

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт фундаментальной медицины и биологии
Высшая школа биологии



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е.А. Турилова

28 февраля 2025 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Энзимология

Направление подготовки: 06.03.01 - Биология

Профиль подготовки: Биология

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): профессор, д.н. Абрамова З.И. (кафедра биохимии, биотехнологии и фармакологии, Центр биологии и педагогического образования), Zinaida.Abramova@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен применять знание биологического разнообразия и использовать методы наблюдения, идентификации, классификации, воспроизведения и культивирования живых объектов для решения профессиональных задач;
ПК-2	Способен использовать теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области биологии и биомедицины

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- теоретические основы биологического разнообразия на разных уровнях организации живых систем использует их при анализе и интерпретации результатов наблюдений, в решении профессиональных задач.
- основные принципы и подходы в практике современных исследований биологической, экологической, биомедицинской направленности при решении исследовательских задач в выбранной области биологии.
- принципы поиска и отбора научной информации, необходимой для постановки и решения стандартных или исследовательских задач биологической, экологической либо биомедицинской направленности.

Должен уметь:

- применять методы анализа, классификации и основные методические подходы к изучению биологического разнообразия
- критически анализировать биологическую информацию
- использовать знание сложившейся практики решения исследовательских задач биологической, экологической либо биомедицинской направленности владеть навыком использования знания сложившейся практики решения исследовательских задач биологической, экологической либо биомедицинской направленности
- вести поиск и отбор научной информации, необходимой для решения задач биологической, экологической либо биомедицинской направленности

Должен владеть:

- навыками систематизации и анализа результатов наблюдений, идентификации, классификации, измерений, интерпретирует полученные результаты при решении профессиональных задач, с привлечением теоретических сведений из разных областей биологии
- навыками поиска и отбора научной информации, необходимой для постановки и решения стандартных либо исследовательских задач биологической, экологической, биомедицинской направленности

Должен демонстрировать способность и готовность:

- приобретать и анализировать новые знания по данной дисциплине и применять полученные знания на практике и при изучении других дисциплин.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.07.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 06.03.01 "Биология (Биология)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 60 часа(ов), в том числе лекции - 24 часа(ов), практические занятия - 36 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 93 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 27 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 8 семестре.

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

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- сто- тель- ная ра- бота
			Лекции всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Энзимология-содержание и задачи. Краткие исторические сведения. Ключевая биологическая роль ферментов: биологический катализ, регуляция обмена веществ, обеспечение жизненно важных процессов, разнообразие.	8	2	0	4	0	0	0	10
2.	Тема 2. Организация ферментов в клетках и тканях: основные свойства ферментов, лежащие в основе методов исследования ферментов. Методы изучения ферментов.	8	2	0	4	0	0	0	10
3.	Тема 3. Природа ферментов: фолдинг белка-значение процесса в осуществлении ферментами биологических функций.	8	4	0	4	0	0	0	10
4.	Тема 4. Структура ферментов. Домены. Активный центр фермента.	8	2	0	4	0	0	0	10
5.	Тема 5. Методические подходы к пониманию механизма действия ферментов. Ферментативный катализ.	8	4	0	4	0	0	0	12
6.	Тема 6. Ферменты - "дирижеры". Факторы, определяющие активность ферментов.	8	2	0	4	0	0	0	10
7.	Тема 7. Кофакторы и коферменты	8	2	0	4	0	0	0	10
8.	Тема 8. Регуляция активности ферментов, связь с классификацией ферментов (6 классов.) и номенклатурой, которые определяют тип катализируемой реакции и структуру фермента	8	4	0	4	0	0	0	10

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-мestr	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)							Само-стое-тель-ная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме		
9.	Тема 9. Медицинская энзимология. Три основных направления: энзимопатология-изучение механизмов развития заболеваний, связанных с нарушениями ферментативной активности; энзимодиагностика-использование ферментов для выявления болезней; энзимотерапия-целенаправленное введение ферментов для лечения	8	2	0	4	0	0	0	11	
	Итого		24	0	36	0	0	0	93	

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Энзимология-содержание и задачи. Краткие исторические сведения. Ключевая биологическая роль ферментов: биологический катализ, регуляция обмена веществ, обеспечение жизненно важных процессов, разнообразие.

