

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Кемеровский государственный университет

Институт фундаментальных наук



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИФН

А.М. Гудов

2017

**Рабочая программа дисциплины  
«Физическая химия»  
Модуль «Химическая кинетика»**

Направление подготовки  
**04.03.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки  
**"Физическая химия"**

Уровень *бакалавриата*

Форма обучения  
*очная*

Рабочая программа дисциплины утверждена Учёным советом Института фундаментальных наук (протокол Учёного совета № 7 от 20.02.2017)

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры органической и физической химии (протокол № 7 от 15.02.2017)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Химическая кинетика», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы \_ по специальности **020100 Химия** .....стр. 5
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.....стр. 6
3. Объем дисциплины «Химическая кинетика» в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....стр. 7
  - 3.1. Объем дисциплины «Химическая кинетика» по видам учебных занятий (в часах) .....стр.7
4. Содержание дисциплины «Химическая кинетика» структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий .....стр. 7
  - 4.1. Разделы дисциплины «Химическая кинетика» и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....стр. 7
  - 4.2 Содержание дисциплины «Химическая кинетика» структурированное по темам (разделам).....стр. 7
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Химическая кинетика».....стр. 11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся.....стр. 12

6.1. Паспорт фонда оценочных средств .....	стр. 13
6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы .....	стр. 14
6.2.1. Контрольные вопросы к защите лабораторных работ.....	стр. 14
6.2.1.1. Контрольные вопросы к работе “Каталитическое разложение перекиси водорода” .....	стр. 14
6.2.1.2. Контрольные вопросы к работе “Каталитическое иодирование ацетона” .....	стр. 15
6.2.2. Вопросы к экзамену и коллоквиумам.....	стр. 16
6.2.2.1. Вопросы коллоквиума №1 и первого вопроса экзаменационного билета.....	стр.16
6.2.2.2. Вопросы коллоквиума №2 и второго вопроса экзаменационного билета.....	стр. 16
6.2.2.3. Вопросы коллоквиума №3 и третьего вопроса экзаменационного билета.....	стр. 17
6.3. Решение индивидуальных заданий (расчетные задачи по основным темам курса).....	стр.18
6.3.1. Методы определения скорости и порядков химической реакции.	
6.3.2. Сложные реакции	
6.3.3. Зависимость скорости реакции от температуры.	

6.3.4. Принцип квазиравновесия и квазистационарности.

6.3.5. Теория ТАК и ТАС.

6.4. Описание шкалы оценивания.....стр.18

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Химическая кинетика».....стр. 20

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины «Химическая кинетика».....стр. 21

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины дисциплины «Химическая кинетика».....стр. 21

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Химическая кинетика», включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).....стр. 22

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса дисциплины «Химическая кинетика».....стр. 22

12.1. РП: Особенности реализации дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья.....23

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Физическая химия» модуль «Химическая кинетика», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы \_ по специальности 020100 «Химия»**

В результате освоения ОПОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине «Физическая химия» модуль «Химическая кинетика»

ОПК-1	способностью воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	<p>Знать: теоретические основы химической кинетики, современный уровень развития.</p> <p>Уметь: применять знания при решении задач (расчеты порядка реакции, констант скоростей, энергии активации по экспериментальным данным; расчет энергии активации по уравнению Аррениуса, температурных зависимостей скоростей химических реакций, расчет статистических сумм (колебательных, поступательных, вращательных) в ТАК; расчет стерического фактора, числа столкновений между молекулами.</p> <p>Владеть: навыками составления алгоритма решения конкретных задач в профессиональной сфере</p>
ОПК-2	владением навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций	<p>Знать: физические методы исследования и физико-химические методы определения физических величин.</p> <p>Уметь: осуществлять химический эксперимент о предлагаемой методике. Анализировать полученные экспериментальные данные. Интерпретировать полученные экспериментальные результаты.</p> <p>Владеть: техникой эксперимента; приемами выполнения эксперимента по заданной методике измерения физических величин с</p>

		заданной точностью
ОПК-6	владением нормами техники безопасности и умением реализовать их в лабораторных и технологических условиях	Знать: правила техники безопасности при работе в лаборатории. Уметь: применять знания о вредных и опасных свойствах веществ при работе с ними, проводить оценку возможных рисков
ПК-3	владением системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания	Знать: теоретические основы фундаментальных разделов физической химии. Уметь: применять теоретические знания для решения физико-химических задач. Владеть: навыками решения конкретных теоретических и экспериментальных задач

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Физическая химия «Химическая кинетика»» является неотъемлемой составляющей базовой части общепрофессиональных дисциплин. Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен знать фундаментальные разделы физики и математики, основы пользования вычислительной техникой, уметь использовать программным обеспечением компьютеров для математических расчетов и обработки экспериментальных данных, знать теоретические основы неорганической и аналитической химии, строение вещества, физико-химические методы исследования.

