реакций. Релаксационные методы. Колебательная релаксация в жидкостях. Влияние давления на время релаксации. Релаксация, связанная с нарушением химического равновесия. Обратимые мономолекулярные реакции. Обратимая диссоциация. Димеризационные равновесия в разбавленных растворах. Изменение структуры жидкости. Релаксационные эффекты и медленные реакции. Кинетика колебательного возбуждения.

**Корреляция.** Статистические корреляции между параметрами растворимости. Статистические корреляции, основанные на распределении энергии. Статистические корреляции для образования водородных связей, между константами диссоциации константами гидратации. Некоторые кинетические корреляции. Корреляция между статистическими и кинетическими постоянными. Уравнение Бренстеда.

**Реакции между полярными молекулами.** Влияние растворителя: экспериментальные данные. Влияние диэлектрической проницаемости растворителя. Отклонения от строгой бимолекулярности. Предварительное обсуждение кинетики медленных реакций. Возможное объяснение медленности сольволитических реакций. Предварительное объяснение медленных реакций.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении дисциплины используются активные и интерактивных формы проведения занятий, такие как: семинар в диалоговом режиме, деловая игра, разбор конкретных ситуаций. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 50% аудиторных занятий.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Перечень-учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине:

1. Эммануэль Н.Н., Кноре Д.Г. Курс химической кинетики. М.: Высшая школа. 2004.
2. Физическая химия. Под ред. Краснова К.С. Т.2 М.: Высшая школа. 2008.
3. Лабовиц Л., Аренс Дж. Задачи по физической химии с решениями. М.: Мир. 2010.

Лекционные занятия проводятся 1 раз в неделю в объеме 2 часов и 2 часов практических занятий в 3 семестре. После окончания изучения каждой темы магистранты проходят тестирование, выполняют контрольные работы.

7.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины

**Таблица 7.1.**

**Содержание самостоятельной работы обучающихся**

<i>№№ п/п</i>	<i>Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Формы работы</i>
1.	Введение. Основы химической термодинамики.	11	собеседование
2.	Основы химической кинетики. Диффузионные реакции.	14	собеседование
3.	Кинетика некоторых простых реакций.	16	собеседование
4.	Замещение при насыщенном углеродном атоме.	10	собеседование



5.	Ионные реакции. Ионы и полярные молекулы.	16	собеседование
6.	Мономолекулярные реакции. Каталитические реакции. Влияние давления.	14	собеседование
7.	Быстрые реакции и релаксационные эффекты. Корреляция.	10	собеседование
8.	Реакции между полярными молекулами.	10	собеседование

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### *Примерные вопросы для собеседования*

#### *Вариант 1*

1. Что понимают под термином “скорость реакции”?
2. Что такое кинетическое уравнение? Какой вид имеет кинетическое уравнение для элементарной реакции? Для сложной реакции?
3. Что такое порядок реакции по данному веществу? Что такое общий порядок?
4. Каков физический смысл константы скорости? Какова размерность константы скорости?
5. Напишите стехиометрическое уравнение и механизм реакции разложения пероксида водорода в присутствии дихромата калия. .
6. Сформулируйте принцип квазиравновесия и выведите кинетическое уравнение процесса в дифференциальной форме.
7. Как обрабатываются экспериментальные данные по разложению пероксида водорода дифференциальным методом?
8. Выведите кинетическое уравнение разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$  в интегральной форме. Как обрабатываются экспериментальные данные интегральным методом?
9. Напишите экспериментальную установку для разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Почему эта установка называется установкой постоянного давления?
10. Как проверить герметичность установки?
11. Как рассчитать концентрацию перекиси водорода в реакторе, зная объём выделившегося кислорода?
12. Влияние температуры на скорость реакции. Вывод уравнения Аррениуса.
13. Энергия активации. Расчёт энергии активации.
14. Каков физический смысл энергии активации?
15. Почему иодирование ацетона является автокаталитической реакцией и где при выводе кинетического уравнения это используется?

#### *Вариант 2*

1. Дайте определение скорости гомогенной реакции и гетерогенной.

2. Что такое кинетическое уравнение?
3. Каков физический смысл константы скорости реакции?
4. Что такое частный порядок реакции по данному компоненту? Что такое общий порядок?
5. Почему реакция иодирования ацетона является реакцией второго порядка? Каков механизм реакции в кислой среде?
6. Какова размерность константы скорости реакции второго порядка?
7. Запишите кинетическое уравнение иодирования ацетона в дифференциальной форме.
8. Выведите интегральную форму кинетического уравнения иодирования.
9. Как графически определить константу скорости иодирования?
10. Как рассчитать начальную концентрацию ацетона, катализатора, йода?
11. Для чего при титровании йода тиосульфатом натрия в колбочку для титрования вносится раствор  $\text{NaHCO}_3$ ?
12. Какой метод контроля за скоростью реакции иодирования может быть предложен?
13. Как определяется энергия активации из экспериментальных данных?
14. В каких единицах измеряется энергия активации?
15. Почему, титруя йод тиосульфатом, можно делать вывод о количестве вступившего в реакцию ацетона?

