



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра физической и коллоидной химии



УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета, доц.
А.И. Вильмс
13 мая 2024 г.

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.04.02

Наименование дисциплины **КИНЕТИКА РЕАКЦИЙ СЛОЖНЫХ ТИПОВ**

Направление подготовки **04.03.01 - Химия**

Направленности: **Химия**

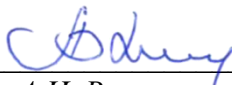
Квалификация выпускника – **БАКАЛАВР**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК химического
факультета

Протокол № 4 от «13» мая 2024 г.

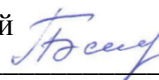
Председатель


А.И. Вильмс.

Рекомендовано кафедрой физической и
коллоидной химии:

Протокол № 9 «26» апреля 2024 г.

И.о. зав. кафедрой


Белых Л.Б.

Иркутск 2024 г.

Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины	5
4. Содержание и структура дисциплины	6
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	6
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	7
4.3 Содержание учебного материала:	8
4.3.1 Перечень практических занятий и лабораторных работ	9
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов	10
4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	10
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) <i>(при наличии)</i>	10
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	11
а) основная литература;	11
б) дополнительная литература;	11
в) периодические издания;	11
г) список авторских методических разработок	11
д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы	11
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины	12
7. Образовательные технологии	12
8. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	13

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Цель: овладение студентами-химиками теоретическими основами кинетики сложных химических процессов. Особое внимание в курсе уделяется применению формально-кинетического исследования реакций сложных типов в изучении их механизмов.

Задачи:

- усвоение углубленных знаний теории химической кинетики, основных типов сопряжения сложных реакций, кинетических методов исследования механизмов сложных химических процессов;
- изучение современных представлений, обобщающих полученные студентами ранее сведения о термодинамике и кинетике химических процессов;
- сформировать умение поиска примеров химических реакций сложного типа в научной литературе
- сформировать навыки обработки информации в практике научной деятельности

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО:

2.1 Дисциплина «Кинетика реакций сложных типов» относится к дисциплинам по выбору части программы, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.04.02).

В последнее время в значительной мере расширились возможности экспериментального исследования кинетики химических процессов в связи с развитием ряда физических методов, в первую очередь спектроскопических и радиоспектроскопических, позволяющих непосредственно, без проведения сложных химических анализов, наблюдать и регистрировать ход химического превращения, в том числе накопление и расходование промежуточных частиц. Стали доступны количественному исследованию быстро протекающие химические процессы, заканчивающиеся за малые доли секунд, вплоть до пикосекундных реакций. Уникальные возможности для исследования сложных химических превращений в многокомпонентных системах открыли новые высокоэффективные методы разделения сложных смесей, в первую очередь газо-жидкостная хроматография, а также жидкостная хроматография под высоким давлением.

Огромное значение для современной науки имеет интенсивное развитие вычислительной техники, а также появление информационно-поисковых систем и баз данных научных статей. Благодаря им стало возможно осуществлять более быстрый и полный поиск литературы по кинетике химических превращений, комплексно анализировать и обзирать имеющиеся результаты и намечать перспективные научные направления.

Освоение дисциплины «Кинетика реакций сложных типов» является необходимой основой для успешного выполнения квалификационной работы в области физической химии, формирования профессиональных компетенций и дальнейшей профессиональной деятельности.

2.2 Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами, а именно:

- «Математика» (Б1.О.10),
- «Дополнительные главы математики» (Б1.О.12),
- «Информатика» (Б1.О.22),
- «Информатика и вычислительная техника» (Б1.О.23),
- «Математическая теория эксперимента» (Б1.В.02),
- «Общая химия. Химия неметаллов» (Б1.О.16),
- «Металлическая связь. Химия металлов» (Б1.О.17),
- «Органическая химия» (Б1.О.20),
- «Физическая химия. Химическая термодинамика» (Б1.О.24)
- «Физическая химия. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ» (Б1.О.25),
- «Высокомолекулярные соединения» (Б1.О.26),
- «Строение вещества» (Б1.О.28),
- «Хеометрика» (Б1.В.05).