Перечисленные дисциплины входят составной частью в федеральный государственный образовательный стандарт ФГОС ВПО в базовую часть естественнонаучного цикла Б.2 и профессионального цикла Б.3.

Для успешного освоения дисциплины необходимо хорошо знать химические свойства неорганических и органических веществ, знать основы учения о химическом равновесии. Сведения учащиеся получают, изучая такие дисциплины как: органическая химия, коллоидная химия, неорганическая химия, физика, на более ранних этапах обучения, либо параллельно изучению физической химии.

Студенты, выбирая различные профили подготовки на старших курсах, широко применяют полученные знания при выполнении научных исследований, завершающихся выполнением выпускной квалификационной работы.

Дисциплина «Физическая химия «Химическая кинетика»» изучается на \_\_\_3\_\_ курсе в \_\_\_\_\_6\_\_ семестре.

**3. Объем «Физическая химия «Химическая кинетика»» в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины «Физическая химия «Химическая кинетика»» составляет 6 зачетных единиц (ЗЕ), 108 академических часов, 72 часа самостоятельной работы.

**3.1. Объём дисциплины «Физическая химия «Химическая кинетика»» по видам учебных занятий (в часах)**

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Всего часов</b>
Общая трудоемкость базового модуля дисциплины	180
Аудиторные занятия (всего)	108
В том числе:	
Лекции	36
Семинары	
Лабораторные работы	72
Самостоятельная работа	72
В том числе:	
Творческая работа (курсовая работа)	
И (или) другие виды самостоятельной работы	
Вид промежуточного контроля	Защита лабораторных работ, индивидуальные расчетные задания, коллоквиумы
Вид итогового контроля	Защита курсовой работы, 36 экзамен

**4. Содержание дисциплины «Физическая химия «Химическая кинетика»» структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Дисциплина «Физическая химия», модуль «Химическая кинетика» включает в себя разделы: формальная кинетика, теории элементарных реакций, сложные реакции и катализ.

#### 4.1. Разделы дисциплины «Физическая химия «Химическая кинетика»» и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Общая трудоёмкость	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости
					Учебная работа			в т.ч. актив-ных форм	самост. работа	
				всего	лекции	лабораторные работы	практические.			
	Химическая кинетика	6		180	36	36	36		72	
1	Основные понятия. Кинетика простых необратимых реакций. Методы определения порядка реакции.		1-3	41	5	16	10		10	Инд. задание № 1 Защита лаб. работы Контрольная работа №1 Коллоквиум № 1
2	Кинетика сложных реакций: обратимые, параллельные, последовательные.		3-5	23	5	4	6		8	Инд. задание № 2 Контрольная работа №1 Коллоквиум № 1
3	Принцип квазиравновесия и квазистационарности. Зависимость скорости реакции от температуры.		5-6	28	3	8	8		9	Инд. задание № 3 Защита лаб. работы Контрольная работа № 2 Коллоквиум № 1
4	Теория активных соударений. Мономолекулярные реакции в ТАС.		7-9	16	5		6		5	Инд. задание № 4 Коллоквиум № 2
5	Теория активированного комплекса. Полуэмпирический метод ППЭ Эйринга-Поляни		9-11	17	5		6		6	Инд. задание № 4 Коллоквиум № 2
6	Реакции в растворах		12-13	21	3	8			10	Защита лаб. работы Коллоквиум № 2
7	Сопряженные и фотохимические реакции		13-14	13	3				10	Коллоквиум № 3
8	Цепные реакции. Теория воспламенения Н.Н. Семёнова.		15-16	12	4				8	Коллоквиум № 3

	Тепловой взрыв.									
9	Каталитические реакции. Гомогенный, гетерогенный катализ.	13	6	3	0			6	Защита лаб. работы Коллоквиум № 3	
10	Экзамен								В сессию 18-20 неделя	

