



Основная профессиональная образовательная программа  
04.03.01 Химия  
(Медицинская и фармацевтическая химия)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра органической и физической химии

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

Л.Б. Кочетова Л.Б. Кочетова  
(подпись)

« 19 » июня 20 19 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Кинетика и механизм ферментативных реакций**

Уровень высшего образования:	бакалавриат
Квалификация выпускника:	бакалавр
Направление подготовки:	04.03.01 Химия
Направленность (профиль) образовательной программы:	Медицинская и фармацевтическая химия

Иваново



Основная профессиональная образовательная программа  
04.03.01 Химия  
(Медицинская и фармацевтическая химия)

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Кинетика и механизм ферментативных реакций» является изучение фундаментальных закономерностей химической кинетики ферментативных реакций для применения полученных знаний при исследовании реакционной способности биологически активных соединений, решении экспериментальных задач по разработке и производству новых лекарственных и биологически активных веществ путем тонкого органического синтеза, как основы для научно-исследовательской и педагогической деятельности.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина "Кинетика и механизм ферментативных реакций" относится к дисциплинам по выбору части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений. В дисциплине рассматриваются базовые количественные закономерности, позволяющие рассчитывать константы скоростей реакций разных типов под действием различных факторов, основы реакционной способности веществ в жидкой фазе, экспериментальные методы химической кинетики.

Успешное освоение данной дисциплины будет способствовать готовности студентов к изучению следующих дисциплин: «Термодинамика процессов в живых системах», «Практикум по медицинской и фармацевтической химии», «Современные информационные технологии в химическом образовании».

Студент, приступающий к изучению дисциплины, должен обладать знаниями, умениями, навыками, полученными ранее в ходе изучения дисциплин: «Расчеты в химии» (3 семестр), «Физическая химия» (4-6 семестры), «Органическая химия» (5,6 семестры), «Химическая технология» (6 семестр).

Для освоения данной дисциплины студент должен:

### Знать

- основные законы физической химии (термодинамики, строения вещества)
- 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 обработки результатов кинетического эксперимента;
- навыки 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 в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

в) профессиональные (ПК):

**ПК-1** Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации



Основная профессиональная образовательная программа  
04.03.01 Химия  
(Медицинская и фармацевтическая химия)

**3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с формируемыми компетенциями**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- - основные теории и методы химической кинетики, закономерности формальной кинетики моно- и бимолекулярных жидкофазных процессов с участием полярных молекул и энзимов (ПК-1);
- - экспериментальные методы химической кинетики (ПК-1);
- - кинетические особенности и механизмы протекания различных ферментативных процессов с участием частиц различной природы (ПК-1);
- - современное состояние теории каталитических процессов, методы исследования быстрых элементарных реакций (ПК-1).

**Уметь:**

- - применять основные законы кинетики и катализа при изучении механизма ферментативных процессов и предсказании реакционной способности белковых соединений (ПК-1);
- - предсказывать каталитическую активность ферментных катализаторов и ингибиторов в реальных условиях протекания химической реакции (ПК-1);
- - определять и анализировать проблемы, связанные с проведением и анализом результатов кинетического эксперимента (ПК-1);
- - представлять полученные в кинетических исследованиях результаты в виде презентаций и научных публикаций; осуществлять поиск информации по теме исследования (ПК-1),

**Иметь:**

- навыки использования современных компьютерных методов для обработки экспериментальных кинетических данных (ПК-1);
- навыки владения методами расчета констант скоростей и активационных параметров жидкофазных ферментативных реакций, их трактовкой, методами исследования элементарных реакций и регистрации активных частиц (ПК-1);
- навыки распознавания механизмов ферментативных процессов на основе экспериментальных данных (ПК-1);
- опыт профессионального участия в научных дискуссиях на конференциях по теме кинетики ферментативных процессов; опыт делового общения и работы в научном коллективе (ПК-1).

**4. Объем и содержание дисциплины**

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единицы (180 академических 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.



Основная профессиональная образовательная программа  
04.03.01 Химия  
(Медицинская и фармацевтическая химия)