Аннотация: Рассматривается возникновение науки "Энзимология" в историческом аспекте.

Вопросы для изучения:

Энзимология, ее содержание и задачи. Развитие учения о ферментах. Биологическая роль ферментов. Вклад отечественных и зарубежных ученых: А.Я. Данилевский и А.Н. Бах - основоположники отечественной биохимии. Работы Э.Фишера, Р.Вильштеттера, Л. Михаэлиса, Д. Самнера, Д. Нортропа.

Современное состояние и перспективы развития энзимологии. Эволюция катализаторов. Биологические катализаторы белковой и небелковой природы. Рибозимы. Абзимы. Общие и специфические свойства ферментов.

Значение энзимологических исследований для медицины, промышленности, сельского хозяйства, биотехнологии и физико-химической биологии.

Тема 2. Организация ферментов в клетках и тканях: основные свойства ферментов, лежащие в основе методов исследования ферментов. Методы изучения ферментов.

Аннотация: Методы выделения, очистки и изучения ферментов рассматриваются во взаимосвязи со свойствами ферментов.

Вопросы для изучения: Физико-химические свойства ферментов, лежащие в основе выделения очистки ферментов: Относительная молекулярная масса. Растворимость, гидратация, амфотерность ферментов, их изоэлектрическая точка (ИЭТ). Термостабильность. Оптические свойства ферментов. Общие правила работы с ферментами. Способы гомогенизации объектов, компоненты среды гомогенизации, стабилизирующие ферменты. Экстракция: осаждение путем изменения температуры, pH, концентрации нейтральных солей (высаливание), органическими растворителями. Причины и степень обратимости осаждения. Хроматография и электрофорез: теоретические принципы методов, виды. Контроль за ходом очистки ферментов, критерии чистоты ферментативного препарата. Хранение ферментных препаратов. Лиофильная сушка.

Тема 3. Природа ферментов: фолдинг белка-значение процесса в осуществлении ферментами биологических функций.

Аннотация: тема лекции посвящена доказательствам белковой природы ферментов. Роли фолдинга при формировании активного центра фермента, который определяет каталитические свойства ферментов.

Вопросы для изучения: Простые и сложные ферменты. Холофермент, апофермент, коферменты: кофакторы и простетические группы. Функции белковой и небелковой частей. Первичная, вторичная, третичная, четвертичная структуры ферментов и методы исследования этих уровней структурной организации. Сверхвторичная структура и домены. Роль четвертичной структуры в регуляции ферментативной активности. Фолдинг ферментов (принципы пространственной организации молекулы фермента, проблемы сворачивания полипептидной цепочки в нативную конформацию, ее важность для энзимологии; современные представления о механизмах формирования пространственной структуры белка; иерархический принцип сворачивания; промежуточные состояния в процессе организации нативной конформации; современное состояние знаний о белках теплового шока и структуре шаперонов).

Тема 4. Структура ферментов. Домены. Активный центр фермента.

Аннотация: Лекция посвящена особенностям строения активного центра молекулы фермента, роли мультидоменной организации молекулы в определении ее функциональных свойств. Обращается внимание на роль подвижности доменов в катализе. Уделяется внимание структурным основам реализации феномена индуцированного соответствия

Вопросы для изучения: Домены и формирование пространственной структуры белка. Домены, их структурные и функциональные характеристики; роль мультидоменной организации молекулы фермента в определении ее функциональных свойств, формирование активного центра на границе между доменами. Роль подвижности доменов в катализе, структурные основы реализации феномена индуцированного соответствия, регуляторные домены, домены, обеспечивающие связывание с мембранами. Активные центры ферментов, их топография. Методы выявления функциональных групп активных центров. Каталитический и сорбционный (якорный) подцентры (сайты) активного центра, их функции. Формирование активного центра. Аминокислоты, входящие в активный центр. Методы установления структуры активных центров. Особенности микросреды активного центра. Примеры строения активных центров ряда ферментов: химотрипсина, карбоксипептидазы А и др. Надмолекулярная организация ферментов. Мультиферментные комплексы. Мультиферментные коньюгаты (полифункциональные ферменты). Динамические ассоциаты. Метаболоны. Примеры. Взаимосвязь структуры и функции отдельных ферментов, и их комплексов.