#### 4.2 Содержание дисциплины «Физическая химия «Химическая кинетика»» структурированное по темам (разделам).

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	Лекции	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
1.1	<b>Введение и основные понятия. Химическая кинетика как раздел физической химии. Связь кинетики с термодинамикой</b>	Сложные и простые реакции. Понятие о механизме реакции и элементарной стадии. Скорость реакции. Основные кинетические закономерности элементарных реакций. Молекулярность реакции. Основной постулат химической кинетики. Принцип независимости. Формальная кинетика. Кинетическое уравнение. Порядок реакции. Кинетические обратимые и необратимые реакции. Необратимые реакции нулевого и первого порядка. Период полупревращения и среднее время жизни в реакциях первого порядка. Необратимые реакции второго и третьего порядка. Примеры. Реакции n-ого порядка. Методы определения порядка и кажущихся констант скоростей из экспериментальных данных, его достоинства и недостатки. Модификации интегрального метода. Дифференциальный метод обработки экспериментальных данных. Две модификации дифференциального метода. Сравнение интегрального и дифференциального методов.
1.2	<b>Обратимые реакции 1-го и 2-го порядка</b>	Кинетика параллельных реакций 1-го, 2-го и смешанных порядков. Относительная реакционная способность соединений. Кинетическое исследование последовательных реакций 1-го порядка.
1.3	<b>Кинетический анализ сложных реакций</b>	Стационарный режим протекания реакции и принцип квазистационарности. Понятие о лимитирующей стадии процесса и принцип квазиравновесия. Зависимость скорости реакции от температуры. Температурный коэффициент. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса и его термодинамический вывод. Энергия активации и её определение из экспериментальных данных. Статистический смысл энергии активации.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1.4	<b>Кинетика элементарных реакций</b>	<p>Теория активных соударений (ТАС). Сечение соударения. Фактор соударения. Гипотеза Аррениуса, её достоинства и недостатки. Подсчёт числа двойных соударений. Формула Траутца-Льюиса. Предэкспоненциальный множитель. Нормальные, быстрые и медленные бимолекулярные реакции. Формула Хиншельвуда. Стерический множитель.</p> <p>Мономолекулярные реакции в ТАС. Теория Линдемана, давление перехода. Сравнение эксперимента с теорией. Формула Хиншельвуда. Основные недостатки теорий Линдемана и Хиншельвуда. Мономолекулярные реакции в ТАК.</p> <p>Понятие о современных теориях мономолекулярных реакций. Понятие о теории РРKM (самостоятельно). Тримолекулярные реакции в ТАС.</p>
1.5	<b>Основные представления теории активированного комплекса (ТАК)</b>	<p>Поверхность потенциальной энергии в случае взаимодействия свободного атома с двухатомной молекулой. Полуэмпирический метод построения поверхностей потенциальной энергии Эйринга-Поляни (ППЭ). Энергия активации и координата реакции.</p> <p>Вывод основного уравнения ТАК. Термодинамическая форма основного уравнения ТАК, теплота и энтропия активации. Связь теплоты активации с экспериментальной энергией активации. Сравнение ТАК и ТАС.</p>
1.6	<b>Реакции в растворах</b>	<p>Применение теорий ТАС и ТАК к реакциям в растворах. Уравнение Бренстеда-Бьеррума. Фактор активности. Реакции между ионами в растворах. Энтропийное правило и его объяснение на основе эффекта электронаправленности. Солевые эффекты.</p>
1.7	<b>Сложные реакции</b>	<p>Общие замечания. Сопряжённые реакции. Примеры. Атор, акцептор, индуктор. Фактор индукции. Роль химической индукции в биологических системах.</p> <p>Фотохимические реакции. Закон Гротгуса-Дрепера. Закон Вант-Гоффа, закон Ламберта-Бера, закон эквивалентности Эйнштейна. Квантовый выход реакции. Первичные фотохимические процессы. Механизм Штерна-Фольмера. Экспериментальное определение квантового выхода первичного процесса. Вторичные фотохимические процессы. Фотосенсибилизация.</p>
1.8	<b>Цепные реакции</b>	<p>Сложные цепные и нецепные реакции. Частота, вероятность реакции, длина цепи. Природа активных частиц. Принцип неуничтожимости свободной валентности. Примеры цепных реакций. Основные стадии цепной реакции: инициирование, продолжение и обрыв цепи. Простые (неразветвлённые) и разветвлённые цепные реакции. Стадия разветвления цепи. Формальная кинетика цепных реакций.</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
		Реакция окисления водорода как пример разветвлённой цепной реакции. Механизм и кинетика реакции. Принцип квазистационарности Н.Н. Семёнова. Теория пределов воспламенения Н.Н. Семёнова. Тепловой взрыв.
1.9	Каталитические реакции	<p>Определение понятий катализа и катализатора. Основные характерные особенности каталитических реакций. Классификация каталитических реакций. Природа действия катализаторов в системах с равновесным распределением энергии. Факторы, определяющие каталитические свойства. Корреляционные соотношения Бренстеда-Поляни. Каталитическая активность и энергия промежуточного взаимодействия. Гомогенный катализ в растворах. Кислотно-основной катализ. Классификация кислот и оснований по Бренстеду и Льюису. Соотношение общего и специфического кислотно-основного катализа.</p> <p>Гетерогенный катализ. Промежуточное взаимодействие в гетерогенном катализе. Адсорбция как стадия гетерогенно-каталитической реакции. Теории гетерогенного катализа. Мультиплетная теория А.А. Баландина. Принцип энергетического и геометрического соответствия А.А. Баландина. Ферментативный катализ. Общие сведения о кинетике и механизмах ферментативных реакций. Температурная зависимость кинетических постоянных. Уравнение Михаэлиса-Ментэн (самостоятельно).</p> <p>Катализ комплексными соединениями переходных металлов. Гомогенные реакции гидрирования, их кинетика и катализ (самостоятельно).</p>
<i>Темы практических/семинарских занятий</i>		
1	Основные понятия. Кинетика простых необратимых реакций. Методы определения порядка реакции.	Порядок, молекулярность, механизм, кинетическое уравнение, скорость реакции. Дифференциальный и интегральный методы. Графические способы.
2	Кинетика сложных реакций: обратимые, параллельные, последовательные.	Сопряженность, механизм сложных реакций. Разветвленные и неразветвленные.
3	Принцип квазиравновесия и квазистационарности. Зависимость скорости реакции от температуры.	Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Температурный коэффициент.
4	Теория активных соударений. Мономолекулярные реакции в ТАС.	Фактор соударения, приведенная масса. Сечение соударения.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
5	Теория активированного комплекса.	Вклады поступательного, вращательного, колебательного движения. Радиус атомов, масса атомов, приведенная масса. Расчет статистической суммы.
<i>Темы лабораторных занятий</i>		
Лабораторная работа №1. Йодирование ацетона в кислой среде.		
Лабораторная работа №2. Кинетическое разложение перекиси водорода.		

