

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»  
Химический факультет  
Кафедра биохимии и органической химии

УТВЕРЖДАЮ  
проректор



П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.

МП

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«МЕХАНИЗМЫ ФЕРМЕНТАТИВНОГО КАТАЛИЗА»**

Укрупненная группа направлений подготовки	04.00.00 Химия
Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	04.04.01 Химия
Магистерская программа	Химия
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная, очно-заочная

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Механизмы ферментативного катализа» для обучающихся по направлению подготовки 04.04.01 Химия (Магистерская программа: Химия), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 655 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

заведующий кафедрой биохимии и органической химии,

канд. хим. наук, доцент



О.В. Баранова

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры биохимии и органической химии.  
Протокол от 26.03.2024 г. № \_\_9\_\_

Заведующий кафедрой



О.В. Баранова

СОГЛАСОВАНО:

Декан химического факультета  
28.03.2024 г.



С.Г. Бахтин

Учебно-методическая комиссия химического факультета  
Протокол от 27.03.2024 г. № 2  
Председатель



Р.И. Лыга

Руководитель основной профессиональной образовательной программы,  
д-р хим. наук, проф.  
28.03.2024 г.



А.С. Алемасова

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Органическая химия, Биохимия.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Производственная практика: научно-исследовательская работа (обязательная),  
Производственная практика: преддипломная практика (обязательная).

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	01.04.05 Химия (Магистерская программа: Химия)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.6 Механизмы ферментативного катализа
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	2 / 72

### 2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	2	1	11	22		39	72	экзамен
Очно-заочная	2	1	3	6		63	72	экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Исследование строения активных центров ферментов; рассмотрение типов органического катализа в активном центре ферментов; установление молекулярных основ каталитического действия ферментов и доказательство механизмов с привлечением модельных систем.

## 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-1 Способен выбирать и использовать технические	Систематизирует результаты химических экспериментов и предлагает их	<b>Знает</b> теоретические основы в области ферментативного катализа <b>Умеет</b> формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-

средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности	интерпретацию	теоретических работ химической направленности
---	---------------	---

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Тема	Краткое содержание темы (вопросы темы)
<b>Раздел 1. Механизмы действия ферментов-простых белков: серин-гистидиновые и цистеин-гистидиновые ферменты.</b>	
<b>Тема 1.</b> Механизм действия серин-гистидиновых гидролаз	Химотрипсин, трипсин, эластаза. Общая характеристика, структура активного центра, идентификация аминокислотных остатков, находящихся в активном центре фермента и обеспечивающих реализацию каталитического акта. Механизм действия химотрипсина, трипсина, эластазы, модельные системы. Холинэстеразы. Общая характеристика, структура активного центра. Доказательства строения активного центра холинэстеразы. Ингибиторы холинэстераз, двустадийный механизм действия холинэстераз. Ингибирование и реактивация ацетилхолинэстеразы
<b>Тема 2.</b> Механизм действия гистидин-цистеиновых ферментов.	Киназы. Общая характеристика, строение, специфичность, структура активного центра и механизм каталитического действия гексокиназы, глюкокиназы, креатинкиназы, пируваткиназы, глицеролкиназы. Двустадийный и одностадийный механизм действия. Доказательства механизма методом меченых атомов. Гликозидазы. Общая характеристика, строение, специфичность действия, структура активного центра и механизм каталитического действия. Папаин и фицин. Общая характеристика, строение, специфичность, структура активного центра и механизм каталитического действия.
<b>Раздел 2 Механизм действия ферментов - простых белков: дигистидиновые ферменты, ферменты, содержащие в активном центре две карбоксильные группы.</b>	
<b>Тема 1.</b> Дигистидиновые ферменты	Фумараза. Структура активного центра и механизм каталитического действия; стереоспецифичность. Механизм каталитического действия енолазы. Общая характеристика, строение, специфичность, структура активного центра и механизм каталитического действия. Рибонуклеаза. Общая характеристика, строение, специфичность, механизмы и особенности нуклеофильного замещения у тетракоординационного атома фосфора. Понятие о псевдовращении. Структура активного центра и механизм каталитического действия рибонуклеазы, модельные системы.

