

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования "Пермский**  
**государственный национальный исследовательский**  
**университет"**

**Кафедра физической химии**

Авторы-составители: **Медведева Наталья Александровна**

Рабочая программа дисциплины  
**КИНЕТИКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ**  
Код УМК 70732

Утверждено  
Протокол №6  
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Кинетика химических реакций

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в базовую часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **04.04.01** Химия  
направленность Химия, физика и механика материалов

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Кинетика химических реакций** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**04.04.01** Химия (направленность : Химия, физика и механика материалов)

**ПК.2** Способен планировать работу и выбирать методы решения поставленных задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках

**Индикаторы**

**ПК.2.2** Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов, готовит объекты, оборудование и реактивы исследования

**ПК.3** Способен проводить экспериментальные работы и обрабатывать полученные данные в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках с использованием различных методов и подходов

**Индикаторы**

**ПК.3.2** Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направление подготовки</b>	04.04.01 Химия (направленность: Химия, физика и механика материалов)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	4
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	48
<b>Проведение лекционных занятий</b>	24
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	24
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	96
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (3) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (4 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### **Кинетика химических реакций. Первый семестр**

химическая кинетика изучает превращение веществ как процесс, протекающий во времени, а также закономерности, определяющие направление и скорость этого превращения, его механизм.

#### **Введение**

Химическая кинетика как раздел физической химии. Термодинамический и кинетический критерии реакционной способности системы. Роль химической кинетики в различных областях науки и техники.

#### **1. Формальная кинетика**

Формальная кинетика. Простые реакции. Скорость реакции. Кинетика простых реакций. Сложные реакции. Кинетика сложных реакций. Приближенные методы кинетики. Реакции в потоке. Влияние температуры на скорость реакции.

Наименования и содержание лабораторных работ:

Работа 1. Изучение скорости гидролиза уксусного ангидрида методом электрической проводимости.

Измеряя электрическую проводимость, устанавливают концентрацию уксусной кислоты, образующейся при гидролизе уксусного ангидрида. Полученные значения используют для графического определения константы скорости реакции и для расчета энергии активации, теплоты и энтропии активации.

Работа 2. Изучение кинетики реакции гидролиза уксусного ангидрида колориметрическим методом.

Кинетику реакции изучают по концентрации йода, выделяющегося при окислении йодида йодатом в кислой среде. По экспериментальным данным рассчитывают константу скорости реакции и энергию активации.

Работа 3. Изучение кинетики реакции окисления тиомочевины и тиоацетамида гексацианоферрата (III) в щелочном растворе.

Ход реакции контролируют по изменению концентрации гексацианоферрата (III) при заданной температуре, измеряя оптическую плотность раствора. По результатам опытов рассчитывают константу скорости и энергию активации процесса.

#### **1.1. Классификация химических реакций**

Классификация химических реакций: по фазовому состоянию, по фазовому состоянию реагирующих веществ, продуктов реакции и среды; с учетом специфики элементарного акта; по сложности; по кинетической обратимости; по числу молекул, участвующих в каждом элементарном акте.

#### **1.2. Скорость реакции. Основной постулат кинетики**

Скорость реакции. Понятие скорости реакции. Факторы, влияющие на скорость реакции. Классификация химических реакций. Основной постулат кинетики. Порядок реакции, молекулярность.

#### **1.3. Простые реакции**

Кинетика простых реакций. Реакции первого порядка. Псевдомолекулярные реакции. Реакции второго и третьего порядка. Методы определения порядка реакции.

#### **1.4. Сложные реакции**

Кинетика сложных реакций. Прямая и обратная задачи кинетики. Принцип независимости. Обратимые

реакции порядка. (На самостоятельное изучение выносится вопрос «Релаксационные методы изучения быстрых реакций»). Параллельные реакции. Метод конкурирующих реакций. Последовательные реакции.

Приближенные методы кинетики. Метод квазистационарных концентраций. Лимитирующая стадия. Квазиравновесное приближение.

### **1.5. Реакции в потоке**

Реакции в потоке. Предельные режимы проведения реакций в потоке. Условие материального баланса. Кинетика реакций в реакторах идеального смешения и идеального вытеснения. Стационарный режим кинетического процесса. (На самостоятельное изучение выносится вопрос «Струевые методы изучения быстрых реакций»).