**5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физическая химия» модуль «химическая кинетика».**

№	Виды самостоятельной работы	Формы контроля	Сроки контрольно-зачетных мероприятий, неделя семестра	Учебно-методическое обеспечение
1	Подготовка к выполнению лабораторных работ	Отчет и защита лабораторных работ	1-7	Методические указания к лабораторным работам по химической кинетике. КГУ, 1996.
2	Подготовка к семинарским занятиям, выполнение индивидуальных расчетных заданий	Индивидуальные расчетные задания	6,9,13,18	Учебно-методические пособия по физической химии. Часть 3. КГУ, 2004.
3	Подготовка к сдаче коллоквиумов	Коллоквиум	8,12,16	Еремин, Е.Н. Основы химической кинетики. М.: Высшая школа, 1976
4	Подготовка к контрольным работам	Защита контрольной работы	9,13	
5	Подготовка к сдаче экзамена	Экзамен	18-20	Курс физической химии / под ред. Я.И. Герасимова. Т. 2. М.: Химия, 1968.

**6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

ПК-1, ПК-5, ПК-13, ПК-20, ПК-21, ПК-22

### 6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка – по желанию	наименование оценочного средства
1.	Формальная кинетика. Зависимость скорости реакции от температуры.	ПК-1 ПК-5 ПК-13 ПК-20	Знать основные уравнения зависимости скорости реакции от температуры. Уметь рассчитывать энергию активации интегральными и дифференциальными методами. Владеть навыками экспериментатора при проведении лабораторных работ
2	Теория ТАС	ПК-21 ПК-22 ПК-5 ПК-15	Студент должен знать современные теории активных соударений. Уметь применять экспериментальные данные для сравнения с теоретическими данными. Владеть знаниями о типах реакций.
3	<b>Теория ТАК</b>	ПК-5 ПК-6 ПК-11	Студент должен знать основные понятия теории активированного комплекса.  Уметь вывести основное уравнение ТАК.  Владеть основами расчета термодинамических величин.
4	<b>Сложные реакции</b>	ПК-9 ПК-11 ПК-13	Студент должен знать об обратимых, параллельных, последовательных и комбинированных реакций.  Уметь применить законы и уравнения для расчета экспериментальных данных.  Владеть навыками работы на оптическом оборудовании.
5	<b>Теория ТАС. Мономолекулярные реакции в растворах.</b>	ПК-1	Студент должен знать, как проходят реакции в растворах.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка – по желанию	наименование оценочного средства
		ПК-5 ПК-6 ПК-9	Уметь безопасно работать на оборудовании при проведении лабораторной работы.  Владеть знаниями о солевых эффектах.

## 6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

### 6.2.1. Контрольные вопросы к защите лабораторных работ.

#### 6.2.1.1. Контрольные вопросы к работе “Каталитическое разложение перекиси водорода”.

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  $H_2O_2$  в присутствии  $K_2Cr_2O_7$ .
6. Сформулируйте принцип квазиравновесия и выведите кинетическое уравнение процесса в дифференциальной форме.
7. Как обрабатываются экспериментальные данные по разложению  $H_2O_2$  дифференциальным методом?
8. Выведите кинетическое уравнение разложения  $H_2O_2$  в интегральной форме. Как обрабатываются экспериментальные данные интегральным методом?
9. Напишите экспериментальную установку для разложения  $H_2O_2$ . 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.