Тема 5. Методические подходы к пониманию механизма действия ферментов. Ферментативный катализ.

Аннотация: Тема посвящена особенностям роли ферментов в обмене веществ, т.е. превращению субстрата в продукт, Особо обращается внимание, что такие реакции протекают в организме с чрезвычайно большой скоростью только в присутствии ферментов. Причем ферменты не являются компонентами реакций, а лишь ускоряют достижение равновесия увеличивая скорость как прямого, так и обратного превращения. Ускорение реакции происходит за счет снижении энергии активации - того энергетического барьера, который отделяет одно состояние системы (исходное химическое соединение) от другого (продукт реакции).

Вопросы для изучения: Механизм действия ферментов: энергия химической реакции. Уравнение Аррениуса. Энергетический барьер реакции и энергия активации не ферментативных и ферментативных реакций. Функция фермента. Образование фермент-субстратных комплексов. Использование энергии связывания фермента с субстратом в катализе; природа сил, стабилизирующая различные конформационные состояния системы фермент-субстрат (водородные связи, гидрофобные взаимодействия и др.); Этапы ферментативного катализа. Молекулярные механизмы ферментативного катализа: а) кислотно-основной катализ. Аминокислоты, участвующие в кислотно-основном катализе. Механизм кислотно-основного катализа на примере алкогольдегидрогеназы печени; б) ковалентный катализ. Механизм ковалентного катализа в активном центре химотрипсина

Кинетика ферментативных реакций: определение. Эффективность действия ферментов. Зависимость скорости реакции от концентрации субстрата. Теория Михаэлиса-Ментен. Константы скоростей образования и распада фермент-субстратных комплексов (малые константы). Интегральные константы ферментативной реакции: максимальная скорость реакции, константа сродства и константа Михаэлиса. Уравнения ферментативной реакции Михаэлиса-Ментен и Холдейна-Бриггса. Численное значение константы Михаэлиса и ее практическое значение. Определение константы Михаэлиса и максимальной скорости реакции по методу Лайнувера-Берка

Тема 6. Ферменты - "дирижеры". Факторы, определяющие активность ферментов.

Аннотация: Тема посвящена раскрытию термина "ферменты-дирижеры". В каждой ферментной системе есть хотя бы один фермент, выполняющий роль дирижера, который задает скорость всей последовательности реакций т.к. он катализирует лимитирующую (самую медленную) стадию, определяя тем самым скорость всего процесса. Они способны повышать и понижать каталитическую активность в ответ на определенные сигналы. Т.е. они задают темп метаболическим процессам. Некоторые регуляторные ферменты, называемые аллостерическими, регулируют скорость реакций путем обратимого не ковалентного присоединения специфических модуляторов, или эффекторов, к регуляторному, или аллостерическому, центру фермента. Такими модуляторами могут быть либо сами субстраты, либо какие-то промежуточные продукты метаболизма. К другому классу относятся регуляторные ферменты, способные изменять свою активность путем ковалентной модификации содержащихся в них специфических функциональных групп, необходимых для активности фермента. Некоторые ферменты существуют в нескольких формах, называемых изоферментами, которые различаются по своим кинетическим характеристикам.