2.3 Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- выполнения квалификационных работ и формирования профессиональных компетенций.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 04.03.01 «Химия», профиль: Химия.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<p><i>ПК-1</i></p> <p>Способен проводить сбор, анализ и обработку информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p><i>ИДК_{ПК1.1}</i></p> <p>Собирает информацию, необходимую для решения задач исследования, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p>Знать: основные российские и зарубежные научные журналы по кинетике и катализу</p>
		<p>Уметь: пользоваться электронными ресурсами, содержащие архивы журналов по кинетике и катализу</p>
	<p><i>ИДК_{ПК1.2}</i></p> <p>Проводит первичный поиск, анализ и обработку литературных данных по заданной тематике</p>	<p>Уметь: сопоставлять химическую информацию из разных источников и обобщать литературные данные</p>
	<p><i>ИДК_{ПК1.3}</i></p> <p>Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме.</p>	<p>Владеть: навыками критического анализа химической литературы и оформления отчетов о выполненной работе по заданной форме</p>
		<p>Уметь: грамотно формулировать выводы</p>
<p><i>ПК-6</i></p> <p>Способен применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов</p>	<p><i>ИДК_{ПК6.1}</i></p> <p>Знает теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической, органической, аналитической, физической химии, химии высокомолекулярных соединений, химических основ биологических процессов.) и способы их использования при решении конкретных химических задач</p>	<p>Знать: основные законы и закономерности, определяющие направление, скорость и результат протекания процессов</p>
		<p>Уметь: проводить простые операции (классификация веществ или реакций, составление формул, схем процессов, первичный анализ результатов и т.п.) с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин</p>

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Форма промежуточной аттестации: *зачет*.

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися			КСР + КО + консультации	Самостоятельная работа		
			Лекции	Практические занятия					
				Всего часов	Из них практическая подготовка				
1	Введение. Феноменологическая кинетика	8	2	2	2	-	2	Самостоятельное задание	
2	Обратимые и параллельные реакции	8	3	4	4	-	4	Самостоятельное задание	
3	Последовательные реакции	8	3	3	3	-	4	Самостоятельное задание	
4	Сопряженные, цепные и каталитические реакции	8	6	4	4	-	7	Самостоятельное задание. Индивидуальное задание.	
5	Фотохимические реакции	8	4	3	3	-	6	Самостоятельное задание. Индивидуальное задание.	
6	Итоговая контрольная работа	8	-	2	2	11	2	Контрольная работа	
Итого часов		8	18	18		11	25	Зачет	

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
8	Введение. Феноменологическая кинетика	Решение задач по теме. Повторение теоретического материала.		2	Самостоятельные задания	1. См. № 1 и № 2 в списке рекомендуемой литературы
8	Обратимые и параллельные реакции	Решение задач по теме. Повторение теоретического материала.		4	Самостоятельные задания	1. См. № 1 и № 2 в списке рекомендуемой литературы
8	Последовательные реакции	Решение задач по теме. Повторение теоретического материала.		4	Самостоятельные задания	1. См. № 1 и № 2 в списке рекомендуемой литературы
8	Сопряженные, цепные и каталитические реакции	Решение задач по теме. Выполнение индивидуального задания по работе с научной литературой по теме семинара.		7	Самостоятельные задания. Индивидуальные задания.	1. См. список основной литературы 2. См. список рекомендуемой литературы
8	Фотохимические реакции	Решение задач по теме. Выполнение индивидуального задания по работе с научной литературой по теме семинара.		6	Самостоятельные задания. Индивидуальные задания.	3. См. список периодических изданий
8	Итоговая контрольная работа	Подготовка к контрольной работе.		2	Контрольная работа	1. См. список основной литературы 2. См. список рекомендуемой литературы
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				25		
Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)				25		

4.3 Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Феноменологическая кинетика

Цель и задачи курса. Основные понятия химической кинетики. Прямая и обратная кинетические задачи. Кинетика односторонних реакций разного порядка. Зависимость скорости реакции от температуры. Виды сопряжений в сложных химических реакциях.

2. Обратимые и параллельные реакции

Особенности обратимых реакций. Кинетические уравнения и решение прямой и обратной кинетических задач для обратимых реакций. Кинетические уравнения параллельных реакций одинакового порядка. Параллельные реакции разных порядков. Параллельные реакции с одним продуктом.

3. Последовательные реакции

Особенности последовательных реакций. Уравнения для решения прямой и обратной кинетических задач. Стационарное и квазистационарное протекание реакции. Метод квазистационарных концентраций Боденштейна. Квазистационарное приближение для последовательных реакций.

4. Сопряженные, цепные и каталитические реакции

Понятие, примеры и условия протекания сопряженных реакций. Понятия актор, индуктор, акцептор. Основные понятия и стадии цепных реакций. Неразветвленные цепные реакции. Разветвленные цепные реакции. Понятия и определения. Теория промежуточных соединений в катализе. Термодинамические и кинетические аспекты в катализе.

5. Фотохимические реакции

Основные законы и квантовый выход. Физические и химические фотопроцессы. Зависимость квантовых выходов от различных условий.