### 6.2.1.2. Контрольные вопросы к работе “Каталитическое иодирование ацетона”.

1. Дайте определение скорости реакции по данному компоненту.
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. В чём заключается принцип квазиравновесия и как он используется при выводе кинетического уравнения реакции йодирования ацетона?
8. Запишите кинетическое уравнение иодирования ацетона в дифференциальной форме.
9. Зависит ли скорость иодирования ацетона от концентрации йода в реакционной смеси?
10. Выделите интегральную форму кинетического уравнения иодирования.
11. Как графически определить константу скорости иодирования?
12. Как рассчитать начальную концентрацию ацетона, катализатора, йода?
13. Для чего при титровании йода тиосульфатом натрия в колбочку для титрования вносится раствор  $\text{NaHCO}_3$ ?
14. Какой метод контроля за скоростью реакции иодирования используется в настоящей работе?
15. Какой метод контроля за скоростью реакции иодирования может быть предложен ещё?
16. Как определяется энергия активации из экспериментальных данных?
17. В каких единицах измеряется энергия активации?
18. Каков физический смысл энергии активации?
19. Почему иодирование ацетона является автокаталитической реакцией и где при выводе кинетического уравнения это используется?
20. Почему, титруя йод тиосульфатом, можно делать вывод о количестве вступившего в реакцию ацетона?

### 6.2.2. Вопросы к экзамену и коллоквиумам.

#### 6.2.2.1. Вопросы коллоквиума №1 и первого вопроса экзаменационного билета

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. Сравнение с дифференциальным методом.
  5. Дифференциальный метод определения порядка реакции, его модификации. Сравнение с интегральным методом.
  6. Кинетика обратимых реакций первого порядка (прямая и обратная задача).
  7. Обратимые реакции второго порядка (прямая и обратная задача).
  8. Кинетика параллельных реакций первого порядка. Относительная реакционная способность.
  9. Кинетика последовательных реакций первого порядка. Исследование кинетических уравнений последовательных реакций.
  10. Период полупревращения и определение порядка реакции с его помощью.
  11. Принцип квазиравновесия. Понятие лимитирующей стадии и его использование для вывода кинетического уравнения.
  12. Принцип квазистационарности концентрации промежуточного продукта и его использование для вывода кинетического уравнения.
  13. Кинетика необратимых реакций  $n$ -ого порядка (случай, когда все реагенты взяты в одинаковых концентрациях).
  14. Зависимость скорости реакции от температуры. Термодинамический вывод уравнения Аррениуса. Энергия активации элементарной химической реакции и её статистический смысл.
  15. Уравнение Аррениуса в дифференциальной и интегральной форме. Эмпирическое определение энергии активации.

#### 6.2.2.2. Вопросы коллоквиума №2 и второго вопроса экзаменационного билета

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.
6. Мономолекулярные реакции в ТАС. Теория Линдемана, давление перехода, сравнение эксперимента с теорией. Теория Линдемана-Хиншельвуда.
7. Тримолекулярные реакции в ТАС.
8. Основные представления теории активированного комплекса. Вывод основного уравнения ТАК (каноническая форма).
9. Понятие энергии активации в ТАК. Полуэмпирический метод построения поверхности потенциальной энергии Эйринга-Поляни в случае системы трёх атомов. Координаты реакции.
10. Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Энтальпия

и энтропия активации. Бимолекулярные реакции в ТАК, сравнение с теорией активных соударений.

11. Мономолекулярные реакции в теории активных соударений.
12. Реакции в растворах. Влияние растворителя. Уравнение Бренстеда-Бьеррума.
13. Реакции между ионами в растворах. Зависимость константы скорости от диэлектрической постоянной растворителя. Уравнение Скэтчарда.
14. Энтропийное правило и его интерпретация на основе эффекта электронаправленности.
15. Реакции в растворах, влияние ионной силы на константу скорости реакции. Первичный и вторичный солевой эффект.