### **1.6. Влияние температуры на скорость реакции**

Влияние температуры на скорость реакции. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Методы расчета энергии активации и предэкспоненциального множителя. Тепловой взрыв. Диаграмма Семенова.

## **2. Теория химической кинетики**

Теория химической кинетики. Теория бинарных соударений. Теория активированного комплекса.

Наименования и содержание лабораторных работ:

Работа 1. Изучение кинетики фотохимического разложения перекиси водорода.

Кинетику фотохимического разложения перекиси водорода изучают по объему кислорода, выделяющегося при облучении раствора ультрафиолетовым светом. Устанавливают зависимости скорости процесса от концентрации фенола (замедлителя реакции), интенсивности облучения и диаметра реакционного сосуда. По опытным данным методом графического дифференцирования находят скорость реакции в разные моменты времени, используя полученные значения, графически определяют константу нарастания, характеризующую скорость разветвления, и рассчитывают период индукции.

Работа 2. Изучение кинетики растворения и диффузии в водных растворах.

Методом вращающегося диска изучают кинетику растворения металлов и полупроводников в водных растворах кислот в зависимости от скорости вращения диска и концентрации кислоты. По полученным данным рассчитывают коэффициент диффузии.

Работа 3. Изучение кинетики процессов травления полупроводников.

Кинетику процесса травления полупроводников изучают на примере кремния. По полученным экспериментальным данным методом графического дифференцирования находят скорость реакции в разные моменты времени. Определяют глубину нарушенного слоя.

Самостоятельное изучение дополнительного теоретического материала:

1). Статистический аспект теории активированного комплекса.

### Контрольные вопросы

1. Какова интерпретация стерического множителя в рамках статистического аспекта теории активированного комплекса?
2. Перечислите основные недостатки теории активированного комплекса.
3. Какие положения используют при выводе основного уравнения теории активированного комплекса?
4. Запишите основное уравнение теории активированного комплекса для константы скорости реакции и поясните смысл каждой из входящих в него величин.
5. Что понимают под истинной энергией активации в теории активированного комплекса?
6. Установите количественное соотношение между опытной и истинной энергиями активации.

### 2). Расчет стерического фактора по теории переходного состояния

#### Контрольные вопросы

1. Запишите выражение для расчета предэкспоненциального множителя по теории переходного состояния.
2. Опишите алгоритм расчета стерического фактора для реакции взаимодействия молекулы водорода с метильным радикалом.
3. Запишите выражение для оценки стерического фактора, в котором фигурирует средняя величина статсуммы на одну вращательную степень свободы.

### 3). Кинетическая схема Штерна – Фольмера

На кинетическую схему Штерна – Фольмера следует обратить внимание как на пример определения элементарных констант из опытных фотохимических данных.

#### Контрольные вопросы

1. В чем заключается механизм Штерна – Фольмера? Какие первичные процессы учитываются в этом механизме?
2. Какую величину называют тушением?
3. Как можно рассчитать первичный квантовый выход, используя схему Штерна – Фольмера?
4. Какие существуют пути для оценки эффективной энергии активации безизлучательных процессов?
5. Как найти энергию активации односторонней реакции из синглетного состояния?

### **2.1. Теория бинарных соударений**

Соотношения кинетической теории газов. Уравнение Максвелла для распределения молекул по скоростям. Средняя скорость движения молекул. Диаграмма столкновений. Расчет числа столкновений. Теория бинарных соударений. Энергия активации. Константа скорости бимолекулярной реакции. Стерический фактор. Применение теории бинарных соударений к мономолекулярным реакциям.

### **2.2. Теория активированного комплекса**

Основные понятия теории активированного комплекса. Переходное состояние. Теория абсолютных скоростей реакций. Карта поверхности потенциальной энергии. Трансмиссионный коэффициент. Адиабатический процесс. Положения, лежащие в основе теории переходного состояния. Константа скорости бимолекулярной реакции. (На самостоятельное изучение выносятся вопросы «Статистический аспект теории активированного комплекса» и «Расчет стерического фактора по теории переходного состояния»). Термодинамический аспект теории переходного состояния. Связь константы скорости реакции с

термодинамическими функциями. Физический смысл энthalпии активации Мономолекулярные и тримолекулярные реакции. Константы скоростей мономолекулярной и тримолекулярной реакций. Температурная зависимость константы скорости тримолекулярной реакции.