Вопросы для изучения: Аллостерические ферменты: изменение конформации под действием эффекторов. Виды аллостерической регуляции: Два основных класса регуляторных ферментов: аллостерические и ферменты, регулируемые путем их ковалентной модификации. Аллостерический центр. Аллостерические эффекторы: гомотропная и гетеротропная аллостерическая регуляция. Ковалентная модификация ферментов: протеолиз и регуляция путем фосфорилирования - дефосфорилирования. Частичный протеолиз. Ингибиование ферментов. Ингибиторы. Определение. Специфические ингибиторы: избирательное ингибиторное действие на ферменты. Типы ингибиования: обратимое и необратимое ингибиование. Обратимое ингибиование: конкурентное и неконкурентное. Примеры. Конкурентное ингибиование Примеры. Метод конкурентного торможения в медицинской практике. Антиметаболиты как лекарственные препараты. Изоферменты и мультиферменты: особенности структурной организации, биологическая роль

Тема 7. Кофакторы и коферменты

Аннотация: Большинство ферментов для проявления ферментативной активности нуждается в низкомолекулярных органических соединениях небелковой природы (коферментах) и/или в ионах металлов (кофакторах).

Термин. "кофермент" был введен в начале XX века и обозначал часть некоторых ферментов, которая легко отделялась от белковой молекулы фермента и удалялась через полупроницаемую мембрану при диализе. Несколько позже было выяснено, что большинство ферментов состоит из термолабильной белковой части и термостабильного небелкового фактора - кофермента. Белковая часть получила название "апофермент", который в отсутствие кофермента не обладает катализической активностью. Кофермент с белковой молекулой (апоферментом) формируют молекулу холофермента, обладающую катализической активностью.

Вопросы для изучения: 1. Кофакторы. 1.1. Роль металлов в присоединении субстрата в активном центре фермента (Ионы металлов - стабилизаторы молекулы субстрата; Ионы металла - стабилизаторы активного центра фермента); 1.2. Роль металлов в стабилизации третичной и четвертичной структуры фермента; 1.3. Роль металлов в ферментативном катализе (Участие в электрофильном катализе; Участие в окислительно-восстановительных реакциях); 1.4. Роль металлов в регуляции активности ферментов. 2. Коферменты: 2.1. Мультисубстратные реакции; 2.2. Последовательный механизм.

Тема 8. Регуляция активности ферментов, связь с классификацией ферментов (6 классов.) и номенклатурой, которые определяют тип катализируемой реакции и структуру фермента

Аннотация: Одним из уникальных свойств живых организмов является удивительная способность к сохранению сбалансированности: катаболических (биодеградативных) и анаболических (биосинтетических) процессов. Важным свойством ферментов является способность проявлять активность, соответствующую потребностям клетки и всего организма. Это возможно благодаря существованию специальных механизмов, позволяющим ферментам реагировать на изменение метаболизма в клетке и воспринимать сигналы из окружающей среды. Повышение или понижение скорости отдельных реакций осуществляется путем изменения количества фермента (для этого требуются часы) или его активности (это происходит очень быстро) либо используются оба механизма. При этом в клетках одновременно совершаются процессы синтеза, распада и взаимопревращения тысяч разнообразных веществ, которые в свою очередь регулируются множеством механизмов, обеспечивающих постоянство внутренней среды организма. Некоторые из этих регуляторных механизмов, среди которых важная роль принадлежит механизмам регуляции синтеза и катализической активности ферментов, мы рассмотрим. Активность ферментов в клетке непостоянна во времени. Ферменты чутко реагируют на ситуацию, в которой оказывается клетка, на факторы, воздействующие на нее как снаружи, так и изнутри.

Главная цель такой чувствительности ферментов - отреагировать на изменение окружающей среды, приспособить клетку к новым условиям, дать ответ на гормональные и иные стимулы, а в некоторых ситуациях - получить шанс выжить.