#### 6.2.2.3. Вопросы коллоквиума №3 и третьего вопроса экзаменационного билета

1. Химическая индукция. Сопряжённые реакции. Фактор индукции. Примеры сопряжённых реакций.
2. Фотохимические реакции. Основные законы фотохимии. Квантовый выход фотохимической реакции.
3. Первичные фотохимические процессы. Механизм Штерна-Фольмера, определение первичного квантового выхода.
4. Вторичные фотохимические процессы, квантовый выход вторичных процессов. Фотосенсибилизация.
5. Цепная реакция. Основные стадии цепной реакции. Разветвлённые и неразветвлённые цепные реакции.
6. Формальная кинетика неразветвлённой цепной реакции. Стационарный режим неразветвлённой цепной реакции.
7. Кинетика разветвлённой цепной реакции. Теория пределов воспламенения Семёнова.
8. Реакция окисления водорода. Принцип квазистационарности Боденштейна-Семёнова. Пределы воспламенения. Полуостров воспламенения.
9. Тепловой взрыв. Третий предел воспламенения.
10. Катализ. Классификация каталитических реакций.
11. Природа каталитического действия в системах с равновесным распределением энергии. Слитный и стадийный катализ.
12. Факторы, определяющие каталитические свойства. Соотношение Бренстеда-Поляни. Каталитическая активность и энергия промежуточного взаимодействия.
13. Гетерогенный катализ. Мультиплетная теория А.А. Баландина. Принцип геометрического и энергетического соответствия.
14. Гомогенный катализ. Катализ кислотами и основаниями. Характер промежуточного взаимодействия катализатора с реагентами.
15. Общий и специфический кислотно-основной катализ. Классификация кислот и оснований по Бренстеду и Льюису.

### 6.3. Решение индивидуальных заданий (расчетные задачи по основным темам курса).

6.3.1. Методы определения скорости и порядков химической реакции.

6.3.2. Сложные реакции.

6.3.3. Зависимость скорости реакции от температуры.

6.3.4. Принцип квазиравновесия и квазистационарности.

6.3.5. Теория ТАК и ТАС.

### 6.4. Описание шкалы оценивания.

Студент, выполнивший все лабораторные работы, защитивший их, а также сдав все коллоквиумы и решив индивидуальные задания, получает зачет и допускается до экзамена.

1 правильный ответ в билете на экзамене – удовлетворительно.

2 правильных ответа в билете на экзамене - хорошо

3 правильных ответа в билете на экзамене и ответ на дополнительный вопрос – отлично.

### 6.5. Формирование балльной системы оценки для дисциплины «Химическая кинетика».

№ п/п	Вид деятельности	Максимальный балл	Количество	
<b>Максимальный текущий балл -100</b>				
<b>Максимальный аттестационный балл -51</b>				
<i>1</i>	Другой вид деятельности (индивидуальные задания)	<i>10</i>	<i>4</i>	<i>40</i>
<i>2</i>	Коллоквиум	<i>8</i>	<i>1</i>	<i>8</i>
<i>3</i>	Контрольная работа (тест по итогам занятия)	<i>7</i>	<i>1</i>	<i>7</i>
<i>4</i>	Лабораторная работа	<i>11</i>	<i>3</i>	<i>33</i>
<i>5</i>	Практические занятия (семинар/лабораторные работы)	<i>12</i>	<i>1</i>	<i>12</i>

#### 6.5.1. Уровни усвоения материала

Уровни усвоения материала	Конкретные действия студентов
1-меньше 50 баллов «неудовлетворительно»	Усвоение элементарных знаний по химической кинетики (дать определение скорости реакции, порядок реакции, механизм, размерность констант скоростей)
Второй (репродуктивный) от 51 до 65 баллов	Достигнутый уровень оценки результатов обучения показывает, что сту-

«удовлетворительно»	<p>денты обладают необходимой системой знаний и владеют некоторыми умениями по дисциплине. Студенты способны понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практико-ориентированных задач:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– воспроизводят термины, конкретные факты, методы и процедуры, основные понятия, правила и принципы;</li> <li>– проводят простейшие расчеты;</li> <li>– выполняют задания по образцу (или по инструкции).</li> </ul>
Третий (реконструктивный) от 66 до 85 баллов «хорошо»	<p>Студенты продемонстрировали результаты на уровне осознанного владения учебным материалом и учебными умениями, навыками и способами деятельности по дисциплине. Студенты способны анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практико-ориентированных ситуациях, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– объясняет факты, правила, принципы;</li> <li>– преобразует словесный материал в математические выражения;</li> <li>– предположительно описывает будущие последствия, вытекающие из имеющихся данных;</li> <li>– устанавливает взаимосвязи между составом, строением и свойствами химических веществ;</li> <li>– проводить расчеты по химическим формулам и уравнениям;</li> <li>– самостоятельно проводит химический эксперимент по инструкции и описывает его результаты.</li> <li>– применяет законы, теории в конкретных практических ситуациях;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– использует понятия и принципы в новых ситуациях.</li> </ul>
<p>Четвертый (творческий) от 86 до 100 баллов «отлично»</p>	<p>Студенты способны использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практико-ориентированных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ориентируется в потоке химической информации, определяет источники необходимой информации, получать её, анализировать;</li> <li>– пишет реферат, выступление, доклад;</li> <li>– предлагает план проведения эксперимента или других действий;</li> <li>– составляет схемы задачи.</li> <li>– оценивает логику построения текста;</li> <li>– оценивает соответствие выводов имеющимся данным;</li> <li>– оценивает значимость того или иного продукта деятельности;</li> <li>– прогнозирует свойства химических веществ на основе знания об их составе и строении и, наоборот, предполагает строение веществ на основе их свойств;</li> <li>– планирует и осуществляет химический эксперимент.</li> </ul>