### **2.3. Реакции в растворах**

Реакции в растворах. Применимость теории столкновений к реакциям в растворах. Расчет константы скорости по теории активированного комплекса (уравнение Бренстеда – Бьеррума). Первичный и вторичный солевые эффекты.

## **3. Кинетика специфических сложных реакций**

Кинетика специфических сложных реакций. Цепные реакции. Фотохимические реакции. Кинетика гетерогенных процессов.

### **3.1. Цепные реакции**

Цепные реакции. Основные понятия кинетики цепных реакций. Кинетика разветвленных цепных реакций. Теория взрывов. Вероятностная теория цепных реакций.

### **3.2. Фотохимические реакции**

Фотохимические реакции. Основные понятия кинетики фотохимических реакций. Законы фотохимии. Скорость фотохимической реакции. (На самостоятельное изучение выносятся вопрос «Кинетическая схема Штерна – Фольмера»).

### **3.3. Кинетика гетерогенных процессов**

Основные понятия теории гетерогенных процессов. Диффузия и скорость диффузии. Законы Фика. Кинетика процессов в условиях стационарного и нестационарного состояния диффузионного потока. Температурная зависимость коэффициента диффузии. Реакции с участием твердых тел. Реакции твердое тело – жидкость и твердое тело – газ. Морфологические модели образования и роста зародышей. Зародышеобразование в одну стадию и в несколько стадий. Случайное зародышеобразование в объеме твердого реагента. Уравнение Ерофеева. Экспоненциальный период ускорения роста зародышей. Уравнение Праута – Томпкинса. (На самостоятельное изучение выносятся вопрос «Элементарные процессы на границе раздела фаз»).

## **4. Катализ**

Катализ. Основные понятия кинетики каталитических реакций. Гомогенный катализ. кислотноосновной катализ. Автокаталитические реакции. Гетерогенный катализ.

Самостоятельное изучение дополнительного теоретического материала.

### 1) Автоколебательные реакции

В этой теме предусмотрено рассмотрение механизма реакции Белоусова – Жаботинского, механизма Филда – Кереша – Нойеса, модели Орегонатор.

Контрольные вопросы

1. Какие реакции называют автоколебательными?
2. Приведите пример автоколебательной реакции.
3. Опишите реакцию Белоусова – Жаботинского, используя механизм Филда – Кереша – Нойеса.
4. В чем суть модели Орегонатор?



#### **4.1. Основные понятия кинетики каталитических реакций и их классификация**

Основные понятия кинетики каталитических реакций. Катализаторы и ингибиторы. Специфичность и селективность катализаторов. Причины ускоряющего действия катализаторов. Классификация каталитических процессов.

#### **4.2. Гомогенный катализ**

Гомогенные каталитические реакции на примере бимолекулярных реакций. Схема бимолекулярной реакции в присутствии катализатора. Кинетические уравнения для гомогенных каталитических реакций. Промежуточное вещество Аррениуса и Вант-Гоффа.

#### **4.3. Кислотно-основной катализ**

Кислотно-основной катализ. Бренстедовский кислотно-основной катализ: Основные стадии кислотно-основного катализа. Общий и специфический кислотно-основной катализ. Катализ в сильно кислых средах. Функция Хаммета.

#### **4.4. Автокаталитические реакции**

Автокаталитические реакции: Автокатализ. Период индукции. Автоколебания. Схема Вольтера Лотке. Поиск стационарных состояний. Исследование стационарных состояний на устойчивость по Ляпунову. Поведение системы на фазовой плоскости. Особые точки. Орегонатор. Предельные циклы. (На самостоятельное изучение выносятся вопросы «Автоколебательные реакции» и «Ферментативный катализ»).