Вопросы для изучения: Автономная саморегуляция ферментативных процессов. Два принципа саморегуляции ферментов. Уникальные свойства живых организмов - способность к сохранению сбалансированности катаболических (биодеградативных) и анаболических (биосинтетических) процессов. Способность проявлять активность, соответствующую потребностям клетки и всего организма. Механизмы регуляции синтеза и катализической активности ферментов. Характеристика активности ферментов в клетке. Способы регуляции активности ферментов: регуляция временем его синтеза и распада. Изменение количества фермента. Ограниченный (частичный) протеолиз проферментов. Регуляция активности ферментов путем ассоциации-диссоциации протомеров. Белок-белковое взаимодействие или регуляция путем ассоциации-диссоциации субъединиц в олигомерном ферменте. Ковалентная (химическая) модификация: Фосфорилирование и дефосфорилирование - обратимая ковалентная модификация. Что означает выражение "активность фермента"? Определение. Стандартная международная единица (Е или U). Международная система единиц (СИ) (кат, kat). Общая активность. Удельная активность фермента. Число оборотов фермента или молярная активность. Какие три переменные нужно одновременно учитывать при определении активности ферментов. Основы количественного определения активности ферментов: Методы определения активности протеолитических ферментов.

Тема 9. Медицинская энзимология. Три основных направления: энзимопатология-изучение механизмов развития заболеваний, связанных с нарушениями ферментативной активности; энзимодиагностика-использование ферментов для выявления болезней; энзимотерапия-целенаправленное введение ферментов для лечения

Аннотация: Энзимопатологии (энзимопатии) - состояния, связанные с патологическим изменением активности ферментов. Наиболее часто встречается снижение активности и нарушение каких-либо метаболических процессов. В результате энзимопатологическое значение может иметь накопление субстрата реакции (как при фенилкетонурии) или недостаток продукта (при альбинизме) или обе особенности одновременно (гликогенозы). По характеру нарушения выделяют первичные и вторичные энзимопатии. Первичные (наследственные) энзимопатии связаны с генетическим дефектом и наследственным снижением активности. Например, фенилкетонурия связана с дефектом фенилаланин-4-монооксигеназы, которая превращает фенилаланин в тирозин. В результате накапливаются аномальные метаболиты фенилаланина, оказывающие сильный токсический эффект. Заболевание подагра связано с дефектом ферментов метаболизма пуриновых оснований и накоплением мочевой кислоты. Распространенными первичными энзимопатиями являются галактоземия, недостаточность лактазы и сахаразы, гликогенозы, наследственные гипераммониемии, различные липидозы. Вторичные (приобретенные) энзимопатии возникают как следствие заболеваний органов, вирусных инфекций и т.п., что приводит к нарушению синтеза фермента или условий его работы, например, гипераммониемия при заболеваниях печени, при которых ухудшается синтез мочевины и в крови накапливается аммиак. Другим примером может служить недостаточность ферментов желудочно-кишечного тракта при заболеваниях желудка, поджелудочной железы или желчного пузыря. Недостаток витаминов и их коферментных форм также является причиной приобретенных ферментопатий.

Вопросы для изучения: Ферменты в научно-исследовательской работе (рестриктазы, селективные протеазы и др.). Ферменты в медицине. Энзимодиагностика. Энзимотерапия: лекарственные средства на основе ферментов, проблема их адресной доставки к органу-мишени. Белковая инженерия в повышении эффективности лечения заболеваний. Иммобилизованные ферменты. Иммобилизация ферментов как путь повышения их стабильности и расширения возможностей использования. Биосенсоры с ферментативным компонентом: общие принципы строения и функционирования. ИФА

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. - <http://www.xumuk.ru/biologhim/>

ШЛЕЙКИН А.Г., СКВОРЦОВА Н.Н., БЛАНДОВ А.Н. ПРИКЛАДНАЯ ЭНЗИМОЛОГИЯ Учебное пособие - <http://books.ifmo.ru/file/pdf/2440.pdf>

ЭНЗИМОЛОГИЯ _Методическое руководство - http://ibmc.msk.ru/content/Education/w-o_pass/enzymology.pdf

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;

- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. - <http://www.xumuk.ru/biologhim/>

БИОХИМИЯ - http://www.bsu.ru/content/page/1415/hec/biochemistry_vopr/contents.html

