

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский  
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

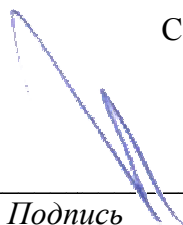
Факультет Естественных Наук

---

СОГЛАСОВАНО

Декан ФЕН

Резников В. А.

  
Подпись

5 октября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ БИОПОЛИМЕРОВ**

направление подготовки: 04.04.01 Химия

направленность (профиль): Химия

Форма обучения: очная

Разработчики:

Академик РАН, д.х.н., проф. Лаврик Ольга Ивановна

Зав. Кафедрой МБиБ

Академик РАН, д.х.н. Власов В.В.

Руководитель программы:

чл.-корр. РАН, проф. Нетесов С.В.

Новосибирск, 2020

## Содержание

<b>Содержание</b> .....	<b>2</b>
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	3
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося .....	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	4
5. Программа курса лекций .....	6
6. Перечень учебной литературы .....	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	8

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
	знать	уметь	владеть
<b>М-ПК-5.</b> Способен выбирать обоснованные подходы к анализу связи структура-свойство и к конструированию веществ и материалов с заданными химическими, физическими, физико-химическими свойствами и/или биологической активностью.	Основные принципы биокатализа, методы определения параметров ферментативного процесса, величин скоростей, констант в стационарном и предстационарном режиме, констант диссоциации фермент-субстратных комплексов и ингибирования ферментативных реакций.	Применять теоретические знания для решения практических задач ферментативной кинетики.	Представлением о том, каким образом протекают ферментативные реакции, каким законам удовлетворяет их описание. В чем природа специфичности и эффективности ферментативного катализа, каково строение ферментов различных классов.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения дисциплины  
Физическая химия биополимеров:

Математика (высшая алгебра, математический анализ, математическая статистика);

Физика (электромагнитное излучение, дифракция);

Неорганическая химия (строение и свойства атомов, периодический закон, строение молекул, теория химической связи, стереохимия);

Физическая химия (природа химической связи в молекулах и кристаллах, химическая термодинамика, химическая кинетика);

Органическая химия (классификация и номенклатура соединений, строение молекул, изомерия);

Аналитическая химия;

Введение в биологию;

Молекулярная биология (структура и функции белков и нуклеиновых кислот, гены и геномы, самоорганизация живых систем).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины:

Молекулярная биология;

Молекулярная вирусология;

Генетическая инженерия.

**3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося**

Трудоемкость дисциплины – 3 з.е. (108 ч)

Форма аттестации: экзамен

№	Вид деятельности	Семестр 2
1	Лекции, ч	32
2	Практические занятия, ч	16
3	Контактная работа при аттестации, ч	2
4	Консультации, ч	2
5	Самостоятельная работа, ч.	56
	Всего, ч	108

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**2 семестр**

Лекции (32 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Введение	2
Структурная организация активных центров ферментов. Строение активных центров ферментов на примерах карбоксипептидазы, рибонуклеазы, химо tripsина	4
Специфические взаимодействия биополимеров с лигандами	2
Стационарная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса – Ментен	2
Ингибирование ферментативных реакций	2
Механизмы аллостерической регуляции в ферментативном катализе	2
Многосубстратные ферментативные реакции	2
Нестационарная кинетика ферментативных реакций	4
Применение группоспецифической химической модификации для изучения структуры и функции активных центров ферментов	2
Аффинная модификация ферментов	4
Сайт-направленный мутагенез. Применение для исследования механизмов ферментативного катализа	2
Механизмы специфического отбора субстратов	2
Вклад рентгеноструктурного анализа в изучение структуры и функции ферментов	2

Практические занятия (16 ч)

Содержание практического занятия	Объем, час
Семинар «Введение в кинетику ферментативных реакций»	4
Семинар «Ингибирование ферментативных реакций»	2
Семинары «Введение в теорию графов»	2
Семинар «Теория графов. Решение задач»	2
Семинар «Аффинная модификация биополимеров»	4
Семинар «Практическое занятие по применению современных программ для обработки кинетических данных»	2

Самостоятельная работа студентов (56 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем,

	час
Подготовка к практическим занятиям	16
Выполнение домашних заданий	16
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	14
Подготовка к экзамену	10

## 5. Программа курса лекций

### *Лекция 1*

Введение в физическую химию биополимеров. Кинетика как инструмент изучения механизмов ферментативных реакций. Скорость ферментативных реакций, способы выражения. Зависимость скорости реакции от концентрации фермента. Причины отклонения от линейности. Влияние концентрации субстрата на скорость ферментативных реакций. Условие стационарности.

