

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Гаскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор	МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	
Дата подписания: 04.05.2026 11:54:37 Уникальный программный ключ: 04c19ed80b79813bbcb77a486b9a878808522525	Рабочая программа дисциплины "Основы энзимологии" по направлению подготовки (специальности) 30.05.01 "Медицинская биохимия" направленности (профилю) Медицинская биохимия ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

ОСНОВЫ ЭНЗИМОЛОГИИ

Направление подготовки (специальность)

30.05.01 Медицинская биохимия

Направленность (профиль)

Медицинская биохимия

Присваиваемая квалификация (степень)

Врач-биохимик

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2026

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2026 г.



Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
 - 6.1. Перечень видов оценочных средств
 - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
 - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
 - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. Рекомендуемая литература
 - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
 - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины "Основы энзимологии" является формирование комплексного знания о структуре и свойствах ферментов, условиях функционирования, механизмах действия, механизмах активации и ингибирования ферментов для более глубокого понимания закономерностей биохимических процессов, патологических процессов связанных с нарушением функционирования ферментов, диагностики заболеваний, основанной на определении активности ферментов и применении ферментов для определения концентрации других веществ, для понимания механизма действия лекарственных средств, представляющих собой ферментативные препараты или ингибиторы ферментов.

Задачами изучения дисциплины являются:

-показать фундаментальную роль ферментов во всех процессах в организме

- ознакомить студентов с современными представлениями о структурной организации ферментов, механизмах ферментативного катализа, внутриклеточной локализации ферментов и их кинетических свойствах; -рассмотреть варианты регуляции биохимических и физиологических процессов через регуляцию активности ферментов;

-сформировать понимание того, что кинетические свойства ферментов определяют их возможности в регуляции биохимических и физиологических процессов

- научить находить в базах данных и применять данные о структуре и кинетических свойствах ферментов, методах определения ферментативной активности, механизмах действия ферментов, их локализации, регуляции и участии в биохимических и патологических процессах, ингибиторах и активаторах.

- выработать навык обработки экспериментальных кинетических данных ферментативной реакции и нахождения кинетических параметров с целью оценить тот или иной биохимический или физиологический процесс

- дать понимание особенностей экспериментальной работы с ферментами, образцами с ферментативной активностью

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

ОПК-1.1. Обладает фундаментальными и прикладными знаниями в области медицины, биологии и других естественнонаучных направлений.

ОПК-1.2. Демонстрирует умение применять и использовать фундаментальные и прикладные знания в области медицины, биологии и других естественнонаучных направлений для постановки и решения клинико-лабораторных и научно-исследовательских задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.О.05.01

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Органическая химия

Биология

Биоорганическая химия

Общая и неорганическая химия

2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Патохимия

Клиническая лабораторная диагностика: лабораторная аналитика, менеджмент качества, клиническая диагностика

Медицинские биотехнологии

Молекулярная биология

Молекулярная физиология и эндокринология

Биохимия питания

Клиническая фармакология

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)



ОПК-1: Способен использовать и применять фундаментальные и прикладные медицинские, естественнонаучные знания для постановки и решения стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности

Знать:

Для достижения ОПК-1.1 знать: основную терминологию, используемую в энзимологии, основные величины и закономерности, характеризующие ферментативные реакции, кинетические особенности ферментативных реакций, свойства ферментов, применяемых в клинической лабораторной практике, особенности работы с ферментами, базы данных ферментов.

Для достижения ОПК-1.2 знать: способы применения ферментов в клинической лабораторной практике, оборудование для работы с ферментами, методы определения рН оптимума фермента, виды и методы обработки экспериментальных данных при работе с ферментами.

Уметь:

Для достижения ОПК-1.1 уметь: анализировать методики работы с ферментами, на предмет случайной потери каталитической активности, находить K_m и каталитическую константу из экспериментальных кинетических данных, охарактеризовать субстратную специфичность ферментов, охарактеризовать тип ингибирования.

Для достижения ОПК-1.2 уметь: определить рН-оптимум фермента, рассчитать активность фермента из экспериментальных данных о скорости ферментативной реакции, определить оптимальную концентрацию субстрата для проведения эксперимента по определению активности фермента.