ФЕРМЕНТЫ_биологические катализаторы -
<https://interneturok.ru/lesson/biology/10-klass/bosnovy-citologii-b/fermenty-biologicheskie-katalizatory-znachenie-fermentov>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Слушание и запись лекций - сложный вид вузовской аудиторной работы. Именно на лекции закладываются основы знаний. На лекциях дается самое важное, основное в изучаемой дисциплине. Основные задачи, стоящие перед лектором: помочь студентам понять основы и усвоить материал на самой лекции, дать указания на то, что требует наибольшего внимания, учитьциальному мышлению и создавать ясное представление о методологии изучаемой науки. Лекции являются эффективным видом занятий для формирования у студентов способности быстро воспринимать новые факты, идеи, обобщать их, а также самостоятельно мыслить. Лектор излагает теоретический и практический материал, относящийся к основному курсу. Из большого числа монографий, учебников, сборников лектор выбирает самое главное, помогает усвоить логику рассуждений.</p> <p>Важно помнить, что лекция - это творческий процесс, в котором участвуют одновременно и лектор, и студенты. Студенту следует научиться понимать и основную идею лекции, а также, следуя за лектором, участвовать в усвоении новых мыслей.</p> <p>Важно при слушании лекции - учиться мыслить, понимать идеи, излагаемые лектором. Большую помощь при этом может оказать конспект. Некоторые студенты полагают, что при наличии учебных пособий, учебников нет необходимости вести конспект. Такие студенты нередко совершают ошибку, так как не используют конспект как средство, позволяющее активизировать свою работу на лекции или полнее и глубже усвоить ее содержание.</p> <p>При конспектировании лекции важно опираться на следующие рекомендации:</p> <p>обращайте внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве.</p> <p>Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций/</p> <p>Главное в период подготовки к лекционным занятиям - 'научиться методам самостоятельного умственного труда,</p> <p>сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и</p> <p>отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы.</p> <p>В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин. Ежедневной учебной работе</p> <p>студенту следует уделять 9-10 часов своего времени, т.е. при шести часах аудиторных занятий</p> <p>самостоятельной</p> <p>работе необходимо отводить 3-4 часа. Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний</p> <p>день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по</p> <p>намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло.</p> <p>Нужно</p> <p>осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось</p> <p>невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	<p>Обязательный компонент процесса обучения в высшей школе - практические занятия, предназначенные для углубленного изучения той или иной дисциплины. Термин "практическое занятие" включает такие виды занятий, как лабораторная работа, семинарское занятие, практикум. Аудиторные практические занятия играют ведущую роль в формировании навыков и применении приобретенных знаний. Практические занятия логически продолжают работу начатое на лекциях.</p> <p>Если лекция закладывает основы научных знаний в обобщенной форме, то практические занятия имеют целью расширить, уточнить эти знания, выработать профессиональные навыки. Практические занятия развивают научное мышление и язык студентов, позволяют проверить их знания.</p> <p>Семинарские занятия получили название от латинского <i>seminarium</i>, что в переводе означает "рассадник". Их проводили в древнегреческих и римских школах как сочетание диспутов, сообщений учащихся, комментариев и выводов</p> <p>Главная цель семинарских занятий - содействие углубленному усвоению студентами наиболее сложных вопросов учебного курса, побуждения студентов к коллективному творческому обсуждению, овладению научными методами анализа явлений и проблем, активизации к самостоятельному изучению научной и методической литературы, формированию навыков самообразования.</p> <p>В процессе подготовки к семинару студенты самостоятельно изучают литературу (учебную, методическую, научную), учатся критически оценивать различные источники знаний. Дидактическая ценность семинаров заключается и в том, что из-за незначительного количества студентов (академическая) преподаватель может плодотворно влиять на аудиторию как в образовательном, так и в воспитательном плане.</p> <p>Под семинарским занятием понимают форму учебного занятия, при которой преподаватель организует дискуссию по заранее определенным темам, к которым студенты готовят тезисы ответов или индивидуально выполненные реферативные доклады. Такие семинары называют также семинары-дискуссии.</p> <p>Семинары-практикумы, посвященные обсуждению различных вариантов решения практических ситуационных задач.</p> <p>План семинара сообщают студентам заранее для осознания логики постепенного, последовательного развития темы. Обязательно сообщают необходимые научные и методические источники по теме, дополнительную литературу, с помощью которой можно углубить знания по теме. Целесообразно давать индивидуальные творческие задания по теме семинарского занятия. На семинаре следует обсуждать наиболее спорные проблемы. Учитывая развивающей цели обучения семинарские занятия прививают самостоятельность мышления, умение аргументировать и отстаивать свое мнение, вести корректную дискуссию.</p> <p>Семинару присущи четыре основные функции:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Углубление, конкретизация, систематизация знаний, полученных на лекциях и во время самостоятельной работы. 