**7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Физическая химия» модуль «Химическая кинетика»**

**а) основная учебная литература:**

1. Горшков, Владимир Иванович, Кузнецов, Иван Алексеевич Основы физической химии : учебник для вузов / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов .- 3-е изд. .- М. : Бинном. Лаборатория Знаний , 2006 .- 407 с.
2. Кудряшева, Надежда Степановна, Бондарева, Лидия Георгиевна Физическая химия : учебник для бакалавров / Н. С. Кудряшева, Л. Г. Бондарева .- М. : Юрайт , 2012 .- 340 с. : рис., табл. .- Бакалавр

3. Афанасьев Б. Н., Акулова Ю. П. Физическая химия: учебник для ВУЗов/ - 1-е изд. – М.: Издательство «Лань», 2012. - 41 с. <http://e.lanbook.com/view/book/4312>

#### **б) дополнительная учебная литература:**

1. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики, 1984.
2. Топчиева К.В., Федорович Н.В. Физическая химия в вопросах и ответах, 1981.
3. Лейдлер, К. Кинетика органических реакций. М., 1966.
4. Бенсон, С. Основы химической кинетики. М.: Мир, 1964.
5. Эйринг, Г. Основы химической кинетики./ Г. Эйринг, С.Г. Лин, С.М.Лин .
6. Физическая химия / под ред. Б.Н. Никольского. М.: Химия, 1987.
7. Эткинс, П. Физическая химия. Т.2. М.: Мир, 1980.
8. Физическая химия / под ред. К.С. Краснова. М.: Высшая школа, 1982.
9. Киселева, Е.В. Сборник примеров и задач по физической химии. / Е.В. Киселева, Г.С. Каретников, И.В. Кудряшов М.: Высшая школа, 1991.
10. Фок, Н.В. Сборник задач по химической кинетике. / Н.В. Фок, М.Я. Мельников. М.: Высшая школа, 1982.
11. Краткий справочник физико-химических величин. / под. ред. А.А. Равделя, А.М. Пономарёвой. Л.: Химия, 1983

#### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины «Физическая химия» модуль «Химическая кинетика»:**

Поисковые системы Google, Википедия, сайт kemsu.ru.

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины дисциплины «Физическая химия» модуль «Химическая кинетика»:**

1. Учебно-методические пособие по физической химии. Часть 3. КГУ, 2004.
2. Методические указания к лабораторным работам по химической кинетике. КГУ, 1996.
3. Физическая химия. Формальная кинетика. Методические указания для самостоятельной работы. КГУ, 2001.
4. Цепные реакции. Методические указания по курсу химической кинетики для студентов 3 курса химического факультета, КГУ, 2002.
5. Каталитические реакции. Методические указания по курсу химической кинетики для студентов 3 курса химического факультета, КГУ, 2003.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Физическая химия» модуль «Химическая кинетика», включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости Комплект программного обеспечения, необходимый для обеспечения дисциплины, включает следующие программные продукты:**

1. Пакет офисных программ:

Microsoft Office 2010 ([www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)) – лицензия КемГУ либо

LibreOffice 5.2 ([www.libreoffice.org](http://www.libreoffice.org)) – свободно распространяемое ПО

2. Программа подготовки данных и визуализации результатов расчетов:

Ascalaph Designer (<http://www.biomolecular-modeling.com/Ascalaph/>) – свободно распространяемое ПО либо

Gabedit (<http://gabedit.sourceforge.net>) – свободно распространяемое ПО

3. Консольные программы для выполнения квантово-химических и молекулярно-динамических расчетов:

- Firefly (<http://classic.chem.msu.su/gran/gamess/>) – свободно распространяемое ПО
- MDynaMix (<http://www.fos.su.se/~sasha/mdynamix/>) – свободно распространяемое ПО
- ORCA (<http://orcaforum.cec.mpg.de>) – свободно распространяемое ПО
- MOPAC (<http://openmopac.net>) – свободно распространяемое ПО

4. Справочные базы данных в электронном виде.

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса дисциплины «Химическая кинетика».**

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Химическая кинетика» используется лабораторное оборудование и учебно-научная аппаратура. При выполнении лабораторных работ для реализации методик используются: термостаты, поляриметры, магнитные мешалки, реакторы стеклянные, весы технические, весы аналитические. При проведении лабораторных работ используются химические реактивы и посуда.