4.3.1 Перечень практических занятий и лабораторных работ

№ № п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическ ая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	1. Введение. Феноменологи ческая кинетика	Кинетика односторонних реакций разного порядка. Зависимость скорости реакции от температуры. Решение задач.	2	2	Самостоятель ное задание	ПК-6.1
2	2. Обратимые и параллельные реакции	Особенности обратимых реакций. Решение задач	2	2	Самостоятель ное задание	ПК-6.1
3		Кинетика параллельных реакций. Решение задач.	2	2		ПК-6.1
4	3. Последовател ные реакции	Особенности последовательных реакций. Решение задач	1	1	Самостоятель ное задание	ПК-6.1
5		Квазистационарное и квазиравновесное приближения. Решение задач	2	2		ПК-6.1
6	4. Сопряженные, цепные и каталитические реакции	Кинетика сопряженных, цепных и каталитических реакции. Решение задач.	2	2	Самостоятель ное задание	ПК-6.1
		Представление отчетов по индивидуальным заданиям.	2	2	Индивидуаль ное задание	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
7	5. Фотохимиче ские реакции	Основные законы. Квантовый выход. Решение задач	2	2	Самостоятель ные задания	ПК-6.1
8		Представление отчетов по индивидуальным заданиям.	1	1	Индивидуаль ное задание	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
9	6. Итоговая контрольна я работа	Итоговая контрольная работа	2	2	Контрольная работа	ПК-6.1

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Введение. Феноменологическая кинетика	Самостоятельные задания.	ПК-6	ПК-6.1
2	Обратимые и параллельные реакции	Самостоятельные задания.	ПК-6	ПК-6.1
3	Последовательные реакции	Самостоятельные задания.	ПК-6	ПК-6.1
4	Сопряженные, цепные и каталитические реакции	Самостоятельные задания. Индивидуальные задания.	ПК-6 ПК-1	ПК-6.1 ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
5	Фотохимические реакции	Самостоятельные задания. Индивидуальные задания.	ПК-6 ПК-1	ПК-6.1 ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
6	Итоговая контрольная работа	Подготовка к контрольной работе	ПК-6	ПК-6.1

4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов, связанная с закреплением теоретического материала в виде решения задач и подготовки к контрольной работе, а так же поиска примеров реакций сложных типов в научной литературе, проводится во внеаудиторное время.

Примеры решения типовых задач представлены в рекомендуемых учебных пособиях

1. Колпакова, Н. А. Сборник задач по химической кинетике [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. А. Колпакова, С. В. Романенко, В. А. Колпаков. - 3-е изд., стер. - [Б. м.] : Лань, 2018. - 280 с. - Режим доступа ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-2394-1
2. Мельников, М. Я. Практическая химическая кинетика. Химическая кинетика в задачах с решениями [Электронный ресурс] / ред. М. Я. Мельников. - Москва : МГУ, 2006. - 592 с. : ил. - Режим доступа: ЭБС "Айбукс". - Неогранич. доступ. - ISBN 5-211-05233-1

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) _____

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература

1. Еремин, В.В. Основы физической химии. Теория : учебное пособие : в 2 ч. [Электронный ресурс] / В. В. Еремин. - Москва : Лаборатория знаний"" (ранее ""БИНОМ. Лаборатория знаний", 2015. - Режим доступа: ЭБС "Издательство Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-2918-2
2. Горшков, В.И. Основы физической химии [Электронный ресурс] : учебник / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. - 6-е. - [Б. м.] : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. - 410 с. - Режим доступа ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-00101-539-0

б) дополнительная литература

1. Колпакова, Н. А. Сборник задач по химической кинетике [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. А. Колпакова, С. В. Романенко, В. А. Колпаков. - 3-е изд., стер. - [Б. м.] : Лань, 2018. - 280 с. - Режим доступа ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-2394-1
2. Мельников, М. Я. Практическая химическая кинетика. Химическая кинетика в задачах с решениями [Электронный ресурс] / ред. М. Я. Мельников. - Москва : МГУ, 2006. - 592 с. : ил. - Режим доступа: ЭБС "Айбукс". - Неогранич. доступ. - ISBN 5-211-05233-1
3. Семиохин, И.А. Физическая химия [Электронный ресурс] : учеб. для студ. геол. спец. вузов / И. А. Семиохин. - ЭВК. - М. : Изд-во МГУ, 2001 . - 273 с. - Режим доступа: Электронный читальный зал "Библиотех". - ISBN 5-211-03516-X



в) периодические издания (при необходимости)

<https://sciencejournals.ru/list-issues/kinkat/> - страница на сайте «Научные журналы», где находится архив публикаций журнала «Кинетика и Катализ».

г) список авторских методических разработок:

д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/4098.html> - страница электронной химической энциклопедии, посвященная сложным химическим реакциям;
2. <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/eremin/5.html> - раздел сайта химического факультета Московского государственного университета, в котором представлены методические материалы по кинетике сложных реакций

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Помещения для проведения лекционных и практических занятий, укомплектованные необходимым оборудованием и приборной базой, а именно:

- *аудитории, оснащенные мультимедийными средствами, для проведения аудиторных и практических занятий:* ауд. 5, 6, 402, 426 оборудованы мультимедийными проекторами, настенными экранами, персональными компьютерами.