#### **4.5. Гетерогенный катализ**

Гетерогенный катализ. Гетерогенно-каталитические процессы. Роль адсорбции в гетерогенно-каталитических реакциях. Уравнения адсорбции Фрейндлиха и Ленгмюра. Кинетика гетерогенно-каталитических процессов на равнодоступной поверхности. Основные направления в развитии теории гетерогенно-каталитического акта.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Шеин А. Б. Физическая химия. курс лекций : учебное пособие для студентов химического факультета, обучающихся по специальности и направлению "Химия" Ч. 2. Химическая кинетика, электрохимия/А. Б. Шеин, М. А. Виноградова ; Федеральное агентство по образованию, Пермский государственный университет.-Пермь, 2010, ISBN 978-5-7944-1424-0.-4041.-Библиогр.: с. 400
2. Умрихин В. А. Физическая химия: учебное пособие / В. А. Умрихин. — М.: КДУ, 2009. — 232 с.: ил., табл. — ISBN 978-5-98227-578-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система БиблиоТех : [сайт]. <https://bibliotech.psu.ru/Reader/Book/247>

### Дополнительная:

1. Кинетика и катализ. Т. 5. Кинетика гетерогенных химических реакций в растворах.-Москва, 1978.-223
2. Байрамов В. М. Основы химической кинетики и катализа: учебное пособие для студентов химических факультетов университетов/В. М. Байрамов ; ред. В. В. Лунин.-Москва: Академия, 2003, ISBN 5-7695-1297-0.-256.-Библиогр.: с. 242-243
3. Виноградова М. А., Шерстобитова И. Н. Кинетика электродных процессов на границе раздела фаз металл-электролит: учебное пособие к курсу лекций по теоретической химии/М. А. Виноградова, И. Н. Шерстобитова.-Пермь, 2007, ISBN 5-7944-0768-9.-107.-Библиогр.: с. 106
4. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х. Современный анализ и химическая кинетика: перевод с английского/И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт ; пер. В. И. Ролдугин.-Долгопрудный: Интеллект, 2010, ISBN 978-5-91559-044-0.-501.-Библиогр. в конце гл.
5. Денисов Евгений Тимофеевич, Саркисов Олег Михайлович, Лихтенштейн Герц Ильич Химическая кинетика: Учеб. пособие/Евгений Тимофеевич Денисов, Олег Михайлович Саркисов, Герц Ильич Лихтенштейн.-М.: Химия, 2000, ISBN 5-7245-1062-6.-568.

## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.chem.msu.ru/rus/library/welcome.html> Электронная библиотека химического факультета МГУ

<http://elibrary.ru> Научная электронная библиотека

<http://web.archive.org> Соросовский образовательный журнал, 1995-2001 гг.

[www.bibliotech.ru](http://www.bibliotech.ru) Цифровая библиотека "Библиотех"

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Кинетика химических реакций** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий); доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС); доступ в электронную информационно-образовательную среду университета; тестирование

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционные занятия Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
2. Лабораторные занятия Лаборатории «Учебная лаборатория по Коллоидной химии» и «Учебная лаборатория по Электрохимии и коррозии металлов», оснащенные специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лабораторий.
3. Самостоятельная работа Лаборатории «Учебная лаборатория по Коллоидной химии» и «Учебная лаборатория по Электрохимии и коррозии металлов», оснащенные специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лабораторий. Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера

доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Кинетика химических реакций**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ПК.2**

**Способен планировать работу и выбирать методы решения поставленных задач в  
выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках**