### ***Примеры заданий контрольных работ***

#### ***Вариант 1***

1. Основные понятия химической кинетики. Простые элементарные и сложные реакции.  
Механизм реакции. Скорость реакции. Закон действия масс – основной постулат химической кинетики. Молекулярность реакции.
2. Формальная кинетика. Порядок реакции. Кинетика необратимых реакций нулевого и первого порядка (прямая и обратная задача).
3. Кинетика необратимых реакций второго и третьего порядка (прямая и обратная задача).
4. Интегральный метод определения порядка реакции и его модификации. Сравните с дифференциальным методом.
5. Дифференциальный метод определения порядка реакции, его модификации. Сравните с интегральным методом.

#### ***Вариант 2***

1. Кинетика обратимых реакций первого порядка (прямая и обратная задача).
2. Обратимые реакции второго порядка (прямая и обратная задача).
3. Кинетика параллельных реакций первого порядка. Относительная реакционная способность.
4. Кинетика последовательных реакций первого порядка. Исследование кинетических уравнений последовательных реакций.
5. Период полупревращения и определение порядка реакции с его помощью.

#### ***Вариант 3***

1. Принцип квазиравновесия. Понятие лимитирующей стадии и его использование для вывода кинетического уравнения.
2. Принцип квазистационарности концентрации промежуточного продукта и его использование для вывода кинетического уравнения.

3. Кинетика необратимых реакций  $n$ -ого порядка (случай, когда все реагенты взяты в одинаковых концентрациях).
4. Зависимость скорости реакции от температуры. Термодинамический вывод уравнения Аррениуса. Энергия активации элементарной химической реакции и её статистический смысл.
5. Уравнение Аррениуса в дифференциальной и интегральной форме. Эмпирическое определение энергии активации.

#### ***Вариант 4***

1. Теория активных соударений. Сечение соударений. Фактор соударения. Гипотеза Аррениуса.
2. Энергетическая схема двойного соударения. Вероятность активного соударения. Формула Траутца-Льюиса.
3. Нормальные, быстрые и медленные реакции в теории активных соударений.
4. Медленные реакции в теории ТАС, стерический фактор.
5. Быстрые реакции теории активных соударений. Учёт нескольких степеней свободы при соударениях. Формула Хиншельвуда.

#### ***Критерии оценки ответа студента при выполнении контрольной работы***

<b>Оценка</b>	<b>Требования к знаниям</b>
отлично	приведены полные правильные решения, ответы грамотно аргументированы
хорошо	допущены незначительные погрешности при ответах на вопросы, аргументация была не полной
удовлетворительно	в ответах на некоторые вопросы допущены грубые ошибки, часть выводов не аргументирована или аргументирована неправильно
неудовлетворительно	ответы на 50 и более % вопросов ошибочны, большинство выводов не аргументированы или аргументированы неправильно

#### ***Примерные тестовые задания***

1. В некоторой реакции температурный коэффициент равен 2. При повышении температуры от 0 до 50 °С скорость этой реакции увеличится в число раз:  
а) 4; б) 16; в) 32; г) 64.
2. При повышении давления в 5 раз скорость реакции образования йодоводорода из простых веществ возрастет в число раз:  
а) 5; б) 10; в) 25; г) 125.
3. Реакция при температуре 20 °С протекает за 6 мин 45 с. При температуре 60 °С (коэффициент Вант-Гоффа для данной реакции равен 3) эта же реакция закончится через (в с):  
а) 5; б) 15; в) 20; г) 25.

4. Реакция при температуре 30 °С протекает за 2 мин 40 с, а при температуре 70 °С эта же реакция протекает за 10 с. Температурный коэффициент данной реакции равен:

- а) 1,5; б) 2; в) 2,5; г) 3.

5. Из перечисленных реакций выбрать ту, которая протекает с максимальной скоростью.

- а) Образование хлорида серебра из нитрата серебра и хлорида натрия в растворе;  
б) окисление этанола в организме человека;  
в) брожение глюкозы;  
г) коррозия железа во влажном воздухе.