6.2. Программное обеспечение:

6.3. Технические и электронные средства:

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе изучения дисциплины «Кинетика реакций сложных типов» читаются лекции, проводится контрольная работа, а также разбор конкретных ситуаций с использованием пассивных, активных и интерактивных форм обучения.

Активные формы обучения. На практических занятиях, составляющих около половины от контактной работы, каждый студент помимо совместного решения типовых задач выполняет индивидуальное задание. Такой вид организации обучения способствует приобретению навыков поиска и анализа научной литературы, а так же применению на практике теоретические основы базовых химических дисциплин.

Закрепление теоретических положений «Кинетики реакций сложных типов» проводится в виде интерактивного обучения – представления отчетов по индивидуальному заданию, и выполнения расчетных задач.

Наименование тем занятий с использованием интерактивных форм обучения:

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1	Представление отчетов по индивидуальным заданиям (раздел «4. Сопряженные, цепные и каталитические реакции»)	практические	Представление короткого доклада с презентацией / групповое обсуждение	2
2	Представление отчетов по индивидуальным заданиям (раздел «5. Фотохимические реакции»)	практические	Представление короткого доклада с презентацией / групповое обсуждение	1
Итого часов				3

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные средства (ОС):

Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета. Назначение оценочных средств текущего контроля - выявить у обучающихся сформированность компетенций: ПК-1, ПК-6.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Самостоятельное задание	Введение. Феноменологическая кинетика	ПК-6
2	Самостоятельное задание	Обратимые и параллельные реакции	ПК-6
3	Самостоятельное задание	Последовательные реакции	ПК-6 ПК-1
4	Самостоятельное задание	Сопряженные, цепные и каталитические реакции	ПК-6
5	Индивидуальные задания		ПК-1
6	Самостоятельное задание	Фотохимические реакции	ПК-6
7	Индивидуальные задания		ПК-1
8	Контрольная работа	Итоговая контрольная работа	ПК-6

Демонстрационный вариант самостоятельных работ

Самостоятельная работа № 1 по теме «Введение. Феноменологическая кинетика»:

Задача 1. Установлено, что реакция второго порядка (один реагент) завершается на 75 % за 92 мин при исходной концентрации реагента 0,24 моль/л. Какое время потребуется, чтобы при тех же условиях концентрация реагента достигла значения 0,16 моль/л?

или

Задача 2. Экспериментальные результаты по определению константы скорости реакции первого порядка при разных температурах приведены в таблице:

T, K	280	290	310	320	340
$k \cdot 10^2, \text{мин}^{-1}$	0,497	4,450	201	3085	72780
$(1/T) \cdot 10^3, \text{K}^{-1}$	3,571	3,448	3,226	3,125	2,941
$\ln k$	-5,304	-3,112	0,698	3,429	6,590

Найдите энергию активации, предэкспоненциальный множитель в уравнении Аррениуса и вычислите время полупревращения при 300 К.

Самостоятельная работа № 2 по теме «Обратимые и параллельные реакции»:

Задача 1. Кинетика обратимой реакции $A \leftrightarrow B$ измерена при двух температурах. Получены следующие экспериментальные данные:

1) $T = 20\text{ }^\circ\text{C}$:

t, мин	0	5	15	∞
C_B , %	2,0	22,2	43,3	57,8

2) $T = 40\text{ }^\circ\text{C}$:

t, мин	0	3	9	∞
C_B , %	2,0	32,9	55,6	62,8

Рассчитайте энергии активации прямой и обратной реакций.

или

Задача 2. Нарисуйте зависимость концентрации вещества В от концентрации вещества С, получающуюся в ходе превращения вещества А по двум параллельно протекающим необратимым реакциям 1-го порядка в вещества В и С. Чему равно это отношение.

Самостоятельная работа № 3 по теме «Последовательные реакции»:

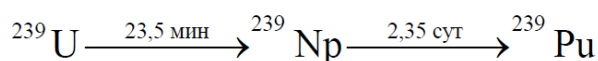
Задача 1. Определите t_{max} и $[B]_{max}$ в последовательной реакции 1-го порядка:



при $k_1 = 2$ и двух соотношениях констант: а) $k_2/k_1 = 0,005$ и б) $k_2/k_1 = 50$.

или

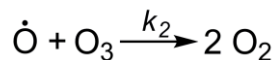
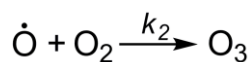
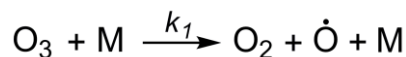
Задача 2. Образец радиоактивного урана массой 100 г распадается по схеме



(над стрелкой указаны периоды полураспада). Рассчитайте массы нептуния и плутония через: а) 20 мин; б) 20 суток после начала распада.