Владеть:

Для достижения ОПК-1.1 владеть: навыком поиска информации по свойствам ферментов, навыком анализа свойств фермента.

Для достижения ОПК-1.2 владеть: навыком обработки экспериментальных данных по ферментативной кинетике при помощи инструментов в Excel, сравнения каталитической активности и субстратной специфичности ферментов/ингибиторов для выбора оптимального субстрата/ингибитора.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	- номенклатуру, классификацию, физико-химические особенности структурной организации ферментов, основные параметры, характеризующие ферментативный катализ, механизмы и условия функционирования, принципы ингибирования и активации, подходы к оценке ферментативной активности, способы расчета констант, характеризующих активность ферментов.
3.1.2	- основные электронные ресурсы медико-биологической информации NCBI, EMBL-EBI, Mechanism and Catalytic Site Atlas, Brenda, Uniprot, PDB, KEGG, DrugBank
3.1.3	- методы обработки кинетических данных в Excel
3.1.4	- программы для визуализации 3D структуры активного центра фермента: Jmol, RasTop
3.2	Уметь:
3.2.1	- Классифицировать ферменты по их свойствам, охарактеризовать свойства ферментов по их коду классификации, подобрать оптимальные условия для протекания ферментативного процесса, подобрать ингибитор и активатор для ферментативного процесса, провести количественную оценку ферментного препарата.
3.2.2	- Находить в базах данных информацию о строении, каталитической активности, механизме действия фермента, субстратах и ингибиторах ферментов. Делать подбор статей по определенному ферменту по определенному заболеванию. Выбирать базу данных в зависимости от цели
3.2.3	- Обрабатывать экспериментальные данные по кинетике ферментативной реакции, рассчитывать константы, характеризующие ферментативный процесс в Excel. Рассчитывать константу связывания фермента и ингибитора, ферментативную активность образца. Использовать константы для сравнения ферментов из разных образцов по способности связывать и превращать субстрат. Оценить субстратную специфичность.
3.2.4	- загружать структуры молекул фермента из Protein DataBase, визуализировать и манипулировать ими с помощью программы Jmol.
3.3	Владеть:
3.3.1	-Навыки обнаружения и оценки ферментативной активности в биологическом материале;
3.3.2	-навыки выполнения лабораторных и научно-исследовательских работ связанных с ферментативными процессами



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Основы энзимологии" по направлению подготовки (специальности)
30.05.01 "Медицинская биохимия" направленности (профилю) Медицинская биохимия ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 5

- | | |
|-------|---|
| 3.3.3 | -Навыки поиска необходимой информации в базах данных медико-биологической информации: Brenda, Uniprot, PDB, KEGG, EMBL Mechanism and Catalytic Site Atlas, Drugbank, NCBI |
| 3.3.4 | -Навыки обработки данных по кинетики ферментативных реакций с помощью инструментов Excel. |
| 3.3.5 | - работы с программой для визуализации 3D структуры фермента: Jmol |

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 108	Виды контроля в семестрах: зачеты 4
в том числе :	
аудиторные занятия : 102	
самостоятельная работа : 5,8	
: контактная работа: 102,2 ИКР: 0,2	

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	Раздел 1. Введение.			
1.1	Фундаментальная роль ферментов в регуляции биохимических процессов. Ферменты в терапии и диагностике заболеваний. Ферменты в генной инженерии. Биосенсоры с ферментами. Ингибиторы - лекарственные средства. Drugbank. Базы данных ферментов: NCBI, Brenda, Uniprot, Kegg, PDB, PDBe, PDBj, MMDB, EMBL-EBI Mechanism and Catalytic Site Atlas: структура, инструменты. /Лек/	4	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э7 Э8 Э9 Э11
1.2	Базы данных ферментов. Brenda, UniProt, Kegg. Поиск данных отдельных ферментов. /Лаб/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
1.3	Поиск публикаций по заданному ферменту по определенному заболеванию в базе данных Brenda /Ср/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3
	Раздел 2. Структурная организация ферментов.			