6. На смещение равновесия в ходе реакции восстановления оксида железа(III) водородом оказывает влияние:

- а) изменение давления;  
б) введение катализатора;  
в) удаление из сферы реакции образующихся продуктов;  
г) изменение температуры.

7. Катализ может быть:

- а) окислительно-восстановительным;  
б) биологическим;  
в) гомогенным;  
г) гетерогенным.

8. Ингибитором называют:

- а) биологический катализатор;  
б) отрицательный катализатор;  
в) положительный катализатор;  
г) совсем не катализатор.

9. Для какой из перечисленных реакций давление не влияет на смещение равновесия?

- а) Образование воды из простых веществ;  
б) образование аммиака из простых веществ;  
в) образование метана из простых веществ;  
г) образование бромоводорода из простых веществ.

10. Две реакции протекают с одинаковой скоростью при 30 °С, коэффициенты Вант-Гоффа для этих реакций 3 и 5 соответственно. Отношение скоростей этих реакций, протекающих при 60 °С, равно:

- а) 5,0; б) 4,63; в) 1,67; г) 0,22.

*Критерии оценки ответа студента при выполнении тестовых заданий*

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно освоил программный материал, исчерпывающе,

	последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного характера, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при обосновании ответа.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, имеет затруднения при ответе на вопросы и обосновании ответов. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### ***Примерная тематика курсовых работ***

1. Молекулярно-кинетическая теория.
2. Элементы кинетической теории газов
3. Основные положения молекулярно-кинетической теории.
4. Кинетика реакций в растворах.
5. Основные формулы молекулярно-кинетической теории.
6. Кинетика и механизм реакций в электрических разрядах.
7. Кинетическая и потенциальная энергия.
8. Кинетика цепных реакций.
9. Теория активированного комплекса.
10. Применение основного закона кинетики к простым односторонним реакциям.
11. Кинетика фотохимических реакций в газах.
12. Элементарная теория активных столкновений.

### ***Критерии оценки курсовой работы***

<b><i>Оценка</i></b>	<b><i>Критерии оценки</i></b>
<b>Отлично</b>	работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса, магистрантом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме работы. Оформление

	работы соответствует предъявляемым требованиям. При защите работы студент свободно владеет материалом и отвечает на вопросы.
<b>Хорошо</b>	работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса. Незначительные замечания к оформлению работы. При защите работы магистрант владеет материалом, но отвечает не на все вопросы.
<b>Удовлетворительно</b>	работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, но не полностью раскрыто содержание каждого вопроса. Магистрантом не сделаны собственные выводы по теме работы. Грубые недостатки в оформлении работы. При защите работы студент слабо владеет материалом, отвечает не на все вопросы.
<b>Неудовлетворительно</b>	работа выполнена не в соответствии с утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса. Магистрантом не сделаны выводы по теме работы. Грубые недостатки в оформлении работы. При защите работы магистрант не владеет материалом, не отвечает на вопросы.

### *Примерные контрольные вопросы к экзамену*

- 1). Ведение в кинетику.
- 2). Стехиометрия. Молекулярность. Мономолекулярные реакции.
- 3). Бимолекулярные реакции. Тримолекулярные реакции.
- 4). Определение механизмов реакций.
- 5). Элементарные кинетические законы. Кинетическое уравнение.
- 6). Порядок реакции. Константа скорости.
- 7). Определение порядка реакции и константы скорости.
- 8). Интегральное кинетическое уравнение первого порядка.
- 9). Определение константы скорости реакции первого порядка.
- 10). Интегральные кинетические уравнения второго порядка.
- 11). Реакция с участием двух реагентов.
- 12). Реакция, в которой участвует один реагент, или реакция между двумя реагентами, начальные концентрации которых равны.
- 13). Определение констант скоростей реакций второго порядка.
- 14). Интегральные кинетические уравнения третьего порядка. Обратимые реакции.
- 15). Экспериментальные методы определения скоростей реакций.
- 16). Дифференциальные методы. Метод начальной скорости.
- 17). Интегральные методы. Метод проб. Непрерывные методы.
- 18). Реакции в газовой фазе.
- 19). Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Определение энергии активации. Активированный комплекс.