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.2.2</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов, готовит объекты, оборудование и реактивы исследования</p>	<p>Знать основные сведения о каталитических реакциях. Владеть способностью рассчитать кинетические параметры каталитических реакций. Иметь представление о катализе кислотами и основаниями, электрофильном и нуклеофильном катализе. Способен различать химическое взаимодействие реагентов с катализатором: слитное, раздельное. Умеет вычислять кинетические и термодинамические параметры каталитического процесса. Способен выполнить экспериментальное задание (опыт) по предоставленной методике. Уметь оформлять отчет по проделанному эксперименту. Знать как правильно построить графики и сделать корректный вывод по лабораторной работе. Владеть знаниями для ответа на теоретические вопросы по экспериментальной работе.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные сведения о каталитических реакциях. Не владеет способностью расчета кинетических параметров каталитических реакций. Не имеет представление о катализе кислотами и основаниями, электрофильном и нуклеофильном катализе. Не способен различать химическое взаимодействие реагентов с катализатором: слитное, раздельное. Не умеет вычислять кинетические и термодинамические параметры каталитического процесса. Не способен выполнить экспериментальное задание (опыт) по предоставленной методике. Не умеет оформлять отчет по проделанному эксперименту. Не знает как правильно построить графики и сделать корректный вывод по лабораторной работе. Не может ответить на теоретические вопросы по экспериментальной работе.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания о каталитических реакциях. Демонстрирует частично сформированную способность расчета кинетических параметров каталитических реакций. Имеет Общие, но не структурированные представления о катализе кислотами и основаниями, электрофильном и нуклеофильном катализе. Частично владеет знаниями для интерпретации химического взаимодействия реагентов с катализатором: слитное, раздельное. Фрагментарное применение навыков вычисления кинетических и термодинамических параметров</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>каталитического процесса. Демонстрирует частично сформированное умение к выполнению экспериментального задания (опыта) по предоставленной методике. Демонстрирует частично сформированное умение оформлять отчет по проделанному эксперименту, построению графиков и формулированию корректный выводов по лабораторной работе. Может частично ответить на теоретические вопросы по экспериментальной работе.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о каталитических реакциях, о катализе кислотами и основаниями, электрофильном и нуклеофильном катализе. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения расчета кинетических параметров каталитических реакций. Способен различать химическое взаимодействие реагентов с катализатором: слитное, раздельное. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков вычисления кинетических и термодинамических параметров каталитического процесса. Способен выполнить экспериментальное задание (опыт) по предоставленной методике. Умеет оформлять отчет по проделанному эксперименту. Знает как правильно построить графики и сделать корректный вывод по лабораторной работе. Владеет основной информацией на теоретические вопросы по экспериментальной работе.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания о каталитических реакциях, о катализе кислотами и основаниями, электрофильном и нуклеофильном катализе. Сформированное умение расчета кинетических параметров каталитических реакций. Способен различать химическое взаимодействие реагентов с катализатором: слитное, раздельное. Успешное и систематическое</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>применение навыков вычисления кинетических и термодинамических параметров каталитического процесса. Способен выполнить экспериментальное задание (опыт) по предоставленной методике. Умеет оформлять отчет по проделанному эксперименту. Знает как правильно построить графики и сделать корректный вывод по лабораторной работе. Владеет основной информацией на теоретические вопросы по экспериментальной работе.</p>

### ПК.3

**Способен проводить экспериментальные работы и обрабатывать полученные данные в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках с использованием различных методов и подходов**

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.3.2</b> Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации</p>	<p>Знать основные законы и понятия химической кинетики и катализа, перспективы развития химической кинетики как теоретической базы синтетической химии и химической технологии. Уметь применять основные законы химической кинетики для обсуждения полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных. Уметь использовать методы регистрации и обработки результатов физико-химических экспериментов применительно к системам, изменяющимся во времени. Владеть навыками проведения химического эксперимента, и использования физико-химических методов исследования систем и процессов, протекающих во</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные законы и понятия химической кинетики и катализа. Не информирован о перспективах развития химической кинетики как теоретической базы синтетической химии и химической технологии. Не способен применять основные законы химической кинетики для обсуждения полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных. Не умеет использовать методы регистрации и обработки результатов физико-химических экспериментов применительно к системам, изменяющимся во времени. Отсутствуют навыки проведения химического эксперимента, и использования физико-химических методов исследования систем и процессов, протекающих во времени. Не способен работать на современной учебно-научной аппаратуре при проведении химических экспериментов.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных законов и понятий химической кинетики и катализа. Слабое представление</p>



Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>времени, а также работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении химических экспериментов.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>о перспективе развития химической кинетики как теоретической базы синтетической химии и химической технологии. Демонстрирует частично сформированное умение применять основные законы химической кинетики для обсуждения полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных. Способен, но с затруднениями, использовать методы регистрации и обработки результатов физико-химических экспериментов применительно к системам, изменяющимся во времени. Демонстрирует частично сформированные навыки проведения химического эксперимента, и использования физико-химических методов исследования систем и процессов, протекающих во времени, а также работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении химических экспериментов.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных законов и понятий химической кинетики и катализа. Имеет представление о перспективе развития химической кинетики как теоретической базы синтетической химии и химической технологии. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков правильно применять основные законы химической кинетики для обсуждения полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных. В целом способен использовать методы регистрации и обработки результатов физико-химических экспериментов применительно к системам, изменяющимся во времени. Демонстрирует частично сформированные навыки проведения химического эксперимента, и использования физико-химических методов исследования систем и процессов, протекающих во времени, а также работы на современной учебно-научной аппаратуре при</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>проведении химических экспериментов.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания основных законов и понятий химической кинетики и катализа. Имеет представление о перспективе развития химической кинетики как теоретической базы синтетической химии и химической технологии. В целом успешное применение основных законов химической кинетики для обсуждения полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных. Способен использовать методы регистрации и обработки результатов физико-химических экспериментов применительно к системам, изменяющимся во времени. Демонстрирует сформированные навыки проведения химического эксперимента, и использования физико-химических методов исследования систем и процессов, протекающих во времени, а также работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении химических экспериментов.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Магистры. С 2015 г.