2. Развитие навыков самостоятельной работы. 3. Поощрение к научным исследованиям. 4. Контроль за качеством усвоения студентами материала. <p>При подготовке каждый студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованную к данной теме. На основе индивидуальных предпочтений студенту необходимо самостоятельно выбрать тему доклада или предложенную тему и по возможности подготовить по нему презентацию.</p> <p>Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.</p> <p>Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы семинара, участии в коллективном обсуждении вопросов по теме, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.</p> <p>Важно составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Главная задача самостоятельной работы студента - это формирование системных навыков, умений и знаний о приоритетных достижениях биологических наук и их комплексного использования в области медицины и фармакологии в форме семинаров, коллоквиумах и докладах.</p> <p>Самостоятельная работа студентов включает подготовку к устному опросу. Для этого студент изучает лекции преподавателя, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов.</p> <p>Тема и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля содержатся в рабочей учебной программе и доводятся до студентов заранее.</p> <p>Эффективность подготовки студентов к устному опросу зависит от качества ознакомления с рекомендованной литературой. Для подготовки к устному опросу или блиц-опросу студенту необходимо ознакомиться с материалом, посвященным теме семинара, в учебнике или другой рекомендованной литературе, записях с лекционного занятия, обратить внимание на усвоение основных понятий дисциплины, выявить неясные вопросы и подобрать дополнительную литературу для их освещения, составить тезисы выступления по отдельным проблемным аспектам.</p> <p>В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 6 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации студентом своей самостоятельной работы. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении выше названных рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Обучающийся может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ.</p> <p>Таким образом, главная задача самостоятельной работы направлена на формирование системных навыков, умений и знаний о приоритетных достижениях биологических наук и их комплексного использования в области медицины и фармакологии. Работу с литературой разумнее начинать с разбора материала, изложенного в лекциях. Для лучшего усвоения материала предпочтительнее после лекции затрачивать 20-30 минут на рассмотрение изложенного материала, отмечая места, вызывающие вопросы или содержащие непонятный текст.</p> <p>Вопросы, которые требуют дополнительного уточнения, можно разобрать, используя учебники или обратившись к преподавателю. С целью углубления знаний по изучаемому вопросу требуется использовать интернет.</p>
экзамен	<p>Изучение темы завершается экзаменом (в соответствии с учебным планом образовательной программы). Экзамен как форма промежуточного контроля и организации обучения служит приемом проверки степени усвоения учебного материала и лекционных занятий, качества усвоения студентом отдельных разделов учебной программы, сформированных умений и навыков.</p> <p>Экзамен проводится устно или письменно по решению преподавателя, в объеме учебной программы. Подготовка обучающегося к зачету включает в себя три этапа:</p> <p>1-самостоятельная работа в течение процесса обучения;2-непосредственная подготовка в дни, предшествующие экзамену по темам курса; 3-подготовка к ответу на вопросы, содержащиеся в билетах.</p> <p>Экзамен в письменной форме проводится по билетам/тестам, охватывающим весь пройденный по данной теме материал. На подготовку к ответу по вопросам билета/теста обучающемуся дается 30 минут с момента получения им билета/теста.</p> <p>Итоговый (дифференцированный) зачет по предмету, по которому экзамен не предусмотрен учебным планом, является формой проверки знания студентами всего предмета в целом. На этом зачете преподаватель имеет возможность и должен выяснить знания студентов по данному предмету, умение пользоваться текущим знаниями, способность правильно сочетать теорию и практику при решении производственных вопросов.</p> <p>При проведении экзамена рекомендуется руководствоваться следующим: а)основой успешной подготовки студентов к экзамену является систематическое изучение ими рекомендованной литературы и правильное конспектирование всего изучаемого материала. б)перед экзаменом преподаватель знакомиться с конспектами студента, чтобы составить общее впечатление об уровне самостоятельной работы студента и его подготовленности к сдаче зачета. Если конспекты составлены не грамотно, или студент не законспектировал результаты практических или домашних заданий, преподаватель все это учитывает при решении вопроса о принятии экзамена (студент должен представить рабочую тетрадь на экзамене);</p> <p>Дополнительные вопросы необходимы для того, чтобы определить, как студент ориентируется в материале, насколько твердо усвоены им основные понятия, как он формулирует свои мысли без предварительного обдумывания. Этот прием направлен на воспитание у студентов необходимого для каждого магистранта качества / умения дать ответ на возникший вопрос немедленно, способность ориентироваться в сложной обстановке, быстро оценивать фактические обстоятельства. Ответ на дополнительный вопрос не влияет на оценку в такой степени, как ответы на основные вопросы.</p>