При проведении семинарских занятий используются персональные компьютеры для обработки полученных экспериментальных данных.

Чтение лекций проводится в лекционном зале, обеспеченном мультимедийными средствами: ноутбук, проектор. Лекции по дисциплине проводятся в аудитории с выходом в Интернет, оснащенной мультимедийным оборудованием. Чтение лекций сопровождается демонстрацией учебно-наглядных пособий (слайд-презентаций) по основным темам.

Самостоятельная работа по дисциплине может проводиться в компьютерном классе отделения физики и химии ауд. 1512, электронном читальном зале (ауд. 1218), оснащёнными компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду КемГУ (в том числе депозитарий информационно-образовательных ресурсов КемГУ) и в электронно-библиотечные системы "УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН", "ЛАНЬ"

## **Раздел 12.1. РП: Особенности реализации дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

В процессе изучения дисциплины и осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются адаптированные формы обучения с учётом индивидуальных психофизиологических особенностей. При определении форм проведения занятий с обучающимися-инвалидами учитываются рекомендации данные по результатам медико-социальной экспертизы, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья пользуются специальными рабочими местами, созданными с учётом нарушенных функций и ограничений *Для лиц с нарушением зрения (слепых и слабовидящих):*

- специализированное стационарное рабочее место ЭлСИС 201;
- специализированное стационарное рабочее место ЭлСИС 221;
- специализированное мобильное место ЭлНОТ 301;
- принтер Брайля (+ПО для трансляции текста в шрифт Брайля).

*Для лиц с нарушением слуха:*

- система информационная для слабослышащих стационарная «Исток» С-1И;
- беспроводная звукозаписывающая аппаратура коллективного пользования: радиокласс (радиомикрофон) «Сонет-РСМ» РМ-3.1.

*Для лиц с нарушением опорно-двигательного аппарата:*

- компьютерный стол для лиц с нарушениями опорнодвигательной системы с электроприводом;
- клавиатура с накладной и с кнопочной мышкой с расположением кнопок сверху Аккорд;
- беспроводная мышь трекбол для ПК Logitech M570;
- клавиатура с джойстиком для выбора клавиши на цветовом поле.

Особенности процесса изучения дисциплины и осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

*Для лиц с нарушением зрения* задания и инструкции по их выполнению предоставляются с укрупненным шрифтом, для слепых задания оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для

слепых, либо зачитываются им. При необходимости обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс, предоставляется увеличивающее устройство, а также возможность использовать собственное увеличивающее устройство.

*Для лиц с нарушением слуха* дидактический материал (слайд-презентации лекций, задания и инструкции к их выполнению) предоставляются в письменной форме или электронном виде при необходимости. Обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости студентам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования.

*Для лиц с тяжёлыми нарушениями речи* текущий и промежуточный контроль проводятся в письменной форме.

При необходимости *лица с нарушениями двигательных функций нижних конечностей* выполняют лабораторные работы на базе 7 блочной аудитории в паре с обучающимся без ограниченных возможностей здоровья; письменные задания выполняются дистанционно, при этом взаимодействие с преподавателем осуществляется через ЭИОС. Лекции проводятся во 2 и 1 блочной. Практические занятия в 1426 аудитории.

*Для лиц с нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей* лабораторные работы выполняются в паре с обучающимся без ограниченных возможностей здоровья, письменные задания выполняются дистанционно, экзамен сдаётся в устной форме.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время на подготовку, выполнения заданий, но не более чем на 0,5 часа. Студенты с ограниченными возможностями здоровья сдают экзамен/зачёт в одной аудитории совместно с иными обучающимися, если это не создаёт трудностей для студентов при сдаче экзамена/зачёта.

Студенты с ограниченными возможностями здоровья могут в процессе обучения и прохождения текущего и итогового контроля пользоваться техническими средствами, необходимыми им в связи с их индивидуальными особенностями.

Допускается присутствие в аудитории во время сдачи экзамена/зачёта ассистента из числа работников КемГУ или привлечённых лиц, оказывающих студентам с ограниченными возможностями здоровья необходимую техническую помощь с учётом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с преподавателями).

Особые условия предоставляются студентам с ограниченными возможностями здоровья на основании заявления, содержащего сведения о необходимости создания соответствующих специальных условий.

Составитель (и): Сорокина Н.В., доцент кафедры физической химии

---

*(фамилия, инициалы и должность преподавателя (ей))*

Рабочая программа дисциплины  
обсуждена на заседании кафедры физической химии  
Протокол № от апреля 2017 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Денисов В.Я.  
(подпись)

Одобрено методической комиссией факультета  
Протокол № от 2017 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Булгакова О.Н  
(подпись)