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
------------------------------------	--	---

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>Входной контроль</b>	Введение <b>Входное тестирование</b>	Знать основной математический минимум: основные правила нахождения производной (правила дифференцирования), правила логарифмирования, свойства частных производных, основные свойства неопределенных интегралов и таблицу простейших интегралов, правила разложения степенных рядов. Уметь осуществлять математические действия: дифференцирование, интегрирование, логарифмирование и т.д. Знать основные законы термодинамики. Уметь описать процессы, протекающие в идеальных газах, растворах. Способен производить расчеты термодинамических параметров. Уметь соотносить между собой различные единицы измерения физико-химических параметров. Знать основные физические постоянные. Владеть навыком расчета термодинамических параметров химического процесса. Знать основные теории адсорбционного процесса и основные уравнения. Уметь рассчитывать показатели адсорбции (степень заполнения, толщина адсорбционного слоя и т.д.).

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.2.2</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов, готовит объекты, оборудование и реактивы исследования</p> <p><b>ПК.3.2</b> Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации</p>	<p>1.6. Влияние температуры на скорость реакции</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Владеть основными законами и понятиями формальной кинетики: скорость реакции, обратимые и необратимые реакции, порядок реакции и т.д. Способен применить основные законы формальной кинетики для обсуждения экспериментальных и расчетных результатов. Способен записать кинетические уравнения для простых, сложных реакций и реакций, протекающих в потоке, с учетом основных законов формальной кинетики. Уметь осуществлять прогнозирование химического процесса с точки зрения термодинамического аспекта (влияние температуры на скорость реакции). Способен провести вычисление кинетических параметров химической реакции и контролировать правильность вычислений.</p>
<p><b>ПК.2.2</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов, готовит объекты, оборудование и реактивы исследования</p> <p><b>ПК.3.2</b> Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации</p>	<p>2.3. Реакции в растворах</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Владеть основными законами молекулярно-кинетической теории (МКТ). Способен применить основные законы МКТ для вычисления скорости процесса исходя из молекулярных параметров реагирующих компонентов и внешних условий. Знает основные положения Теории активных столкновений и теории активированного комплекса (переходного состояния). Способен применить теорию столкновений к бимолекулярным реакциям. Умеет производить расчет константы скорости бимолекулярных реакций. Знает основные уравнения для расчета активных столкновений между реагирующими частицами одного или разного сорта. Знает основные типы бимолекулярных реакций. Способен выразить константу равновесия согласно статистическому и/или термодинамическому подходу.</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<p><b>ПК.2.2</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов, готовит объекты, оборудование и реактивы исследования</p> <p><b>ПК.3.2</b> Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации</p>	<p>3.3. Кинетика гетерогенных процессов</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Владеть информацией об особенностях протекания сложных химических реакций (цепные, фотохимические и гетерогенные). Способен предложить схему протекания цепной, фотохимической и гетерогенной реакций. Знать основные законы фотохимии. Знать основные типы фотохимических процессов. Способен установить зависимость скорости фотохимической реакции от температуры. Уметь производить расчет кинетических параметров сложных специфических реакций. Владеть информацией об основных понятиях, стадиях и примерах цепных реакций. Знать кинетические уравнения не разветвленных и разветвленных цепных реакций. Знать основные особенности реакций с участием твердых тел (твердофазные реакции). Знать основное кинетическое уравнение на поверхности раздела твердых фаз. Способность осуществить расчет кинетических параметров твердофазных реакций.</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<p><b>ПК.2.2</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов, готовит объекты, оборудование и реактивы исследования</p> <p><b>ПК.3.2</b> Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации</p>	<p>4.1. Основные понятия кинетики каталитических реакций и их классификация</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знать основные сведения о каталитических реакциях. Владеть способностью расчета кинетических параметров каталитических реакций.</p> <p>Иметь представление о катализе кислотами и основаниями, электрофильном и нуклеофильном катализе. Владеть способностью различать химическое взаимодействие реагентов с катализатором: слитное, раздельное. Уметь вычислять кинетические и термодинамические параметры каталитического процесса.</p> <p>Способность выполнить экспериментальное задание (опыт) по предоставленной методике. Уметь оформить отчет по проделанному эксперименту. Способность правильно построить графики и сделать корректный вывод по лабораторной работе. Знать ответы на теоретические вопросы по экспериментальной работе.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.2.2</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов, готовит объекты, оборудование и реактивы исследования</p> <p><b>ПК.3.2</b> Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации</p>	<p>4.5. Гетерогенный катализ</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знать основные законы и понятия химической кинетики и катализа. Знать формальную кинетику элементарных гомогенных односторонних реакций разных порядков и сложных многостадийных реакций. Знать кинетические особенности сопряженных, цепных, фотохимических, гетерогенных, каталитических и других процессов. Знать теории элементарного акта химического взаимодействия. Знать какова роль кинетических факторов в геологических, атмосферных процессах, биологических и технологических системах. Знать связь механизмов процессов с фиксируемыми на опыте изменениями макропараметров системы. Уметь применять основные законы химической кинетики для обсуждения полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных. Уметь проводить физико-химический анализ процессов. Уметь использовать методы регистрации и обработки результатов физико-химических экспериментов применительно к системам, изменяющимся во времени. Владеть навыками оценки основных кинетических параметров процессов с использованием известных физико-химических моделей.</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Введение