Самостоятельная работа № 4 по теме «Сопряженные, цепные и каталитические реакции»:

Задача 1. Простейший механизм распада озона имеет вид:

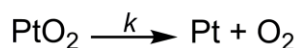
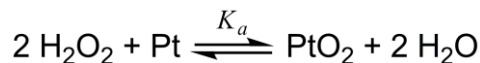


Предполагая концентрацию атомов кислорода стационарной, получите кинетическое уравнение реакции. Сравните скорость распада озона со скоростью образования молекулярного кислорода.

или

Задача 2.

Для разложения перекиси водорода на катализаторе Pt/SiO₂ В.П. Лебедев предложил следующий механизм:



где K_a – константа адсорбционного равновесия, а k – константа скорости распада

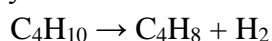
активного промежуточного соединения PtO_2 . Напишите кинетическое уравнение этой реакции.

Самостоятельная работа № 5 по теме «Фотохимические реакции»:

Задача. Свет с длиной волны 436 нм проходил в течение 900 с через раствор брома и коричневой кислоты в CCl_4 . Среднее количество поглощенной энергии $1,919 \cdot 10^{-3}$ Дж/с. В результате фотохимической реакции количество брома уменьшилось на $3,83 \cdot 10^{19}$ молекул. Чему равен квантовый выход? Предположите механизм реакции, объясняющий квантовый выход.

Демонстрационный вариант контрольной работы

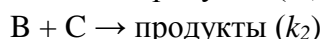
Задача 1. За реакцией разложения бутана



следили по изменению объема газов, занимаемому ими при давлении $1,01 \cdot 10^5$ Па и 20°C . Вычислите, через какое время после начала реакции изменение объема будет равно 10 см^3 . Скорость реакции постоянна и равна $13,3 \text{ Па/с}$, объем реакционного сосуда — 200 см^3 , температура — 527°C .

Задача 2. Для обратимой реакции $\text{A} \leftrightarrow \text{B}$ начальные концентрации веществ **A** и **B** $[\text{A}]_0 = 1,33 \cdot 10^4 \text{ Па}$ и $[\text{B}]_0 = 0$. Через 10 минут после начала реакции $[\text{A}] = 5,3 \cdot 10^3 \text{ Па}$ и $[\text{B}] = 8,0 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Определите значение $[\text{A}]$ через 20 и 40 минут после начала реакции, если отношение констант скоростей прямой и обратной реакции $k_1/k_{-1} = 3$.

Задача 3. В системе протекают две параллельные реакции второго порядка



Рассчитайте количество (в %) вещества **B**, которое прореагирует в момент времени, когда вещество **A** будет израсходовано на 99,5%, если отношение величин констант скоростей $k_1/k_2 = 10$ и порядок реакции совпадает с их стехиометрией.

Задача 4. Энергия активации мономолекулярной реакции зарождения цепи $334,4 \text{ кДж/моль}$. Рассчитайте длину цепи, которая обеспечила бы превращение 1% исходного вещества в течение 1 ч при 500°C .

Задача 5. Рассчитайте квантовый выход окислительно-восстановительной фотохимической реакции, протекающей между молекулами донора в триплетном состоянии и невозбужденными молекулами акцептора, используя следующие данные: для молекул донора квантовый выход интеркомбинационной конверсии в триплетное состояние ϕ_{isc} равен 0,75; константа скорости тушения триплетного состояния k_q равна $2 \cdot 10^8 \text{ л/(моль} \cdot \text{с)}$; время жизни триплетного состояния τ_T равно 10^{-3} с ; концентрация акцептора $[\text{A}]$ — 10^{-3} моль/л и вероятность рекомбинации образующихся в ходе реакции ион-радикальных пар — 0,4.

Демонстрационный вариант индивидуального задания

Осуществите поиск научной литературы (1-2 статьи в научных журналах), посвященной исследованию реакции, протекающей по каталитическому механизму. Подготовьте краткий отчет (оформленный по ГОСТ 7.32-2017) и доклад на 5-7 минут (с презентацией) по результатам, представленным в данных публикациях, уделив особое внимание кинетическому исследованию и механизму реакции.

Промежуточная аттестация (*зачет*) проводится с использованием бально-рейтинговой системы оценивания результатов обучения.