<b>Тема 2.</b> Механизм действия ферментов, содержащих в активном центре две карбоксильные группы.	Пепсин. Общая характеристика, пути активации, строение, специфичность, структура активного центра и механизм каталитического действия, модельные системы. Доказательства механизма. Лизоцим. Общая характеристика, строение адсорбционного центра, каталитический центр, пути доказательства структуры активного центра.
--	--

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Форма обучения – очная

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1 Механизм действия серин-гистидиновых гидролаз	5	22		20	47
Тема 1 Механизм действия серин-гистидиновых гидролаз	3	22		12	37
Тема 2 Механизм действия гистидин-цистеиновых ферментов.	2	-		8	10
Раздел 2 Механизм действия ферментов - простых белков: дигистидиновые ферменты, ферменты, содержащие в активном центре две карбоксильные группы.	6			19	25
Тема 1 Дигистидиновые ферменты	2	-		8	10
Тема 2 Механизм действия ферментов, содержащих в активном центре две карбоксильные группы.	4	-		11	15
<b>ИТОГО ЗА КУРС</b>	<b>11</b>	<b>22</b>		<b>39</b>	<b>72</b>

Форма обучения – очно-заочная

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1 Механизм действия серин-гистидиновых гидролаз	2	6		20	28
Тема 1 Механизм действия серин-гистидиновых гидролаз	1	6		10	17
Тема 2 Механизм действия гистидин-цистеиновых ферментов.	1			10	11
Раздел 2 Механизм действия ферментов - простых белков: дигистидиновые ферменты, ферменты, содержащие в активном центре две карбоксильные группы.	1			43	44
Тема 1 Дигистидиновые ферменты	0,5			20	20,5
Тема 2 Механизм действия ферментов, содержащих в активном центре две карбоксильные группы.	0,5			23	23,5
<b>ИТОГО ЗА КУРС</b>	<b>3</b>	<b>6</b>		<b>63</b>	<b>72</b>

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

#### Раздел 1

1. Нуклеофильное замещение у карбонильного атома углерода.
2. Типы органического катализа
3. Химотрипсин.
4. Трипсин.
5. Эластаза.
6. Холинэстераза.

#### Раздел 2

7. Гексокиназа.
8. Глюкокиназа.
9. Креатинкиназа
10. Пируваткиназа
11. Глицеролкиназа
12.  $\beta$ -Галактозидаза.
13. Папаин и фицин.
14. Фумараза.
15. Енолаза.
16. Рибонуклеаза.
17. Пепсин
18. Лизоцим.

### 7.2. Темы докладов (рефератов)

### 7.3. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

### 7.4. Образец содержания экзаменационного билета

#### **ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Химический факультет

<i>Направление подготовки:</i>	<b>04.01.01 Химия</b>
<i>Магистерская программа:</i>	<b>химия</b>
<i>Программа подготовки:</i>	<b>академическая магистратура</b>
<i>Семестр</i>	<b>3</b>
<i>Учебная дисциплина</i>	<b>Механизмы ферментативного катализа</b>

#### БИЛЕТ №1

1. Активный центр фермента
2. Папаин и фицин, структура активного центра, механизм каталитического действия, системы, моделирующие активный центр папаина.

Утверждено на заседании кафедры биохимии и органической химии,  
протокол № \_\_\_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой  
Экзаменатор

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

#### 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Выполнение лабораторных работ	15
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы	25
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

#### Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D		зачтено
60-69	E	удовлетворительно	зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

## 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой и доской. Лабораторные занятия проводятся в учебной лаборатории «Специальные методы исследования в биохимии», оснащенной специальным лабораторным оборудованием и в компьютерном классе, оборудованном компьютерами с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, столами, доской.



## 11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Попов А.Ф., Малеева Н.Т., Капитанов И.В. Молекулярные основы действия ферментов. Учебное пособие для студентов специальности «Биохимия»/ А.Ф. Попов. – Донецк: ДонНУ, 2010. – 132 с.
2. Попов А.Ф., Малеева Н.Т., Баранова О.В., Капитанов И.В. Ферменты: структура, механизм действия, модельные системы: учебно-методическое пособие/А.Ф. Попов.- Донецк: ДонНУ, 2012. – 66 с.
3. Попов А.Ф., Малеева Н.Т., Баранова О.В. Структура и механизм действия ферментов: учебное пособие/А.Ф. Попов.- Донецк: ДонНУ, 2009. – 91 с.
4. Нельсон, Д. Л. Основы биохимии Ленинджера : в 3 т. / Д. Нельсон, М. Кокс ; пер. с англ. Т. П. Масоловой [и др.] ; под ред. А. А. Богданова, С. Н. Кочеткова. Т.1. Основы биохимии. Строение и катализ. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 -694 с.
5. Овчинников Ю. А. Биоорганическая химия / Ю. А. Овчинников. – М.: Просвещение, 1987. – 815 с.
6. Северин Е. С. Биохимия / Е. С. Северин. – М.: ГЭОТАР – МЕД., 2007. – 784 с.
7. Уайт А. Основы биохимии. в 3 т. / А. Уайт, Ф. Хендлер, Э. Смит и др. – М.: Мир, 1981. – Т. 1 – 1981. – 534 с.; Т. 2 – 1981. – 617 с.; Т. 3 – 1981. –726 с.

## 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

## 13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).