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
 - продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
 - продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
 - продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 06.03.01 "Биология" и профилю подготовки "Биология".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.07.01 Энзимология

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 06.03.01 - Биология

Профиль подготовки: Биология

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Воронова, Т. Д. Ферменты: строение, свойства и применение : учебное пособие / Т. Д. Воронова, Н. А. Погорелова. - Омск : Омский ГАУ, 2021. - 134 с. - ISBN 978-5-89764-778-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/202247> (дата обращения: 11.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Авдеева, Л. В. Биохимия : учебник / Л. В. Авдеева, Т. Л. Алейникова, Л. Е. Андрианова [и др.] ; под ред. Е. С. Северина. - 5-е изд. , испр. и доп. - Москва. : ГЭОТАР-Медиа, 2020. - 768 с. - ISBN 978-5-9704-5461-9. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970454619.html> (дата обращения: 11.01.2025). - Режим доступа : по подписке.

3. Ершов, Ю. А. Основы молекулярной диагностики. Метаболомика : учебник / Ершов Ю. А. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. - 336 с. - ISBN 978-5-9704-3723-0. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970437230.html> (дата обращения: 11.01.2025). - Режим доступа : по подписке.

Дополнительная литература:

1. Биологическая химия с упражнениями и задачами : учебник / под ред. С. Е. Северина, А. И. Глухова. - 3-е изд. , стереотипное. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. - 624 с. - ISBN 978-5-9704-7208-8. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970472088.html> (дата обращения: 11.01.2025). - Режим доступа : по подписке.

2. Чернов, Н. Н. Биохимия : руководство к практическим занятиям / Чернов Н. Н. , Березов Т. Т. , Буробина С. С. и др. / Под ред. Н. Н. Чернова - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2009. - 240 с. - ISBN 978-5-9704-1287-9. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970412879.html> (дата обращения: 11.01.2025). - Режим доступа : по подписке.

3. Губарева, А. Е. Биологическая химия. Ситуационные задачи и тесты : учебное пособие / А. Е. Губарева [и др.] ; под ред. А. Е. Губаревой. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. - 528 с. - ISBN 978-5-9704-3561-8. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970435618.html> (дата обращения: 11.01.2025). - Режим доступа : по подписке.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.07.01 Энзимология

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая
перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 06.03.01 - Биология

Профиль подготовки: Биология

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.