- 20). Теории скоростей реакций. Теория столкновений. Недостаточность теории столкновений.
- 21). Теория абсолютных скоростей.
- 22). Термодинамическая формулировка кинетического уравнения. Энтропия активации.
- 23). Теории мономолекулярных реакций. Теория Линдемана. Теория Гиншелвуда.
- 24). Теории РРК (Райса, Рамспергера, Касселя) и Слейтера.
- 25). Процессы с участием атомов и свободных радикалов.
- 26). Типы сложных реакций. Нецепные процессы.
- 27). Неразветвленные цепные процессы. Разветвленные цепные процессы. Стационарное приближение. Реакция водорода с бромом.
- 28). Механизмы Райса-Герцфельда. Эксперименты Панета со свинцовым зеркалом. Термическое разложение ацетальдегида.
- 29). Энергия активации. Аддитивная полимеризация.
- 30). Реакции аутоокисления в газовой фазе. Реакции водорода с кислородом. Кинетика разветвленных цепных реакций.
- 31). Реакции в растворах. Сравнение реакций в газовой фазе и в растворах.
- 32). Теория переходного состояния для жидкофазных реакций. Реакции с участием ионов. Природа ионов и растворителя. Ионная сила раствора.
- 33). Влияние давления на скорость реакций.
- 34). Каталитические реакции. Гомогенный катализ.
- 35). Реакции в газовой фазе. Кислотно-основной катализ. Специфический кислотно-основной катализ. Общий кислотно-основной катализ.
- 36). Каталитический закон Брэнстера. Гетерогенный катализ.
- 37). Механизмы реакций на границе раздела газ-твердое тело. Изотерма адсорбции Ленгмюра. Ферментативный катализ.
- 38). Фотохимические реакции. Законы фотохимии.
- 39). Процессы возбуждения молекул. Диссоциация.
- 40). Дезактивация и химическая реакция. Внутримолекулярные превращения энергии.
- 41). Фотолитические реакции. Разложение йодистого водорода. Димеризация антрацена.
- 42). Фотосенсибилизированные реакции.
- 43). Экспериментальные методы. Источники света. Химические актинометры.
- 44). Быстрые реакции.
- 45). Струевые методы. Реакции газов в проточных трубах.
- 46). Проточные реакторы для реакций в жидкой фазе.
- 47). Ограничения струевых методов.
- 48). Пламена. Разреженные пламена. Горячие пламена.
- 49). Импульсный фотолиз и радиолиз. Методы магнитного резонанса.
- 50). Ударные трубы. Молекулярные пучки. Релаксационные методы.

### *Критерии оценки ответа на экзамене*

4-балльная шкала (уровень освоения)	Показатели	Критерии
Отлично (повышенный уровень)	1. Полнота изложения теоретического материала; 2. Полнота и правильность решения практического задания; 3. Правильность и/или аргументированность изложения (последовательность действий);	Магистрантом дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на поставленный вопрос, где он продемонстрировал знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно, и исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса, решил предложенные практические задания без ошибок.
Хорошо (базовый уровень)	4. Самостоятельность ответа; 5. Культура речи; 6. и т.д.	Магистрантом дан развернутый ответ на поставленный вопрос, где магистрант демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается неточность в ответе. Решил предложенные практические задания с небольшими неточностями.
Удовлетворительно (пороговый уровень)		Магистрантом дан ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой дисциплины, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории, слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры, недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа и решении практических заданий.
Неудовлетворительно		Магистрантом дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей,



(уровень не сформирован)		обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. Решение практических заданий не выполнено. Т.е магистрант не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.
--------------------------	--	---

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Учебная литература

#### а) основная:

1. Эммануэль Н.Н., Кноре Д.Г. Курс химической кинетики. М.: Высшая школа. 2004.
2. Физическая химия. Под ред. Краснова К.С. Т.2 М.: Высшая школа. 2008.
3. Лабовиц Л., Аренс Дж. Задачи по физической химии с решениями. М.: Мир. 2010.
4. Корольков Д.В. Теоретическая химия: общие принципы и концепции. М.: Академкнига, 2007.
5. Герасимов Я.И. и др. Курс физической химии: в 2т. М.: Химия, 1970.
6. Еремин Е.Н. Основы химической кинетики: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2006, 374с.
7. Эммануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики: М.: Высшая школа, 1984, 463с.
8. Бенсон С. Основы химической кинетики. М.: Мир, 1964.
9. Г.Эвери. Основы кинетики и механизмы химических реакций. – М.:Мир, 1978.
10. Колдин Е. Быстрые реакции в растворе. – М.Мир,1966.

#### б) дополнительная:

1. Даниэльс Ф., Олберти Р. Физическая химия. М.: Мир, 2008.
2. Курс физической химии. Т.І и Т.ІІ. Под ред. Я.И. Герасимова. М.: Химия, 1973.
3. Практикум по физической химии под редакцией Буданова В.В. и Воробьева Н.К. М.: Химия, 1986.