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем ( в ак. часах)		Формы текущего контроля успеваемости  Формы промежуточной аттестации
			Занятия лекцион- ного типа	Занятия семинар- ского типа	
1	Вводный. Введение в проблематику дисциплины, представление рабочей программы, осмысление требований к организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации	7	2		Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов. Список вопросов, интересующих студента по содержанию дисциплины (в письменном виде)
2	Элементы формальной кинетики.		2	2	<i>Вводное занятие</i>
3	Кинетика сложных реакций первого порядка		2	4	<i>Контрольная работа,</i>
4	Температурная зависимость скорости реакции		2	2	<i>Отчет по лаб. работе</i>
5	Теории химической кинетики.		4	4	<i>Контрольная работа,</i>
6	Концепция механизма жидкофазной реакции.		2	2	<i>Отчет по лаб. работе</i>
7	Реакции в растворах. Влияние растворителя на скорость химической реакции.		2	4	<i>Бланковое тестирование</i>
8	Приближенные методы химической кинетики		2	2	<i>Контрольная работа.</i>
9	Гомогенный и гетерогенный катализ.		2	4	<i>Бланковое тестирование</i>
10	Ферментативный катализ. Уравнение Михаэлиса-Ментен.		4	2	<i>Контрольная работа.</i>
11	Влияние различных факторов (температуры, pH, ингибиторов, активаторов, и пр.) на скорость ферментативных процессов		4	2	<i>Бланковое тестирование. Выступление с презентацией</i>
12	Экспериментальные методы химической кинетики.		2		
	Итого за семестр:		30	28	<i>Зачет, курсовая работа</i>



Основная профессиональная образовательная программа  
04.03.01 Химия  
(Медицинская и фармацевтическая химия)

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

№ раздела	№ лекции	Основное содержание лекций и практических занятий
1	1	<p>Введение в проблематику курса, представление рабочей программы, осмысление требований к организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации по курсу.</p> <p>Изучение РП, списка источников, формулировка, вопросов, интересующих студентов на основе изучения содержания курса.</p>
2	2	<p>Феноменологическая кинетика (прямая и обратная задачи) простых химических реакций. Основные понятия, методы и постулаты формальной кинетики. Экспериментальное определение скорости химической реакции. Кинетические уравнения и методы их изучения. Молекулярность и порядок реакции. Методы определения порядка реакции. Закон действующих масс и принцип независимости реакций. Прямая и обратная кинетические задачи. Уравнения формальной кинетики реакций первого, второго, третьего порядков, n-порядка.</p>
3	3	<p>Кинетические уравнения сложных реакций первого порядка (обратимых, параллельных, последовательных).</p>
4	4	<p>Зависимость константы скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации прямой и обратной реакции. Связь с тепловым эффектом реакции. Температурный коэффициент.</p>
5	5	<p>Теория активных соударений для бимолекулярных реакций. Уравнение Траутца-Льюиса. Энергия активации. Достоинства и недостатки теории. Применение теории к мономолекулярным реакциям. 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. Понятие активированного комплекса (переходного состояния). Опытная и истинная энергии активации и их взаимосвязь. Термодинамический аспект основного уравнения ТАК. Свободная энергия, энтальпия и энтропия активации. Сравнение теорий активных столкновений и активированного комплекса для бимолекулярных реакций. Расчеты константы скорости по ТАК и теории активных соударений.</p>
6	6	<p>Концепция механизма жидкофазной реакции. Основные принципы и этапы установления механизма. Стадийность, лимитирующая стадия процесса. Термодинамический и кинетический контроль состава продуктов. Кинетический изотопный эффект (КИЭ). Теоретические основы метода. Примеры использования КИЭ в различных процессах. Активированный комплекс жидкофазных процессов. Интерпретация активационных параметров для механизма. Принцип Бэлла-Эванса-Поляни. Постулат Хэммонда. Уравнение Поляни-Семенова.</p>



Основная профессиональная образовательная программа  
04.03.01 Химия  
(Медицинская и фармацевтическая химия)

7	7	Влияние растворителя на скорость химической реакции. Реакции в растворах. Клеточный эффект. Важнейшие свойства органических растворителей и их классификация. Специфическая и универсальная сольватация. Донорное и акцепторное числа. Диэлектрическая проницаемость. Использование для интерпретации механизма. <i>Функция Кирквуда. Количественные параметры полярности растворителей.</i> Уравнение Бренстеда. Взаимодействие между ионами в растворе. Первичный солевой эффект
8	8	Приближенные методы химической кинетики. Принцип квазистационарности Боденштейна и его применение в кинетике цепных процессов. Принцип квазиравновесности.
9	9	Катализ. Каталитическая активность. Селективность. Гомогенный катализ. Роль катализатора, влияние его на кинетические характеристики реакции. Кислотно-основной катализ. Специфический кислотный и специфический основной катализ. Гетерогенный катализ.
10	10	Ферментативный катализ. Общие определения и понятия. Активность ферментов. Уравнение Михаэлиса-Ментен и определение кинетических параметров из опытных данных. Преобразования Лайнуивера-Берка, метод Эдди-Хофсти.
11	11	Кинетика каталитических реакций с конкурентным ингибированием. Влияние ингибиторов и активаторов на кинетику ферментативных реакций. Метод двухкомпонентного обратимого ингибирования. Специфические и неспецифические ингибиторы. Конкурентные, бесконкурентные и смешанные ингибиторы. Эффективная константа Михаэлиса. Определение константы ингибирования из опытных кинетических данных. Влияние температуры, pH, конформационных изменений субстрата и диффузионных факторов на скорость ферментативных процессов. <i>Кинетика трехстадийных ферментативных реакций. Селективное влияние ингибиторов и активаторов.</i>
12	12	Экспериментальные методы химической кинетики. Метод Гуггенхайма расчета констант скорости первого порядка. Дилатометрия. Потенциометрический метод. Метод газо-жидкостной хроматографии. Термические методы. Метод адиабатического калориметра. <i>Метод проточного реактора. Методы изучения быстрых реакций. Струевые методы.</i>