### *Лекция 2*

Структурная организация активных центров ферментов. Строение активных центров ферментов на примерах карбоксипептидазы, рибонуклеазы, химотрипсина.

Активный центр ферментов. Участие его в формировании всех уровней структурной организации биополимера. Строение активных центров ферментов на примере карбоксипептидазы, рибонуклеазы, химотрипсина

### *Лекция 3*

Специфические взаимодействия биополимеров с лигандами.

Комплексы биополимеров с лигандами. Специфические взаимодействия. Методы определения констант равновесия.

### *Лекция 4*

Стационарная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса – Ментен.

Стационарная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Физический смысл параметров уравнения Михаэлиса ( $K_M$ ,  $V_{max}$ ). Значение параметра  $k_{cat}/K_M$ . Порядок величин. Методы их определения.

### *Лекция 5*

Ингибирование ферментативных реакций.

Обратимые и необратимые ингибиторы. Типы ингибирования. Методы описания и определения констант ингибирования. Применение элементов теории графов для вывода кинетических уравнений в стационарном режиме.

### *Лекция 6*

Механизмы аллостерической регуляции в ферментативном катализе.

Аллостерические ферменты. Структурная организация. Механизм действия. Типы кооперативности.

### *Лекция 7*

Многосубстратные ферментативные реакции.

Многосубстратные ферментативные реакции. Уравнения, описывающие эти реакции. Определение параметров в стационарном режиме. Метод двойных обратных анаморфоз. Порядок присоединения субстратов. Методы его определения.

#### *Лекция 8*

Нестационарная кинетика ферментативных реакций.

#### *Лекция 9*

Применение группоспецифической химической модификации для изучения структуры и функции активных центров ферментов.

#### *Лекция 10*

Аффинная модификация ферментов.

Конструирование аффинных реагентов. Кинетические закономерности аффинной модификации. Использование аффинной модификации для изучения структуры и функции ферментов. Метод "каталитически компетентного мечения"

#### *Лекция 11*

Сайт-направленный мутагенез. Применение для исследования механизмов ферментативного катализа.

#### *Лекция 12*

Механизмы специфического отбора субстратов.

Коррекция ошибок в реакциях, катализируемых ДНК-полимеразами и аминоксил-тРНК синтетазами

#### *Лекция 13*

Вклад рентгеноструктурного анализа в изучение структуры и функции ферментов.

Примеры строения и механизма действия отдельных ферментов: карбоксипептидаза, химотрипсин, рибонуклеаза. Вклад рентгеноструктурного анализа в изучение структуры и функции ферментов (изучение нуклеотидосвязывающих ферментов, оксидоредуктаз, ДНК-полимераз и других белков).

### **6. Перечень учебной литературы**

1. Аффинная модификация биополимеров / Под ред. Д. Г. Кнорре Новосибирск: Наука, 1981.
2. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты: в 3 т. М.: Мир, 1982.
3. Кнорре Д. Г., Мызина С. Д. Биологическая химия. М.: Высш. шк., 2003.
4. Корниш-Боуден Э. Основы ферментативной кинетики. М.: Мир, 1979.
5. Курганов Б. И. Аллостерические ферменты. М.: Мир, 1980.
6. Лаврик О. И. Методы количественной оценки взаимодействия биополимеров с лигандами. Новосибирск: НГУ, 1988.
7. Фершт Э. Структура и механизм действия ферментов. М.: Мир, 1980.

8. Лаврик О.И., Дырхеева Н.С. Основы ферментативного катализа, Новосибирск: НГУ, 2012.
9. Варфоломеев С.Д. Химическая энзимология: Учебник. – М.: Издательский центр «Академия», 2005.

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

При освоении дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через электронную почту.

##### **7.1 Современные профессиональные базы данных:**

Не используются.

##### **7.2 Информационные справочные системы**

Не используются.

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

8.1 Перечень программного обеспечения

Windows и MicrosoftOffice

8.2 Информационные справочные системы

Не используются.

#### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для реализации дисциплины Физическая химия биополимеров используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, итоговой аттестации;

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

#### **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

Перечень результатов обучения по дисциплине «Физическая химия биополимеров» и индикаторов их достижения представлен в виде знаний, умений и владений в разделе 1.

##### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

###### **Текущий контроль успеваемости:**

На семинарах проводятся самостоятельные работы. Студентам задаются домашние задания и доклады на заданную тему.



Для того, чтобы быть допущенным к экзамену, студент должен выполнить следующее:

- в ходе прохождения дисциплины посетить не менее 70 % занятий;
- выполнить все задания по самостоятельной работе.

**Промежуточная аттестация:**

Экзамен

**Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Физическая химия биополимеров»**

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
М-ПК-5. Способен выбирать обоснованные подходы к анализу связи структура-свойство и к конструированию веществ и материалов с заданными химическими, физическими, физико-химическими свойствами и/или биологической активностью	Иметь представление о том, каким образом протекают ферментативные реакции, каким законам удовлетворяет их описание. В чем природа специфичности и эффективности ферментативного катализа, каково строение ферментов различных классов.	Самостоятельные работы
	Знание основных принципов биокатализа, методов определения параметров ферментативного процесса, величин скоростей, констант в стационарном и предстационарном режиме, констант диссоциации фермент-субстратных комплексов и ингибирования ферментативных реакций. Умение применять теоретические знания для решения практических задач ферментативной кинетики.	Экзамен

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<b>Экзамен:</b> – знание строения, структуры и свойств ферментов, физико-химических закономерностей их работы, – полнота их понимания и изложения, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, – точность и корректность применения терминов и понятий, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся может допустить непринципиальные неточности.	<i>Отлично</i>
<b>Экзамен:</b> – знание строения, структуры и свойств ферментов, физико-химических закономерностей их работы,	<i>Хорошо</i>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– полнота их понимания и изложения,</li> <li>– самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала,</li> <li>– точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок,</li> <li>– наличие неполных ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul> <p>При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся может допустить неприципиальные неточности.</p>	
<p><b><u>Экзамен:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– неполное представление о строении, структуре и свойствах ферментов, физико-химических закономерностях их работы,</li> <li>– частичное понимание и неполное изложение материала, ошибки в терминологии,</li> <li>– самостоятельность и осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации</li> <li>– наличие неполных и/или содержащих несущественные ошибки ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul>	<i>Удовлетворительно</i>
<p><b><u>Экзамен:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– фрагментарное и недостаточное знание о строении, структуре и свойствах ферментов, физико-химических закономерностях их работы,</li> <li>– непонимание причинно-следственных связей,</li> <li>– отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала,</li> <li>– грубые ошибки в применении терминов и понятий,</li> <li>– отсутствие ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul>	<i>Неудовлетворительно</i>

***Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения***

Вопросы к экзамену соответствуют программе курса

**Примеры вопросов на экзамене:**

1. Основные положения химической кинетики.
2. Скорость ферментативных реакций, способы выражения.
3. Понятие стационарности ферментативного процесса.
4. Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации фермента. Причины отклонения от линейности.
5. Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата. Уравнение Михаэлиса-Ментен.
6. Константы  $K_S$ ,  $K_M$ ,  $V_{max}$ . Число оборотов ферментов.
7. Методы определения  $K_M$  и  $V_{max}$  (Лайнуивера-Берка, Вульфа-Хайнса, ИдиХофсти, Эйзенталя-Корниш-Боуден).
8. Кинетика одно-субстратных ферментативных реакций.
9. Кинетика двух-субстратных ферментативных реакций.
10. Кинетическая классификация ингибиторов. Константа ингибирования ( $K_I$ ).
11. Конкурентное ингибирование.
12. Неконкурентное ингибирование.
13. Смешанное ингибирование.
14. Бесконкурентное ингибирование.
15. Методы расчета ингибиторных констант. Графические методы анализа типов ингибирования. Метод Диксона.
16. Необратимые ингибиторы. Способы анализа необратимого торможения.
17. Ингибирование ферментативных реакций. Способы обработки экспериментальных данных.
18. Обработка экспериментальных данных при изучении кинетики двухсубстратных ферментативных реакций. Анализ первичных и вторичных графиков.

Оценочные материалы по аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины  
«Физическая химия биополимеров»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Ученого совета ФЕН	Подпись ответственного