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет соотносить между собой различные единицы измерения физико-химических	4



параметров. Знает основные физические постоянные.	
Знает основные законы термодинамики. Правильно проводит расчеты термодинамических параметров.	4
Знает основной математический минимум. Умеет осуществлять математические действия: дифференцирование, интегрирование, логарифмирование и т.д.	4
Знает основные теории адсорбционного процесса и основные уравнения.	2
Умеет описывать процессы, протекающие в идеальных газах, растворах.	2
Умеет рассчитывать показатели адсорбции (степень заполнения, толщина адсорбционного слоя и т.д.).	2
Знает основные законы термодинамики.	2

### 1.6. Влияние температуры на скорость реакции

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Знает классификацию химических реакций. Способен привести примеры химических реакции согласно классификации. Знает основные особенности каждой группы химических реакций.	3
Знает кинетические уравнения параллельных реакций. Умеет осуществлять расчет кинетических параметров параллельных химических реакций. Контролирует правильность проведенных расчетов.	2
Знает основные понятия формальной кинетики (скорость химической реакции, порядок реакции, молекулярность, односторонние и обратимые реакции и т.д.)	2
Знает кинетические уравнения простых химических реакций n-порядка. Умеет осуществлять расчет кинетических параметров простых химических реакций n-порядка. Контролирует правильность проведенных расчетов.	2
Знает основные уравнения, описывающие термодинамику химических реакций: уравнение Аррениуса, Уравнение Вант-Гоффа, температурный коэффициент, энергия активации, предэкспоненциальный множитель. Умеет вычислять термодинамические параметры химических реакций. Контролирует правильность проведенных расчетов.	2
Знает кинетические уравнения последовательных химических реакций. Умеет осуществлять расчет кинетических параметров последовательных химических реакций. Контролирует правильность проведенных расчетов.	2
Знает кинетические уравнения сопряженных химических реакций. Умеет осуществлять расчет кинетических параметров сопряженных химических реакций. Контролирует правильность проведенных расчетов.	2
Знает кинетические уравнения реакций, протекающих в растворе. Умеет осуществлять расчет кинетических параметров реакций, протекающих в растворе. Контролирует правильность проведенных расчетов.	2
Знает основные методы расчета кинетических параметров: дифференциальные и	2

интегральные. Умеет определять кинетические параметры графические методами. Контролирует правильность проведенных расчетов.	
Знает основной постулат кинетики. Способен записать в математическом виде постулат химической кинетики.	1