ПРИМЕРНЫЙ СПИСОК ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ (СОБЕСЕДОВАНИЕ):

1. Основные понятия химической кинетики: элементарная стадия, переходное состояние, скорость химической реакции, механизм реакции.
2. Кинетический закон действующих масс для элементарных и сложных реакций. Константа скорости. Молекулярность и порядок реакции. Принцип независимости химических реакций, принцип лимитирующей стадии.
3. Формальная кинетика реакций целого порядка. Период полупревращения, его зависимость от начальной концентрации.
4. Влияние температуры на скорость реакции. Уравнение Аррениуса, его интегральная и дифференциальная формы. Опытная энергия активации.
5. Обратимые реакции 1-го порядка. Решение кинетических уравнений, кинетические кривые. Связь константы равновесия с константами скорости. Определение кинетических параметров. Зависимость скорости реакции от химического сродства.
6. Параллельные реакции 1-го порядка. Решение кинетических уравнений, кинетические кривые. Периоды полураспада и полуобразования. Определение кинетических параметров.
7. Последовательные реакции 1-го порядка. Решение кинетических уравнений, кинетические кривые. Определение кинетических параметров.
8. Принцип лимитирующей стадии для обратимых, последовательных и параллельных реакций. Приближение квазистационарных концентраций. Условия применимости.
9. Квазиравновесное приближение в химической кинетике. Условия применимости.
10. Цепные реакции. Основные элементарные стадии. Разветвленные и неразветвленные цепные реакции.
11. Основные понятия катализа. Общие свойства катализаторов. Теория промежуточных соединений в катализе.
12. Фотохимические реакции: основные законы и квантовый выход. Зависимость квантовых выходов от различных условий.
13. Приведите примеры фотохимических реакций. Напишите элементарные стадии механизма некоторых фотохимических реакций.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Процедура оценивания
<p style="text-align: center;">ПК 1.1</p> <p>Собирает информацию, необходимую для решения задач исследования, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p>Знать: основные российские и зарубежные научные журналы по кинетике и катализу</p>	<p>Выполнение индивидуальных заданий: представление доклада с презентацией; подготовка отчета.</p>
	<p>Уметь: пользоваться электронными ресурсами, содержащие архивы журналов по кинетике и катализу</p>	<p>Выполнение индивидуальных заданий: представление доклада с презентацией; подготовка отчета.</p>
<p style="text-align: center;">ПК 1.2</p> <p>Проводит первичный поиск, анализ и обработку литературных данных по заданной тематике</p>	<p>Уметь: сопоставлять химическую информацию из разных источников и обобщать литературные данные</p>	<p>Выполнение индивидуальных заданий: представление доклада с презентацией; подготовка отчета.</p>
<p style="text-align: center;">ПК 1.3</p> <p>Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме.</p>	<p>Владеть: навыками критического анализа химической литературы и оформления отчетов о выполненной работе по заданной форме</p>	<p>Выполнение индивидуальных заданий: представление доклада с презентацией; подготовка отчета.</p>
	<p>Уметь: грамотно формулировать выводы</p>	<p>Выполнение индивидуальных заданий: представление доклада с презентацией; подготовка отчета.</p>
<p style="text-align: center;">ПК 6.1</p> <p>Знает теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической, органической, аналитической, физической химии, химии высокомолекулярных соединений, химических основ биологических процессов.) и способы их использования при решении конкретных химических задач</p>	<p>Знать: основные законы и закономерности, определяющие направление, скорость и результат протекания процессов</p>	<p>Собеседование. Выполнение самостоятельных заданий. Выполнение контрольной работы.</p>
	<p>Уметь: проводить простые операции (классификация веществ или реакций, составление формул, схем процессов, первичный анализ результатов и т.п.) с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин</p>	<p>Собеседование. Выполнение самостоятельных заданий. Выполнение контрольной работы.</p>

Программа оценивания контролируемых компетенций:

Тема или раздел дисциплины ¹	Код индикатора компетенции	Планируемый результат	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС ²	
					ТК ³	ПА ⁴
1. Введение. Феноменологическая кинетика	ИДК_{ПК6.1} Знает теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической, органической, аналитической, физической химии, химии высокомолекулярных соединений, химических основ биологических процессов.) и способы их использования при решении конкретных химических задач	Знать: основные законы и закономерности, определяющие направление, скорость и результат протекания процессов Уметь: проводить простые операции (классификация веществ или реакций, составление формул, схем процессов, первичный анализ результатов и т.п.) с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин	Знает: базовые понятия понятия и основной постулат химической кинетики; зависимость скорости реакции от температуры. Умеет: определять порядки простых реакций и осуществлять расчет констант скоростей; рассчитывать энергии активации реакций.	Владеет материалом, представленным в разделе 1. Выполнил не менее 2/3 задания самостоятельной работы.	СР №1; С	Зачет