2.1	<p>Ферменты-простые и сложные белки. Уровни структурной организации ферментов. Принципы пространственной организации молекул ферментов, проблема сворачивания полипептидной цепи в нативную конформацию.</p> <p>Активный и аллостерический центры. Контактный и каталитический участки активного центра. Проферменты. Апоферменты и простетические группы сложных ферментов. Коферменты, кофакторы и их роль в каталитическом процессе. Мультимолекулярные ферментные комплексы. Изоферменты и их биологическое значение.</p> <p>Методы изучения различных уровней организации ферментов – оптические, РСА, кинетические, генно-инженерные, компьютерное моделирование белков. Программы для визуализации 3D структуры -RusMol, PyMOL, Jmol. Базы данных PDB-банк. Структура PDB-файла. Программа для моделирования белков по гомологии Modeller.</p> <p>Роль серина, гистидина, лизина, тирозина, цистеина, аргинина, аспарагиновой и глутаминовой кислот в активных центрах.</p> <p>Структура активных центров на примере ЛДГ, СОД, карбоксипептидазы А. Использование методов РСА для изучения топографии активных центров.</p> <p>/Лек/</p>	4	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э2 Э7 Э10
2.2	<p>Работа с базой данных экспериментально определенных 3D-структур биологических макромолекул PDB. Поиск нужной 3D структуры. Визуализация в Jmol. Работа с консолью. Изучение вторичной структуры белка: альфа-спиралей и вета-листов. Расположение гидрофобных и заряженных радикалов аминокислот. Изучение мотива греческий ключ на примере В1 иммуноглобулин связывающего домена G-белка стрептокока. Визуализация водородных связей между тяжами в бета-листах и между витками в альфа-спирали /Лаб/</p>	4	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э2 Э10
2.3	<p>Работа в Jmol. Изучение активного центра фермента на примере химотрипсина.</p> <p>Визуализация области белка вблизи связанного лиганда и изучение альтернативных конформаций аллостерического фермента.на примере аспартат транскарбомиилтрансферазы. /Лаб/</p>	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э2 Э10
2.4	<p>Изучение структуры фермента лизоцима при помощи визуализатора Jmol.</p> <p>Изучение компонентов вторичной структуры: альфа-спираль, 310-спираль; и надвторичной структуры: бета-шпилька. Особенности распределения полярных и неполярных аминокислот в глобулярных белках. Визуализация дисульфидных связей.</p> <p>/Ср/</p>	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
2.5	<p>Изучение пространственных отношений между ферментом и его субстратом, включая ориентацию функциональных групп в активном центре, важную для понимания механизма катализа на примере лизоцима, связанного с ингибитором трисахаридом.</p> <p>Расчет вторичной структуры. Выборочная визуализация нужного участка белка.</p> <p>Изучение пи-спирали на примере Mn/Fe оксидазы.</p> <p>Изучение структурных мотивов белка бета-альфа-бета, альфа-альфа на примере карбоксипептидазы, бета и альфа-цилиндров на примере фосфатизомеразы /Лаб/</p>	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3
	Раздел 3. Ферментативный катализ.			