### 2.3. Реакции в растворах

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **22**

Проходной балл: **11**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет применить основные положения теории активных столкновений к бимолекулярным реакциям. Знает основное математическое и теоретическое выражение теории столкновений для бимолекулярных реакций. Контролирует правильность проведенных расчетов с учетом фактора столкновений.	4
Знает основные математические уравнения для вычисления константы равновесия. Контролирует правильность проведенных расчетов с учетом статистического и/или термодинамического подхода.	3
Знает основные положения теории активных столкновений. Может дать характеристику активным молекулам.	3
Умеет вычислять число двойных столкновений между молекулами одного сорта и разного. Умеет вычислять полное число столкновений.	3
Знает основные законы молекулярно-кинетической теории (Закон распределения Больцмана, закон Максвелла-Больцмана). Умеет записать основные законы МКТ в математическом виде.	2
Знает три типа бимолекулярных реакций. Способен привести примеры бимолекулярных химических реакций для каждого типа.	2
Знает основные предположения, лежащие в основе теории переходного состояния. Знает основное уравнение теории активированного комплекса.	2
Умеет изобразить схематично (в виде графика) изменение потенциальной энергии системы в ходе реакции и его связь с энергией активации.	2
Знает основные положения статистического и термодинамического подходов для вычисления константы равновесия.	1

### 3.3. Кинетика гетерогенных процессов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **19**

Проходной балл: **9.5**

Показатели оценивания	Баллы
Знает основные законы фотохимии. Знает основные типы фотохимических процессов.	3

Умеет производить расчет квантового выхода фотохимических реакций. Контролирует правильность проведенных расчетов.	
Умеет производить расчет кинетических параметров сложных специфических реакций. Контролирует правильность проведенных расчетов.	3
Знает основные особенности реакций с участием твердых тел (твердофазные реакции). Знает основное кинетическое уравнение на поверхности раздела твердых фаз. Способен осуществить расчет кинетических параметров твердофазных реакций.	3
Владеет информацией об основных понятиях, стадиях и примерах цепных реакций. Знает кинетические уравнения не разветвленных и разветвленных цепных реакций и умеет вычислять кинетические параметры.	2.5
Может предложить схему протекания цепной, фотохимической и гетерогенной реакций.	2.5
Владеет информацией об особенностях протекания сложных химических реакций (цепные, фотохимические и гетерогенные). Может привести примеры химических реакций	2.5
Умеет устанавливать зависимость скорости фотохимической реакции от температуры. Контролирует правильность проведенных расчетов кинетических и термодинамических параметров.	2.5

#### 4.1. Основные понятия кинетики каталитических реакций и их классификация

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7.5**

Показатели оценивания	Баллы
Знает основные сведения о каталитических реакциях. Знает основные аспекты катализа кислотами и основаниями, электрофильного и нуклеофильного катализа.	2.5
Умеет рассчитывать кинетические параметры каталитических реакций.	2.5
Способен правильно построить графики и сделать корректный вывод по лабораторной работе.	2.5
Способен выполнить экспериментальное задание (опыт) по предоставленной методике.	2.5
Умеет оформлять отчет по проделанному эксперименту.	2.5
Уметь вычислять кинетические и термодинамические параметры каталитического процесса.	2.5

#### 4.5. Гетерогенный катализ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **24**

Проходной балл: **12**

Показатели оценивания	Баллы
Знает какова роль кинетических факторов в геологических, атмосферных процессах, биологических и технологических системах.	3
Умеет применять основные законы химической кинетики для обсуждения полученных	3

результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных.	
Знает кинетические особенности сопряженных, цепных, фотохимических, гетерогенных, каталитических и других процессов.	3
Знает формальную кинетику элементарных гомогенных односторонних реакций разных порядков и сложных многостадийных реакций.	3
Владеет навыками оценки основных кинетических параметров процессов с использованием известных физико-химических моделей.	2
Знает связь механизмов процессов с фиксируемыми на опыте изменениями макропараметров системы.	2
Знает теории элементарного акта химического взаимодействия.	2
Умеет проводить физико-химический анализ процессов.	2
Умеет использовать методы регистрации и обработки результатов физико-химических экспериментов применительно к системам, изменяющимся во времени.	2
Знает основные законы и понятия химической кинетики и катализа.	2