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

## 5. Образовательные технологии

При изучении настоящей дисциплины используются следующие инновационные образовательные технологии:

- разноуровневое обучение; уровневые контрольные работы;
- рейтинговая система; рейтинг уровня учебных достижений студентов;
- технология «дебаты» при сдаче лабораторных работ (технология учебной дискуссии);
- тестовый контроль: бланковое тестирование;
- учебно-исследовательские задачи в лабораторном практикуме;
- проектная технология;
- технология развития критического мышления;



Основная профессиональная образовательная программа  
04.03.01 Химия  
(Медицинская и фармацевтическая химия)

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

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Учебно-методическое обеспечение дисциплины «Кинетика и механизм ферментативных реакций» представлено электронным вариантом части курса лекций, методическим пособием «Основы химической кинетики», содержащим методические указания к проведению самостоятельной работы, вопросы для самоконтроля, типовые задачи с решениями, глоссарий терминов, комплект тестовых заданий. Указанное обеспечение и типовые варианты тестовых работ находятся в приложении 1 к РП. Информационный ресурс по кинетике ферментативных реакций представлен также в виде папки с перечнем литературных источников в формате pdf или djvu, которая рассылается студентам на первом занятии.

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

Текущий контроль предполагает отчет по двум лабораторным работам, четырем многовариантным контрольным работам, результатам бланкового тестирования по 7, 9 и 11 темам курса и выступлению с презентацией.

### Рейтинговый контроль

Баллы	Лаборат. раб.	Контр. раб.	Результаты бланкового тестирования	Выступление с презентацией	Итого максимально 100 Б
	2 лаб.р. · 10Б = 20Б	4к.р. · 10Б = 40Б	3 · 8Б = 24Б	16Б	

### Промежуточный контроль

В соответствии с принятым положением о рейтинговой системе текущего контроля на биолого-химическом факультете, студент, набравший по рейтингу 55 баллов в учебном семестре, получает оценку «зачтено».

Оценка за защиту курсовой работы выставляется в соответствии с приведенными ниже критериями:

Оценка "отлично" ставится за защиту, которая показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры.

Оценка "хорошо" ставится за защиту, отличающуюся глубиной и полнотой раскрытия темы, обнаруживающее прочные знания основных процессов изучаемой предметной области; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры. Однако допускается одна - две неточности в докладе или ответах на вопросы.

Оценка "удовлетворительно" ставится в случае, если защита свидетельствует в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличается недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры. Допускается несколько ошибок в содержании доклада или ответов на вопросы.



Основная профессиональная образовательная программа  
04.03.01 Химия  
(Медицинская и фармацевтическая химия)

Оценка "неудовлетворительно" ставится за защиту, обнаруживающую незнание процессов изучаемой предметной области, отличающуюся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы. Допускаются серьезные ошибки в содержании доклада или ответов на вопросы.

#### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

##### Основная литература

1. Виноградова Т. В. , Брусницына Л. А. Кинетика простых гомогенных реакций. Учебное пособие. Издат. Уральского университета, -2014. 76 с. ISBN: 978-5-7996-1103-3. Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=276014](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=276014)
2. Науменко О.А. Основы строения и кинетики ферментов в биологических системах: учебное пособие. Оренбург. ОГУ. 2017, 183 с. ISBN: 978-5-7410-1666-4. ББК: 28.072я73. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469374>

##### Дополнительная 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. Плакунов В.К. Основы энзимологии: учебное пособие / В.К. Плакунов. - Москва : Логос, 2002. - 127 с. : ил., табл., схем. - ISBN 5-94010-027-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84687>.

##### 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 Internet Explorer, Мой университет.

#### 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 промежу-





Основная профессиональная образовательная программа  
04.03.01 Химия  
(Медицинская и фармацевтическая химия)

точной аттестации, выполнения курсовых работ (проектов) 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).



Основная профессиональная образовательная программа  
04.03.01 Химия  
(Медицинская и фармацевтическая химия)

**Автор рабочей программы дисциплины:**

профессор кафедры органической и физической химии, проф., д.х.н. Иванов С.Н.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры органической и физической химии

« 5 » июня 20 19 г., протокол № 14

Программа обновлена

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

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ Л.Б. Кочетова  
(подпись)

Программа обновлена

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

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)  
(подпись)

Программа обновлена

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

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)  
(подпись)