3.1	Сущность явления катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ. Взаимодействие субстратов с активными центрами. Фермент-субстратный комплекс, стадии образования и распада, доказательства существования. Природа сил, стабилизирующих различные конформационные состояния фермент-субстратного комплекса (водородные связи, гидрофобные взаимодействия, координационные связи, электростатические взаимодействия, силы Ван-Дер-Ваальса). Факторы, определяющие эффективность и специфичность ферментативного катализа: эффект сближения, ориентации, напряжения, индуцированного соответствия, кислотно-основного и ковалентного катализа. Молекулярное моделирование фермент субстратного взаимодействия для предсказания аффинности и активности небольшой молекулы лекарства по отношению к белку-мишени как важный этап разработки лекарственных средств. Autodock как пример программы для молекулярного моделирования. /Лек/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1
3.2	Изучение структуры дрожжевой фосфолипидкиназы в Jmol: сайта связывания двух субстратов и иона магния, а также их пространственное отношение друг к другу. Применение инструмента Ligand Interaction, для изучения связывающего взаимодействия двух субстратов, и применение Jmol, чтобы визуализировать эти взаимодействия. /Лаб/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
3.3	Изучение сайта связывания глюкозо-6-фосфат изомеразы в Jmol /Ср/	4	1,8	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3
Раздел 4. Классификация ферментов.				
4.1	Принципы классификации ферментов. Шифр фермента. Характеристика класса оксидоредуктаз. Подклассы. Используемая терминология. Наиболее важные представители. Механизмы реакций ферментативного окисления и восстановления субстратов. Трансферазы. Важнейшие представители этого класса и механизмы их действия. Биологическое значение трансферазных реакций. Коферменты трансфераз. Трансферазы в диагностике заболеваний. Изомеразы. Роль реакций изомерного превращения в биологических процессах. Механизм действия изомераз, примеры реакций. Синтазы. Механизмы действия. Зависимость от источников энергии. Значение в процессах анаболизма. Отдельные представители. /Лек/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
4.2	Характеристика класса гидролаз. Роль реакций гидролиза в процессах катаболизма, протекающих в живых тканях. Особенности строения и механизмы действия гидролаз. Гидролазы в медицине. Лиазы. Особенности каталитического действия. Важнейшие представители. /Лек/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3
Раздел 5. Кинетика ферментативных реакций				



5.1	Основные закономерности химической и ферментативной кинетики. Константа скорости реакции. Порядок реакции. Молекулярность реакции. Скорость реакции нулевого, первого и второго порядков. Кинетика ферментативных реакций. Работы Анри, Брауна, Михаэлиса-Ментен, Бриггса, Холдейна. Кинетическая кривая. Скорость ферментативных реакций, способы выражения. Зависимость скорости реакции от концентрации фермента. Причины отклонения от линейности. Влияние концентрации субстрата на скорость ферментативных реакций. Условие стационарности. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Субстратная константа – K_s и константа Михаэлиса – K_m . Максимальная скорость реакции. Число оборотов фермента. Определение кинетических констант (метод Лайнуивера-Берка, Вульфа-Хайнса, Иди-Хофсти, Эйзенталя и Корниш-Боуден). /Лек/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3
5.2	Уравнение Михаэлиса -Ментен и Холдейна – Бриггса. Численное значение константы Михаэлиса и ее практическое значение. Определение константы Михаэлиса и максимальной скорости реакции по методу Лайнуивера – Берка. Обработка экспериментальных данных в Excel. Сравнение полученных данных с данными в базах данных. /Лаб/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э3 Э8 Э9
5.3	Методы линеаризации уравнения Михаэлиса-Ментен: Иди-Хофсти и Хайнса-Вульфа. Определение константы Михаэлиса, максимальной скорости, константы скорости. Обработка экспериментальных данных в Excel. Сравнение с базами данных. /Лаб/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6
5.4	Обработка разнородных экспериментальных данных, выраженных в различных единицах. Определение кинетических констант, сравнение констант, полученных разными методами линеаризации Лайнуивера- Берка и Иди-Хофсти, Хайнса-Вульфа. /Лаб/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6
Раздел 6. Методы работы с ферментами: определение активности, выделение и очистка.				
6.1	Способы количественного выражения активности. Единицы ферментов. Удельная активность. Способы регистрации ферментативной активности – по конечной точке, непрерывный. Методы определения активности ферментов: колориметрический, спектрофотометрический, флуориметрический, манометрический, биолюминесцентный, иммунохимический и др. Методы выделения и очистки ферментов. Фракционное высаливание, фракционирование органическими растворителями, избирательное осаждение. Адсорбция на гелях. Хроматография (ионообменная, тонкослойная, аффинная). Гель-фильтрация. Электрофорез, изоэлектрофокусирование. Критерии чистоты ферментных препаратов (ультрацентрифугирование, электрофорез, растворимость, кристаллизация). /Лек/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3
6.2	Выделение и очистка фермента МАО-А из мозга крысы. /Лаб/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э3 Э8 Э9
6.3	Спектрофотометрическое определение активности фермента моноаминоксидазы А из мозга крыс. /Лаб/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6



6.4	Определения концентрации белка МАО в гомогенате. /Лаб/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6
Раздел 7. Регуляция активности ферментов				
7.1	<p>Влияние температуры и pH среды на активность ферментов. Роль анионов и катионов металлов в активации ферментов. Механизм активирующего действия восстановленного глутатиона на тиоловые ферменты. Химическая модификация ферментов (фосфорилирование-дефосфорилирование, аденилирование-деаденилирование, ацетилирование-деацетилирование).</p> <p>Ингибиторы как лекарственные препараты. Типы ингибирования ферментов: необратимое, обратимое: конкурентное, неконкурентное, бесконкурентное (механизм, расчет константы ингибирования).</p> <p>Аллостерическая регуляция активности фермента. Понятие аллостерических центров. Десенсibilизация как способ доказательства разобщенности аллостерических и активных центров. Понятие кооперативности. Типы кооперативных взаимодействия: гомотропные, гетеротропные, положительные, отрицательные. Кинетика аллостерических ферментов. Коэффициент Хилла– мера отклонения от гиперболического закона Михаэлиса-Ментен. Способы расчета коэффициента Хилла: метод Хилла, метод Б. Курганова с соавторами. Модели аллостерических ферментов. Согласованная модель Моно-Уаймена-Шанжэ, последовательная модель Немети-Кошланда-Филмера. Влияние аллостерических эффекторов на кривую зависимости скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата. Совместное действие различных аллостерических эффекторов. Оценка кооперативных свойств у аллостерических ферментов с помощью коэффициента крутизны –Rx. Преимущества аллостерических ферментов с положительной кооперативностью по сравнению с аллостерическими ферментами, проявляющими отрицательную кооперативность, и ферментами, подчиняющимися кинетике Михаэлиса-Ментен в регуляции метаболических путей в клетке.</p> <p>/Лек/</p>	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3
7.2	Ионогенные группы активного центра ферментов. Изменение суммарного заряда аминокислот в зависимости от pH. Изоэлектрическая точка. Решение ситуационных задач. Изучение pH-зависимостей. /Лаб/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6
7.3	Типы ингибирования ферментов (конкурентное, неконкурентное, бесконкурентное) Графическое определение типа ингибирования из кинетических данных в Excel в координатах Лайнувера-Берка. /Лаб/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6
7.4	Смешенное ингибирование. Расчет кинетических констант в Excel. Расчет констант ингибирования. /Лаб/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6
7.5	Определение типа ингибирования методом Диксона в Excel. /Лаб/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6



7.6	Ингибирование субстратом. Зависимость типа ингибирования от концентрации ингибитора. Решение ситуационных задач графическим методом в Excel. /Лаб/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6
7.7	Аллостерические ферменты. Обработка экспериментальных данных в Excel. Определение коэффициента Хилла. Определение коэффициента крутизны Кошланда. /Лаб/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6
7.8	Ингибирование MAO-A. Определение типа и константы ингибирования /Лаб/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3
Раздел 8. Иная контактная работа				
8.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	4	0,2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9 Э10 Э11

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

Текущая аттестация: устный опрос, ситуационные задачи.
Промежуточная аттестация: зачет в виде тестирования.

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Пример вопросов для устного опроса:

1. Коферменты – переносчики химических групп: нуклеозидфосфаты, кофермент ацетилирования, тетрагидрофолиевая кислота, пиридоксальные коферменты.
2. Участие белков теплового шока в процессе формирования нативной конформации белка.
3. Принципы пространственной организации молекулы фермента, проблема сворачивания полипептидной цепочки в нативную конформацию, её важность для функционирования ферментов.
4. Соотношение между величиной энергии активации и константой скорости реакции.
5. Образование фермент-субстратного комплекса и его роль в катализе.

Пример ситуационных задач:

1. Анализировали кинетику фермента в присутствии ингибитора, добавленного в концентрации 10⁻⁴ М (табл.):

Таблица

[S], 10⁻⁵М Скорость реакции, мкмоль/мин

	без ингибитора	с ингибитором
0,3	10,4	2,1
0,5	14,5	2,9
1,0	22,5	4,5
3,0	33,8	6,8
9,0	40,5	8,1

а) Каковы значения КМ и VMAX в присутствии ингибитора? Сравните их с величинами, полученными в предыдущей задаче.

б) Каков тип ингибирования?

в) Какова константа диссоциации этого ингибитора?

г) При [S] = 3 x 10⁻⁵ М какая доля молекул фермента связана с субстратом в присутствии 10⁻⁴ М ингибитора? В отсутствие его?

2. Используя данные табл. 5, рассчитать значение рК ионогенной группы активного центра, контролирующей скорость ферментативной реакции.

Таблица 5

Влияние D2O на реакцию гидролиза этилового эфира N-ацетил-L-триптофана, катализируемого альфа-химотрипсином.

Условия опыта: 25° С; 0,81% ацетонитрила; [S]₀ = (0,23 - 1,55) * 10⁻³М; [E]₀ = 10⁻⁵ - 10⁻⁷М



pD	ккат, сек ⁻¹
6,29	1,59
7,05	5,50
7,45	8,76
8,19	14,14
8,74	13,45
9,25	13,55
9,90	14,00
10,57	13,90.

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Пример тестов для зачета:

1. Ферментативная активность не свойственна:
 - а) Прокариотам
 - б) Эукариотам
 - в) Археям
 - г) Кефалинам.
 2. Химическая природа энзимов была доказана:
 - а) Бухнером
 - б) Фишером
 - в) Пастером
 - г) Либихом.
 3. В цитозоле эукариотов локализованы ферменты:
 - а) Тканевого дыхания
 - б) Синтеза жирных кислот
 - в) β – окисления
 - г) Цикла трикарбоновых кислот.
 4. Изоферменты различаются:
 - а) Изомерией связей
 - б) Набором субъединиц
 - в) Механизмом катализа
 - г) Субстратной специфичностью.
 5. Уравнение Михаэлиса-Ментен
 - а) Выражает зависимость действия фермента от концентрации субстрата
 - б) Учитывает все стадии реакции
 - в) Описывает вторую стадию реакции – образование E и P
 - г) Не учитывает стадию образования комплекса ES.
- Правильный ответ: 1. г; 2. а; 3. б; 4. б; 5. а.

6.4. Критерии оценивания

Критерием успешности освоения учебного материала является экспертная оценка преподавателя, учитывающая регулярность посещения лекционных и лабораторных занятий, знаний теоретического раздела программы по дисциплине (в том числе и материала самостоятельного изучения), которые оцениваются устным опросом по вопросам дисциплины, решением ситуационных задач и тестов.

Оценка устного опроса по вопросам текущего занятия:

Оценка «отлично» ставится, если студент показал глубокое знание вопроса; полно, аргументировано, последовательно ответил по учебному материалу.

Оценка «хорошо» ставится, если студент показал знание вопроса, но допускает ряд неточностей; полно, аргументировано, последовательно ответил по учебному материалу.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент показал знание вопроса, но допускает множество неточностей; имеет проблемы с полнотой, аргументацией, последовательностью изложения учебного материала.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент не знает материал вопроса или имеет поверхностные знания и не может полно, аргументировано, последовательно ответить по учебному материалу.

Критерии оценки решения ситуационной задачи:

5 «отлично» – комплексная оценка предложенной ситуации; знание теоретического материала с учетом междисциплинарных связей; правильный выбор тактики действий; последовательное, уверенное выполнение практических манипуляций;

4 «хорошо» – комплексная оценка предложенной ситуации, незначительные затруднения при ответе на теоретические вопросы, неполное раскрытие междисциплинарных связей; правильный выбор тактики действий; логическое обоснование теоретических вопросов с дополнительными комментариями преподавателя; последовательное, уверенное выполнение практических манипуляций;



3 «удовлетворительно» – затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации; неполный ответ, требующий наводящих вопросов педагога; выбор тактики действий в соответствии с ситуацией возможен при наводящих вопросах преподавателя, правильное последовательное, но неуверенное выполнение манипуляций;

2 «неудовлетворительно» – неверная оценка ситуации; неправильно выбранная тактика действий, приводящая к ухудшению ситуации, нарушению безопасности пациента; неправильное выполнение практических манипуляций. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. На зачете студент решает 100 тестовых вопросов закрытого типа. На каждый вопрос предлагается несколько вариантов ответа, правильный только один вариант.

Продолжительность – 60 минут.

Критерии оценки теста:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если задание выполнено на 91-100% (высокий уровень освоения проверяемых компетенций);

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если задание выполнено на 81-90% (средний уровень освоения проверяемых компетенций);

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено на 70-80% (базовый уровень освоения проверяемых компетенций);

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если задания выполнено менее чем на 70% (недостаточный уровень освоения проверяемых компетенций);

Высокий уровень, средний уровень, базовый уровень – «зачтено»; недостаточный уровень – «незачтено».

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л1.1		Медицинская энзимология: практикум (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=563155)	Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2018	ЭБС
Л1.2	Шлейкин А. Г., Скворцова Н. Н., Бландов А. Н.	Прикладная энзимология: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564022)	Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019	ЭБС
Л1.3	Плакунов В.К.	Основы энзимологии: учебное пособие (https://znanium.com/catalog/document?id=367498)	Москва : Издательская группа "Логос", 2020	ЭБС

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л2.1	Володченкова Л. А.	Биоинформатика: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=563147)	Омск : Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (ОмГУ), 2018	ЭБС
Л2.2	Часовских Н. Ю.	Практикум по биоинформатике. Часть I: учебное пособие для студентов медико-биологического факультета (https://e.lanbook.com/book/138707)	Томск : СибГМУ, 2019	ЭБС
Л2.3	Часовских Н. Ю.	Практикум по биоинформатике. Часть II: учебное пособие для студентов медико-биологического факультета (https://e.lanbook.com/book/138708)	Томск : СибГМУ, 2019	ЭБС

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	KEGG: Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes/ www.kegg.jp www.kegg.jp
Э2	Protein Data Bank - http://www.rcsb.org/ www.rcsb.org
Э3	BRENDA (The Comprehensive Enzyme Information System) - https://www.brenda-enzymes.org/ www.brenda-enzymes.org



Э4	ExpASY (bioinformatics resource portal operated by the SIB Swiss Institute of Bioinformatics and in particular the SIB Web Team) - https://www.expasy.org/ www.expasy.org
Э5	IntEnz (Integrated relational Enzyme database) - https://www.ebi.ac.uk/intenz/index.jsp www.ebi.ac.uk/intenz/index.jsp
Э6	MetaCyc (one of the largest metabolic pathways and enzymes databases currently available) - https://metacyc.org/ https://metacyc.org/
Э7	EMBL-EBI Mechanism and Catalytic Site Atlas - база данных каталитических центров ферментов https://www.ebi.ac.uk/thornton-srv/m-csa/
Э8	PubMed-база данных медицинских и биологических публикаций, созданная Национальным центром биотехнологической информации https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/
Э9	Uniprot- открытая курируемая база данных последовательностей и функций белков https://www.uniprot.org/
Э10	Мануал по работе с программой Jmol https://home.csulb.edu/~cohlberg/Jmolmanual.html
Э11	DrugBank- база данных, содержащая информацию о лекарствах и мишенях для них. https://go.drugbank.com/

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Connect Acrobat

LMS Moodle

Java

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<https://elibrary.ru/defaultx.asp?>) eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000 –. – URL: <https://elibrary.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

Национальная электронная библиотека (НЭБ) (<https://rusneb.ru/>) Национальная электронная библиотека (НЭБ) : объединенный электронный каталог фондов российских библиотек : сайт. – URL: <http://нэб.рф>. – Режим доступа: из читальных залов библиотеки ЧелГУ. – Текст: электронный.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Лекционные занятия проводятся в лекционных аудиториях. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования (ноутбук, проектор, экран, колонки) и учебно-наглядных пособий (презентации по всем разделам дисциплины).

Для проведения лабораторных занятий аудитория оборудована следующим оборудованием: весы электронные, аквадистиллятор, pH-метр, верхнеприводное перемешивающее устройство, колобонагреватель, весы электронные, колориметр фотоэлектрический, компьютер для работ с деловыми и аналитическими программами, спектрофотометр, термостат циркуляционный, шкаф сушильный, плитки настольные.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, куда каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Основы энзимологии» направлена на формирование готовности к научно-исследовательской профессиональной деятельности в избранной направленности. В результате изучения дисциплины должно быть сформированы знания о современном состоянии этого направления, как науки, изучающей различные аспекты функционирования ферментов.

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, умение искать информацию в интернете. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на занятиях, изучения рекомендованной литературы, аккуратности и вдумчивости при оформлении отчетов по лабораторным работам. При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания: изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу; выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы, оформляют отчеты по лабораторным работам. Основными видами аудиторной работы студентов являются лекционные и лабораторные занятия. Лекционный курс излагается с использованием компьютерных презентаций и мультимедийного оборудования. В ходе занятий преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы. Цель



занятий состоит в усвоении, усвоении и закреплении студентами теоретических знаний.

Методические указания по подготовке к лабораторным занятиям:

Важно, чтобы каждый студент понимал, как работает фермент, как работает прибор, на каких физических законах основано проводимое измерение. Знал правила техники безопасности и неукоснительно выполнял их. При выполнении работы четко следовал методике и не проводил собственных экспериментов, не спросив у преподавателя.

Изучая теоретический материал курса студент должен руководствоваться следующими правилами: За основу рекомендуется брать рабочую программу учебной дисциплины. Согласно плану-графику аудиторных занятий и самостоятельной работы, на изучение отдельных тем отводится разное количество часов. Весь охваченный теоретический материал должен быть осмыслен. Достичь более глубокого осмысления помогут самостоятельные ответы на вопросы и решение задач. В процессе анализа и решения задач студенты расширяют и углубляют знания, полученные из лекционного курса и учебников, учатся глубже понимать законы и формулы, разбираться в их особенностях, границах применения, приобретают умение применять общие закономерности к конкретным случаям. В процессе решения задач вырабатываются навыки вычислений, работы со справочной литературой, таблицами. Решение задач не только способствует закреплению знаний и тренировке в применении изучаемых законов, но и формирует особый стиль умственной деятельности, особый метод подхода к биохимическим явлениям.

На занятиях используются: 1) задачи-упражнения, помогающие студентам приобрести твердые навыки расчёта и вычислений; 2) задачи для демонстрации практического применения тех или иных законов; 3) задачи для закрепления и контроля знаний; 4) познавательные задачи.

Несмотря на различие в видах задач, их решение можно проводить по следующему общему плану, который надо продиктовать студентам:

1. прочесть условие задачи; посмотреть, все ли термины в условиях задачи известны и понятны (если что-то неясно, следует обратиться к учебнику, просмотреть решения предыдущих задач, посоветоваться с преподавателем);
2. написать схему реакции, если это необходимо;
3. установить, какие законы и соотношения могут быть использованы при решении данной задачи;
4. составить уравнения, которые характеризуют рассматриваемые явления с количественной стороны;
5. решить эти уравнения относительно неизвестных величин, получить ответ.

10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Основы энзимологии" по направлению подготовки (специальности)
30.05.01 "Медицинская биохимия" направленности (профилю) Медицинская биохимия ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 15

ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

**Направление подготовки (специальность) 30.05.01 Медицинская биохимия,
"Основы энзимологии" год(ы) набора 2026**

РПД одобрена и рекомендована:

Проректор по учебной работе утверждено 27.02.2026 А.А. Саламатов

Ученым советом факультета фундаментальной медицины

Протокол заседания № 2 от 02.02.2026

Председатель Ученого совета
факультета фундаментальной
медицины

согласовано

О.Б. Цейликман

Заседанием кафедры Общей и клинической патологии

Протокол заседания № 2 от 02.02.2026

Заведующий кафедрой

согласовано

О.Н. Егоров

Автор (составитель)

И.В. Машкова

**Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО
«ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1**