<p>2. Обратимые и параллельные реакции</p>	<p>ИДКпк6.1 Знает теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической, органической, аналитической, физической химии, химии высокомолекулярных соединений, химических основ биологических процессов.) и способы их использования при решении конкретных химических задач</p>	<p>Знать: основные законы и закономерности, определяющие направление, скорость и результат протекания процессов Уметь: проводить простые операции (классификация веществ или реакций, составление формул, схем процессов, первичный анализ результатов и т.п.) с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин</p>	<p>Знает: основные закономерности, определяющие направление и скорость протекания обратимых и параллельных реакций. Умеет: составлять уравнения реакций, представлять их в виде схем и осуществлять расчет кинетических параметров по экспериментальным данным (концентрации и времени)</p>	<p>Владеет материалом, представленным в разделе 2. Выполнил не менее 2/3 задания самостоятельной работы.</p>	<p>СР №2; С</p>	
--	--	---	--	--	-----------------	--

<p>3. Последовательные реакции</p>	<p>ИДКпк6.1 Знает теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической, органической, аналитической, физической химии, химии высокомолекулярных соединений, химических основ биологических процессов.) и способы их использования при решении конкретных химических задач</p>	<p>Знать: основные законы и закономерности, определяющие направление, скорость и результат протекания процессов Уметь: проводить простые операции (классификация веществ или реакций, составление формул, схем процессов, первичный анализ результатов и т.п.) с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин</p>	<p>Знает: основные закономерности, определяющие скорость накопления промежуточного вещества продукта реакции Умеет: составлять уравнения реакций, представлять их в виде схем; применять принцип квазистационарных концентраций для приближенного решения кинетических задач</p>	<p>Владеет материалом, представленным в разделе 3. Выполнил не менее 2/3 задания самостоятельной работы.</p>	<p>СР №3; С</p>	
------------------------------------	--	---	---	--	-----------------	--

4. Сопряженные, цепные и каталитические реакции	<p>ИДКпк6.1 Знает теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической, органической, аналитической, физической химии, химии высокомолекулярных соединений, химических основ биологических процессов.) и способы их использования при решении конкретных химических задач</p>	<p>Знать: основные законы и закономерности, определяющие направление, скорость и результат протекания процессов Уметь: проводить простые операции (классификация веществ или реакций, составление формул, схем процессов, первичный анализ результатов и т.п.) с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин</p>	<p>Знает: основные стадии цепных и каталитических реакций; закономерности, определяющие скорость накопления промежуточного вещества продукта сопряженных реакции Умеет: составлять уравнения реакций, представлять их в виде схем; применять принципы квазистационарных концентраций и квазиравновесия для приближенного решения кинетических задач</p>	<p>Владеет материалом, представленным в разделе 4. Выполнил не менее 2/3 задания самостоятельной работы.</p>	СР №4, С
	<p>ИДКпк1.1 Собирает информацию, необходимую для решения задач исследования, поставленных</p>	<p>Знать: основные российские и зарубежные научные журналы по кинетике и катализу Уметь: пользоваться электронными</p>	<p>Знает: основные российские и зарубежные научные журналы по кинетике и катализу, такие как «Кинетика и Катализ», «Журнал физической химии», «Journal of the American Chemical</p>	<p>Выполнил не менее 2/3 задания индивидуального задания.</p>	ИЗ

	специалистом более высокой квалификации	ресурсами, содержащими архивы журналов по кинетике и катализу	Society», «Catalysts» и д.р. Умеет: пользоваться электронными ресурсами, содержащими архивы журналов по кинетике и катализу в открытом доступе.			
	ИДКпк1.2 Проводит первичный поиск, анализ и обработку литературных данных по заданной тематике	Уметь: сопоставлять химическую информацию из разных источников и обобщать литературные данные	Умеет: сопоставлять информацию из разных источников по заданной теме и обобщать литературные данные			
	ИДКпк1.3 Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме.	Владеть: навыками критического анализа химической литературы и оформления отчетов о выполненной работе по заданной форме Уметь: грамотно формулировать выводы	Владеет: навыками критического анализа результатов, представленных в найденных публикациях; навыками оформления отчетов о выполненной работе по ГОСТ Умеет: грамотно формулировать выводы			
5. Фотохимические реакции	ИДКпк6.1 Знает теоретические основы базовых	Знать: основные законы и закономерности, определяющие	Знает: основные законы фотохимии; определение квантового выхода и формулы для его расчета;	Владеет материалом, представленным в разделе 5. Выполнил не менее	СР №4, С	

	<p>химических дисциплин (неорганической, органической, аналитической, физической химии, химии высокомолекулярных соединений, химических основ биологических процессов.) и способы их использования при решении конкретных химических задач</p>	<p>направление, скорость и результат протекания процессов Уметь: проводить простые операции (классификация веществ или реакций, составление формул, схем процессов, первичный анализ результатов и т.п.) с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин</p>	<p>основные зависимости квантовых выходов от различных условий Умеет: составлять уравнения реакций, представлять их в виде схем; определять стадии инициирования цепи; рассчитывать энергия возбуждающего излучения и определять квантовый выход.</p>	<p>2/3 задания самостоятельной работы.</p>		
	<p>ИДК_{пк1.1} Собирает информацию, необходимую для решения задач исследования, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p>Знать: основные российские и зарубежные научные журналы по кинетике и катализу Уметь: пользоваться электронными ресурсами, содержащие архивы журналов по кинетике и катализу</p>	<p>Знает: основные российские и зарубежные научные журналы по кинетике и катализу, такие как «Кинетика и Катализ», «Журнал физической химии», «Journal of the American Chemical Society», «Catalysts» и д.р. Умеет: пользоваться электронными ресурсами, содержащие архивы</p>	<p>Выполнил не менее 2/3 задания индивидуального задания.</p>	<p>ИЗ</p>	

			журналов по кинетике и катализу в открытом доступе.			
	ИДКпк1.2 Проводит первичный поиск, анализ и обработку литературных данных по заданной тематике	Уметь: сопоставлять химическую информацию из разных источников и обобщать литературные данные	Умеет: сопоставлять информацию из разных источников по заданной теме и обобщать литературные данные			
	ИДКпк1.3 Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме.	Владеть: навыками критического анализа химической литературы и оформления отчетов о выполненной работе по заданной форме Уметь: грамотно формулировать выводы	Владеет: навыками критического анализа результатов, представленных в найденных публикациях; навыками оформления отчетов о выполненной работе по ГОСТ Умеет: грамотно формулировать выводы			
6. Итоговая контрольная работа	ИДКпк6.1 Знает теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической,	Знать: основные законы и закономерности, определяющие направление, скорость и результат протекания	Знать: основные законы и закономерности, определяющие направление, скорость и результат протекания реакций сложных типов Уметь: составлять уравнения реакций	Владеет материалом, представленным в разделах 1-5. Выполнил не менее 2/3 заданий контрольной работы	КР	

	<p>органической, аналитической, физической химии, химии высокомолекулярных соединений, химических основ биологических процессов.) и способы их использования при решении конкретных химических задач</p>	<p>процессов Уметь: проводить простые операции (классификация веществ или реакций, составление формул, схем процессов, первичный анализ результатов и т.п.) с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин</p>	<p>сложных типов, представлять их в виде последовательности стадий, представляющих собой простые реакции; определять основные стадии сложных реакций, влияющие на скорость реакции и направление реакции; использовать приближенные способы решения кинетических задач; определять квантовый выход.</p>			
--	--	--	---	--	--	--

СР – Самостоятельная (домашняя) работа, КР – Контрольная работа, С – Собеседование, ИЗ – индивидуальное задание.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ:

В соответствии с бально-рейтинговой системой ИГУ для получения зачета по дисциплине «Кинетика реакций сложных типов» студенту необходимо набрать не менее 60 баллов.

1. Предусмотрено 5 самостоятельных (домашних) работы в виде задач. В каждой работе студенту предлагается решить одну из случайно выбранных задач. Работа оценивается максимум на 5 баллов. Допускается дробление баллов при не полном (не верном) выполнении заданий. Итого за выполнение всех самостоятельных работ студент может получить максимально **25 баллов**.
2. Предусмотрены индивидуальные задания по темам «Сопряженные, цепные и каталитические реакции» и «Фотохимические реакции». Каждому студенту выдается индивидуальное задание по одной из указанных тем. Выполнение задания оценивается максимально на **25 баллов** и включает в себя: оценка презентации – максимально 5 баллов, оценка доклада – максимально 15 баллов, оформление отчета по ГОСТ – максимально 5 баллов.
3. Предусмотрена контрольная работа по пройденному материалу, состоящая из 5 задач. Каждая задача оценивается на 5 баллов. Допускается дробление баллов при не полном (не верном) выполнении заданий. Итого за выполнение контрольной работы студент может получить максимально **25 баллов**.
4. На последнем зачетном занятии предусмотрено собеседование, на котором можно набрать дополнительно **25 баллов** ответив на 2 вопроса. Допускается дробление баллов при не полном (не верном) устном ответе.

Зачтено:

в целом, сформированные знания предмета, умение применять методы и подходы изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок не принципиального характера, наличие навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач (**60 баллов и более**).

Не зачтено:

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач (**менее 60 баллов**).

Разработчик:



доцент М.В. Быков

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учетом рекомендаций ПООП по направлению и профилю подготовки 04.03.01 – «Химия».

Программа рассмотрена на заседании кафедры физической и коллоидной химии «26» апреля 2024 г.

Протокол № 9

И.о. зав. кафедрой



/Л.Б. Белых/

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.