### 9.2. Интернет-ресурсы:

<http://fizrast.ru/sitemap.html>

<http://www.don-agro.ru>  
<http://xn-80abucjiibhv9a.xn-plai/>  
<http://www.agroxxi.ru/> (РГБ)  
<http://elibrary.rsl.ru> Научная электронная библиотека  
<http://elibrary.ru/default.asp> Российская национальная библиотека  
<http://primo.nl.ru> <http://nbmgu.ru> Электронная библиотека Российской государственной библиотеки

### 9.3. Программное обеспечение

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» как на территории университета, так и вне ее.

Университет обеспечен следующим комплектом лицензионного программного обеспечения.

1. Лицензионное программное обеспечение, используемое в ИнГГУ
  - 1.1. Microsoft Windows 7
  - 1.2. Microsoft Office 2007
  - 1.3. Программный комплекс ММИС “Визуальная Студия Тестирования”
  - 1.4. Антивирусное ПО Eset Nod32
  - 1.5. Справочно-правовая система “Консультант”
  - 1.6. Справочно-правовая система “Гарант”

Наряду с традиционными изданиями студенты и сотрудники имеют возможность пользоваться электронными полнотекстовыми базами данных:

**Таблица 9.1.**

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a> –
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a> -
ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА". Электронная библиотека технического вуза	<a href="http://polpred.com/news">http://polpred.com/news</a>
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	<a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a> -
Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a> –
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> -
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	<a href="http://old.rsue.ru/Academy/Arc_hives/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Arc_hives/Index.htm</a>

Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a> -
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a> -
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информиио»	<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнгГУ
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнгГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Имеющаяся материально-техническая база университета обеспечивает качественное проведение теоретических и практических занятий:

- проведение лекций - аппаратурой для демонстрации иллюстративного материала;
- аудиторию для семинарских занятий;
- проекционное оборудование и компьютер.

Перечень необходимых технических средств обучения, используемых в учебном процессе для освоения дисциплины «Равновесие и кинетика реакций в растворах»:

- компьютерное и мультимедийное оборудование;
- видео- и аудиовизуальные средства обучения и др.

1. Весы аналитические, технические.
2. Спектрофотометр СФ-46.
3. Фотоколориметры КФК-2, КФК-2МП.
4. Иономеры И130, Эксперт, Аквилон.
5. Атомно-абсорбционный спектрометр «Квант Z-ЭТА» с программным обеспечением и набором ламп.
6. Газовый хроматограф «Кристалл» с детекторами по теплопроводности, электронному захвату и капиллярными колонками.
7. Оборудование для тонкослойной хроматографии.
8. ИК-спектрометр.
9. Мерная посуда, ступки для пробоподготовки из агата и яшмы, чашки, тигли из платины, кварца, стеклоуглерода.
- 10.Центрифуга.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретический материал дисциплины «Равновесие и кинетика реакций в растворах» изучается в течение семестра в соответствии с учебным планом. Самостоятельная внеаудиторная работа магистров обеспечена электронными учебно-методическими ресурсами (система Moodle), возможностью общения магистранта с преподавателем посредством электронной почты, доступом в Internet.

Основу теоретической подготовки по дисциплине «Химическая кинетика и механизмы химических реакций» составляют лекции, которые представляются систематически в сочетании с семинарскими и лабораторными занятиями. Основные учения и владения отрабатываются и закрепляются на семинарских и лабораторных занятиях. Аудиторные занятия (лекции, семинары и лабораторные занятия) объединены с самостоятельной внеаудиторной работой магистров над рекомендуемой литературой, а также заданиями, которые выдаёт преподаватель и при подготовке к лабораторным занятиям.

При изучении дисциплины магистрантами могут использоваться следующие информационные технологии и инновационные методы:

- электронный вариант учебно-методического комплекса (с использованием системы Moodle);
- ресурсы электронной библиотечной системы;
- ресурсы Интернет;
- мультимедийная техника.

Преподаватель, читающий дисциплину, ведет учет посещаемости и осуществляет контроль за выполнением самостоятельной работы. Текущий контроль заключается в мониторинге выполнения учебной программы дисциплины на аудиторных занятиях и оценке работы на семинарских и практических занятиях.

Рабочая программа дисциплины «Равновесие и кинетика реакций в растворах» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01. Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «13» июля 2022 г. № 655 .

Программу составила:

д.х.н., профессор кафедры химии З.Х.Султыгова  
(должность, Ф.И.О.)

Программа одобрена на заседании кафедры «Химия»

Протокол № 9 от «20» июня 2022 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом химико-биологического факультета/института

Протокол № 10 от «21» июня 2022 года

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета

Протокол №10 от «29» июня 2022г.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и  
регистрации изменений**

Учебны й год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой