



Основная профессиональная образовательная программа  
04.04.01 Химия  
(Инноватика в химии и химическом образовании)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Институт математики, информационных технологий и естественных наук ИвГУ  
Кафедра фундаментальной и прикладной химии

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

Т.П. Кустова

(подпись)

« 01 » 09 20 21 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Прикладные вопросы химической кинетики в растворах

Уровень высшего образования:	магистратура
Квалификация выпускника:	магистр
Направление подготовки:	04.04.01 Химия
Направленность (профиль) образовательной программы:	Инноватика в химии и химическом образовании
Тип образовательной программы:	программа академической магистратуры



## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Прикладные вопросы химической кинетики в растворах» является изучение фундаментальных закономерностей химической кинетики в конденсированной фазе для применения полученных знаний при исследовании реакционной способности соединений, решении экспериментальных задач по разработке и производству новых веществ путем тонкого органического синтеза, как основы для научно-исследовательской, научно-производственной и педагогической деятельности.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры

Дисциплина " Прикладные вопросы химической кинетики в растворах" относится к дисциплинам вариативной части блока **Б1.В.03** и базируется на результатах изучения бакалаврами дисциплин: «Физическая химия», "Органическая химия", «Химическая кинетика ферментативных реакций», «Химическая термодинамика растворов». Освоение данной дисциплины сопряжено с изучением дисциплины «Гетероциклические и полиароматические органические соединения», «Компьютерные технологии в науке и образовании» и является основой для изучения таких дисциплин как «Приоритетные направления развития химии в XXI веке», «Жидкокристаллические материалы», «Компьютерное моделирование и структурная химия», «Динамическая биохимия», «Супрамолекулярная химия».

Для освоения данной дисциплины магистрант должен:

### Знать

- основные законы физической химии (термодинамики, строения вещества, химической кинетики);
- общие представления о закономерностях протекания химических реакций;
- свойства, строение и способы выражения концентрации растворов;
- законы и термины формальной кинетики (закон действия масс, порядок реакции);

### Уметь:

- применять знания по высшей математике для решения дифференциальных уравнений химической кинетики;
- проводить физико-химический эксперимент;
- обрабатывать и обсуждать экспериментальные кинетические зависимости;

### Иметь:

- навыки пользования компьютерными программами для количественной обработки результатов кинетического эксперимента;
- практический опыт проведения количественного химического анализа с использованием инструментальной аппаратуры.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

### 3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции:

а) профессиональная **ПК-3**: Способен выявлять актуальные научные проблемы в химии, в том числе находящиеся на стыке различных областей наук и разрабатывать подходы к их решению.

б) профессиональная **ПК-4**: Способен проводить научные исследования в химии и смежных наук самостоятельно и в составе исследовательских коллективов

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с ин-



Основная профессиональная образовательная программа  
04.04.01 Химия  
(Инноватика в химии и химическом образовании)

### диктаторами достижения формируемых компетенций

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** - базовые теоретические концепции, закономерности и экспериментальные методы химической кинетики; - кинетические особенности и механизмы протекания различных жидкофазных процессов с участием частиц различной природы (ПК-3).

**Уметь:** -выполнять кинетические исследования с использованием современной экспериментальной техники; -выполнять расчетно-теоретические исследования с использованием традиционных уравнений химической кинетики; - применять основные законы кинетики и катализа при изучении химических процессов, их технологической разработке и модернизации, предсказании реакционной способности соединений, каталитической активности катализаторов (ПК-3); - проводить поиск результатов кинетических исследований с использованием доступных информационных баз; - планировать работу и выбирать адекватные методы решения кинетических задач в области органической и биологической химии; - определять и анализировать проблемы, связанные с проведением и анализом результатов кинетического эксперимента; - представлять полученные в кинетических исследованиях результаты в виде презентаций и научных публикаций; -выявлять актуальные научные проблемы в химической кинетике, и разрабатывать подходы к их решению (ПК-4).

**Иметь:**

- практический опыт выполнения комплексных кинетических и расчетно-теоретических исследований самостоятельно и в составе исследовательских коллективов (ПК-4); -навыки использования методов количественной обработки данных и расчета кинетических параметров жидкофазных реакций; - навыки использования методов количественного предсказания реакционной способности веществ в зависимости от их строения, состава среды и температуры для решения профессиональных задач (ПК-3);

- навыки проведения информационного поиска, планирования работы и выбора адекватных методов изучения кинетики химических процессов самостоятельно и в составе исследовательских коллективов; - практический опыт, позволяющий развивать теоретические основы химической кинетики (ПК-4).

## 4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

### 4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

Объем иной контактной работы и самостоятельной работы обучающегося по дисциплине указан в учебном плане образовательной программы.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем		Формы текущего контроля успеваемости  Формы промежуточной аттестации
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	



Основная профессиональная образовательная программа  
04.04.01 Химия  
(Инноватика в химии и химическом образовании)

1	Вводный. Введение в проблематику дисциплины, представление рабочей программы, осмысление требований к организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации.	1	2		Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов. Список вопросов, интересующих студента по содержанию дисциплины (сдается в письменном виде)
2	Феноменологическая кинетика. Прямая и обратная задачи кинетики. Кинетические уравнения необратимых реакций простых порядков.		2	2	<i>Тестирование. Контр. работа</i>
3	Кинетические уравнения сложных реакций первого порядка.		2	3	<i>Отчет по лаборат. работе.</i>
4	Температурная зависимость константы скорости. Теория активных соударений. Теория активированного комплекса. Свободная энергия, энтальпия и энтропия активации.		2	2	<i>Тестирование. Контр. работа</i>
5	Реакции в растворах. Клеточный эффект. Первичный солевой эффект. Кислотный, основной ферментативный катализ.		2	3	<i>Отчет по лаборат. работе.</i>
6	Цепные реакции. Кинетические закономерности цепных реакций. Приближенные методы химической кинетики.		2	2	<i>Выступление с презентацией</i>
7	Фотохимические реакции. Основные законы фотохимии. Особенности кинетики фотохимических реакций.		2		
Итого за семестр:			14	12	<i>Экзамен</i>

#### 4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

№ раздела	№ лекции	Основное содержание лекций
1	1	Введение в проблематику курса, представление рабочей программы, график организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации по курсу. Рассмотрение РП, списка источников литературы, вопросов студентов по содержанию курса.



Основная профессиональная образовательная программа  
04.04.01 Химия  
(Инноватика в химии и химическом образовании)

2	2	Феноменологическая кинетика (прямая и обратная задачи) простых химических реакций. <i>Повторение базовых представлений формальной кинетики.</i> Дифференциальные и интегральные кинетические уравнения. Реакции постоянного и переменного порядков по различным компонентам (примеры). <i>Методы определения порядка реакции. Расчеты степени превращения, времени полупревращения. Расчет констант скоростей по уравнению Гугенхейма.</i> <b>Расчеты по кинетическим уравнениям реакций лабораторного практикума.</b>
3	3	Кинетические уравнения сложных реакций. Обратимые реакции. Параллельные реакции. Последовательные реакции первого порядка. Сопряженные реакции. <b>Расчеты по кинетическим уравнениям сложных реакций.</b>
4	4	Теория Аррениуса. Теория активных соударений для бимолекулярных реакций. Уравнение Траутца-Льюиса. Стерический множитель. Сечение соударения. Энергия активации. Понятие о предэкспоненциальном множителе "А" и стерическом факторе "Р". Теория активированного комплекса (переходного состояния) - ТАК. Поверхности потенциальной энергии (ППЭ) для элементарных актов химических превращений. Координата реакции. Определение пути реакции и энергетического барьера. Динамика элементарного акта реакции как перемещение по ППЭ. Термодинамический аспект основного уравнения ТАК. Свободная энергия, энтальпия и энтропия активации. <i>Сравнение теорий активных столкновений и активированного комплекса для бимолекулярных реакций. Расчеты константы скорости по ТАК и теории активных соударений. Расчеты по уравнениям теории Аррениуса.</i> <b>Расчет энергии активации и активационных параметров по экспериментальным данным работ лабораторного практикума.</b>
5	5	Реакции в растворах. Важнейшие свойства органических растворителей и их классификация. <i>Донорное и акцепторное числа. Диэлектрическая проницаемость. Количественные параметры полярности растворителей. Эмпирический подход, основанный на использовании параметров растворителя. Использование для интерпретации механизма. Функция Кирквуда.</i> Специфическая и универсальная сольватация. Интерпретация активационных параметров для механизма. <i>Принцип Бэлла-Эванса-Поляни. Постулат Хэммонда. Уравнение Поляни-Семенова.</i> Диффузия в растворах. Клеточный эффект и проблема зависимости скорости реакции от вязкости растворителя. Формула Смолуховского и диффузионная кинетика. Первичный солевой эффект. <i>Применение теории активированного комплекса и формула Бренстеда-Бьеррума. Влияние природы растворителя на скорость химической реакции.</i> <b>Расчеты по уравнениям каталитических процессов лабораторного практикума.</b>



Основная профессиональная образовательная программа  
04.04.01 Химия  
(Инноватика в химии и химическом образовании)

6	6	<p>Реакции ионов и ион-радикалов. Ионные пары. Ионизация молекул в полярных растворителях. Реакции анион-радикалов. <i>Методы изучения быстрых ионных реакций. Метод скачка температуры, метод скачка давления. Метод электрического импульса. Ультразвуковой метод. Метод периодического электрического поля. Электрохимические методы</i></p> <p>Классификация, особенности протекания, кинетические закономерности цепных реакций. Разветвленные цепные реакции на примере взаимодействия кислорода с водородом. Длина цепи. Скорость темновой реакции образования НВг.</p> <p><i>Теория взрывов и воспламенений. Тепловой взрыв. Цепные реакции полимеризации. Сополимеризация. Ингибиторы радикальной полимеризации. Неразветвленные цепные реакции. Атомы, свободные радикалы и их роль в качестве промежуточных продуктов реакции. Цепное галогенирование углеводородов. Жидкофазное хлорирование парафинов. Цепные разветвленные реакции. Химические лазеры на основе цепных реакций.</i></p> <p>Приближенные методы химической кинетики. Уравнения методов квазистационарных концентраций и квазиравновесия. <b>Расчет скоростей процессов, осложненных образованием промежуточных комплексов по уравнениям приближенных методов.</b></p>
7	7	<p>Фотохимические реакции. Основные законы фотохимии. Фотовозбуждение молекул. Потенциальные кривые и свойства молекул в электронно-возбужденных состояниях. <i>Роль триплетных состояний.</i> Квантовый выход. <i>Фотохимические реакции и параметры элементарных первичных процессов. Вторичные процессы фотохимических реакций. Виды конверсии возбужденной молекулы.</i> Флуоресценция. Фосфоресценция. Особенности кинетики фотохимических реакций. Зависимость скорости процесса от температуры. Фотосенсибилизация. <i>Кинетическая схема Штерна-Фольмера как пример определения элементарных констант из опытных фотохимических данных. Фотохимический синтез и разложение озона.</i> <b>Расчеты констант скоростей фотохимических процессов и квантового выхода.</b></p>

Темы, выделенные курсивом в табл. 4.1, предназначены для самостоятельной разработки магистрантом и подготовки презентаций.

## 5. Образовательные технологии

При изучении настоящей дисциплины используются следующие инновационные образовательные технологии:

- технология «дебаты» при сдаче лабораторных работ (технология учебной дискуссии);
- тестовый контроль: бланковое тестирование;
- учебно-исследовательские задачи в лабораторном практикуме;
- проектная технология;
- рейтинговая технология;
- технология развития критического мышления.

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- технологии смешанного обучения (чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций; использование ЭИОС «Мой университет»).



## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Учебно-методическое обеспечение дисциплины «Прикладные вопросы химической кинетики в растворах» представлено электронным вариантом части курса лекций. Для начальной, предварительной самостоятельной подготовки магистранту рекомендуется методическое пособие «Основы химической кинетики», содержащее методические указания к проведению самостоятельной работы, вопросы для самоконтроля, типовые задачи с решениями, глоссарий терминов по кинетике, комплект тестовых заданий.

Самостоятельная работа студентов при изучении курса «Прикладные вопросы химической кинетики в растворах» заключается в подготовке к контрольным и лабораторным работам, в написании отчетов по лабораторным работам и подготовке проекта (реферат, доклад и презентация к нему).

Методический материал по обеспечению самостоятельной работы студентов приводится в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины в ЭИОС «Мой университет» (содержит график практических занятий, вопросы к контрольным работам и экзамену, требования к реферату и презентации).

## 7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Степень усвоения магистрантом дисциплины оценивается на экзамене, который проходит по смешанной устно-письменной форме с учетом накопительной рейтинговой оценки, которая включает результаты текущего контроля знаний студентов.

Предварительная подготовка магистранта к практическому занятию оценивается путем экспресс-тестирования (тестовые задания закрытой формы) в течение 5 минут. Результаты самостоятельного решения задач по каждому занятию также оцениваются.

Обучающийся может набрать по данной дисциплине максимально 100 баллов.

**Текущий контроль.** По курсу предусмотрено выполнение двух контрольных и 2 лабораторных работ. Максимальная оценка за доклад и презентацию – 8 баллов. Для допуска к экзамену студент должен выполнить лабораторный практикум и набрать не менее 35 баллов из 60.

Баллы	Контр. работы	Результаты тестирования по темам практического занятия	Отчеты по лабораторным работам	Выступление с презентацией (темы в табл.4.1)	Итого 60 Б
	2 к.р. · 10 Б = 20Б	12Б	2 л.р. · 10Б = 20Б	8Б	

### Итоговый контроль

- экзамен. Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов. Суммарная оценка за экзамен – 40 баллов. Первый и второй вопросы экзаменационного билета – теоретические и оцениваются по 15 баллов. Третий вопрос – практический, максимальная оценка – 10 баллов. Минимальная допустимая сумма баллов, полученных на экзамене, при которых он считается сданным – 20.

Таким образом, общая оценка за предмет складывается из баллов, полученных на экзамене, и баллов, полученных в семестре. За сумму баллов 85 и более – «5» (отлично), от 70 до 84 – «4» (хорошо), от 55 до 69 – «3» (удовлетворительно).

Студенты, набравшие в семестре 55 и более баллов, могут получить 30 дополнительных баллов и освобождаются от экзамена с оценкой «5» (отлично). Студенты, набравшие в семестре от 50 до 54 баллов, могут получить 20 дополнительных баллов и освобождаются от экзамена с



оценкой «4» (хорошо). Студенты, набравшие в семестре 45-49 баллов, могут получить 10 дополнительных баллов и освобождаются от экзамена с оценкой «3» (удовлетворительно). Студенты, желающие повысить оценку, имеют право сдать экзамен.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература

1. Химическая кинетика: Теория и практика : учебное пособие / Г.Е. Заиков, О.В. Стоянов, А.М. Кочнев, С.С. Ахтямова ; Министерство образования и науки России. - Казань : Издательство КНИТУ, 2013. - 80 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-7882-1518-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258758>
2. Булидорова Г. В. , Галяметдинов Ю. Г. , Ярошевская Х. М. Формальная кинетика: учебное пособие. Казань: Издат. КНИТУ, 2014. 112 с. ISBN: 978-5-7882-1699-7. УДК: 544.015.4(075.8) ББК: 24.5я73. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428695>
3. Буданов В. В., Ломова Т. Н., Рыбкин В. В. Химическая кинетика. Предназначено студентам, магистрантам, аспирантам, а также преподавателям и научным сотрудникам. Изд. "Лань". ISBN 978-5-8114-1542-7. 2021. 288. с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168624>.
4. Колпакова Н. А., Романенко С. В., Колпаков В. А. Сборник задач по химической кинетике. Предназначено для студентов химических специальностей вузов. Изд. "Лань". ISBN. 978-5-8114-2394-1. 2021. 3-е изд., стер. 280 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/169157>

### б) Дополнительная литература

1. Макаров, А.Г. Теоретические и практические основы физической химии : учебное пособие / А.Г. Макаров, М.О. Сагида, Д.А. Раздобреев; Оренбургский Гос. Ун-тет, 2015. - 172 с. : ф. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1245-1; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364840>. Второй режим доступа: ЭБС IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/52335.html>.
2. Зуев, А.Ю. Физическая химия. Практикум : учебное пособие / А.Ю. Зуев, В.А. Черепанов, Д.С. Цветков ; ред. А.Ю. Зуев. - Екатеринбург : Изд. Уральского ун-та, 2012. - 124 с. - ISBN 978-5-7996-0787-6; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239716>
3. Луков, В. В. Физическая химия : учебник / В. В. Луков, А. Н. Морозов. — 2-е изд. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издат. Южного федер. Ун-та, 2018. — 237 с. — ISBN 978-5-9275-2976-6. — Текст : электронный // ЭБС IPR BOOKS: URL: Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/87772.html>
4. Основы физической химии. В 2 частях. Ч.1. Теория : учебник / В. В. Еремин, С. И. Каргов, И. А. Успенская [и др.]. — 5-е изд. — Москва : Лаборат. знаний, 2019. — 349 с. — ISBN 978-5-00101-634-2 (ч.1), 978-5-00101-633-5. — Текст : электронный // ЭБС IPR BOOKS : [сайт]. — URL: Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/88929.html>.
5. Практикум по физической химии НГУ. Химическая термодинамика и кинетика. В 3 частях. Ч.2. Химическая кинетика : учебно-методическое пособие / В. А. Рогов, А. А. Антонов, С. С. Арзуманов [и др.] ; под редакцией В. А. Рогова, В. Н. Пармона. — 2-е изд. — Новосибирск : Новосибирский гос ун-тет, 2019. — 223 с. — ISBN 978-5-4437-0944-4, 978-5-4437-0938-3 (ч.2). — Текст: электронный // ЭБС IPR BOOKS: URL: Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/93823.html>.





Основная профессиональная образовательная программа  
04.04.01 Химия  
(Инноватика в химии и химическом образовании)

**Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет»  
<https://uni.ivanovo.ac.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>  
<http://www.biblioclub.ru/index>.

<http://www.chemNet.ru> - Российская сеть химической информации.

<http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/welcome.html> библиотека химического факультета МГУ.

<http://www.rushim.ru/books/> - электронная библиотека по химии.

<http://www.window.edu.ru/window/library> - библиотека образовательных ресурсов.

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и(или) LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и(или) Yandex Browser.

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;

- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения;

Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации: демонстрационное оборудование (демонстрационные устройства); электронные пособия (презентации), печатные пособия (плакаты, схемы)

**Автор(ы) рабочей программы дисциплины:** профессор кафедры фундаментальной и прикладной химии, проф., д.х.н. Иванов С.Н.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной и прикладной химии 31 августа 2021 г., протокол № 1.

Программа обновлена

протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ Т.П. Кустова

(подпись)