

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор	МИНОВ НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	
Дата подписания: 01.09.2026 09:58:31 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f5b6cb77a486b9a8788b8322525	Рабочая программа дисциплины "Метаболизм микроорганизмов. Энзимология" по направлению подготовки (специальности) 06.03.01 "Биология" направленности (профилю) Биология ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Метаболизм микроорганизмов. Энзимология

Направление подготовки (специальность)

06.03.01 Биология

Направленность (профиль)

Биология

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

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 преподавания дисциплины является изучение строения и механизмов действия ферментов, закономерностей протекания ферментативных реакций, изучение особенностей метаболизма и способов его регуляции у микроорганизмов. Задачами изучения дисциплины являются:

1. овладение знаниями о строении и свойствах ферментов, механизмах их действия; 2. формирование представления о регуляции активности ферментов, их применении, методах получения гомогенных препаратов ферментов; 3. овладение знаниями об особенностях метаболизма у микроорганизмов; 4. формирование представления об уровнях и способах регуляции метаболизма у микроорганизмов;

5. формирование навыков самостоятельного решения практических задач.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

УК-1.1. Выполняет поиск информации, определяет критерии системного анализа поставленных задач

УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения поставленных задач

ПК-1.1 Применяет

-принципы анализа информации,

-принципы работы современной аппаратуры и вычислительных средств

ПК-1.2 Использует теоретические знания в лабораторной работе;

ПК-1.3 Составляет научно-техническую документацию

ПК-1.4 Использует теоретические знания об основных биологических закономерностях;

ПК-1.5 Использует

- методы работы с современной аппаратурой и вычислительными средствами;

- методы статистической обработки полученных экспериментальных данных

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.В.ДВ.07.01.03

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Дисциплина имеет предшествующие связи с дисциплинами математического и естественнонаучного цикла: «Физика», «Общая, аналитическая и физическая химия», «Органическая химия», «Высокомолекулярные соединения и коллоидная химия», «Общая биология», «Биологически активные соединения в эволюции млекопитающих»; с дисциплинами профессионального цикла: «Биохимия», «Микробиология. Вирусология», «Цитология и гистология», «Биофизика», «Введение в биотехнологию», «Спец. главы микробиологии»; с дисциплинами профиля «Микробиология»: «Цитология и систематика микроорганизмов», «Экология микроорганизмов».

Физика

Общая, аналитическая и физическая химия

Органическая химия

Высокомолекулярные соединения и коллоидная химия

Общая биология

Биологически активные соединения в эволюции млекопитающих

Биохимия

Микробиология. Вирусология

Цитология и гистология

Биофизика

Цитология и систематика микроорганизмов

Экология микроорганизмов

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



Последующие межпредметные связи курс «Метаболизм микроорганизмов. Энзимология» имеет с дисциплинами: «Молекулярная биология», «Проблемные лекции по молекулярной биологии», «Генетика микроорганизмов», «Промышленная микробиология и биотехнология», «Медицинская микробиология и иммунохимия», «Клиническая микробиология», «Санитарная микробиология», «Пищевая микробиология».

Молекулярная биология

Проблемные лекции по молекулярной биологии

Генетика микроорганизмов

Медицинская микробиология и иммунохимия

Клиническая микробиология

Санитарная микробиология

Пищевая микробиология

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

УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Знать:

Для достижения УК-1.2 знать: правила организации самостоятельной работы по дисциплине

Уметь:

Для достижения УК-1.2 уметь: качественно выполнять контрольные задания, предусмотренные дисциплиной, представлять результаты собственной деятельности в различных формах

Владеть:

Для достижения УК-1.2 владеть: навыками решения ситуационных задач

ПК-1: способен применять современные методы обработки, анализа и синтеза полевой, производственной и лабораторной биологической информации, правила составления научно-технических проектов и отчетов;

Знать:

Для достижения ПК-1.3 знать: методы работы с биологическими объектами в лабораторных условиях

Уметь:

Для достижения ПК-1.2 уметь: правильно использовать методы экспериментального исследования

Владеть:

Для достижения ПК-1.2 владеть: навыками проведения лабораторного эксперимента и анализа его данных

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1 Знать:

3.1.1 Для достижения УК-1.2 знать: правила организации самостоятельной работы по дисциплине

3.1.2 Для достижения ПК-1.3 знать: методы работы с биологическими объектами в лабораторных условиях

3.2 Уметь:

3.2.1 Для достижения УК-1.2 уметь: качественно выполнять контрольные задания, предусмотренные дисциплиной, представлять результаты собственной деятельности в различных формах

3.2.2 Для достижения ПК-1.2 уметь: правильно использовать методы экспериментального исследования

3.3 Владеть:

3.3.1 Для достижения УК-1.2 владеть: навыками решения ситуационных задач

3.3.2 Для достижения ПК-1.2 владеть: навыками проведения лабораторного эксперимента и анализа его данных



4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 72 в том числе : аудиторные занятия : 32 самостоятельная работа : 39,8 : контактная работа: 32,2 ИКР: 0,2	Виды контроля в семестрах: зачеты 6

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	Раздел 1. Структура ферментов. Классификация и номенклатура ферментов. Коферменты			
1.1	Структура ферментов. Классификация и номенклатура ферментов. Коферменты /Лек/	6	2	Э1 Э2
1.2	Классификация и номенклатура ферментов (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	1	
1.3	История развития учения о ферментах. /Ср/	6	1,5	Э3
1.4	Коферменты витаминные и невитаминные. /Ср/	6	3,2	Э1 Э2
1.5	Строение рибонуклеазы и лизоцима — представителей ферментов-мономеров. /Ср/	6	1	Э3 Э4
1.6	Структура каталазы и глутаматдегидрогеназы — представителей ферментов-мультимеров. /Ср/	6	1	Э3
1.7	Рибозимы и их роль в биологическом катализе. /Ср/	6	1	Э2 Э3
	Раздел 2. Механизм действия ферментов. Кинетика ферментативных реакций. Регуляция активности ферментов			
2.1	Механизм действия ферментов. Кинетика ферментативных реакций. Регуляция активности ферментов /Лек/	6	4	Э1 Э2
2.2	Определение типа дыхания у различных групп бактерий, определение наличия каталазы, оксидазы и пероксидазы. Определение способности к денитрификации. Определение способности к брожению (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	1	Э1 Э2 Э4
2.3	Оксигеназы и гидроксилазы. Их свойства и механизм действия /Ср/	6	2	Э1 Э3
2.4	Фосфорилазы, их строение и механизм действия. Активирование фосфорилаз при участии циклической АМФ. /Ср/	6	2	Э1 Э3 Э4
2.5	Ферменты гидролиза полисахаридов: α -, β - и γ -амилазы, амило-1,6-глюкозидаза, целлюлаза. /Ср/	6	2	Э1 Э2
2.6	Методы определения константы Михаэлиса. /Ср/	6	2	Э1 Э3
	Раздел 3. Специфичность действия ферментов. Полиферментные системы. Изоферменты. Применение ферментов			
3.1	Специфичность действия ферментов. Полиферментные системы. Изоферменты. Применение ферментов /Лек/	6	2	Э1 Э2



3.2	Определение протеолитической активности у энтеробактерий, у представителей родов <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium</i> и у неферментирующих грамотрицательных бактерий по наличию побочных продуктов белкового распада (сероводорода, индола, лизина, аргинина и др) (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	2	
3.3	Ферменты патогенности бактерий. Методы определения лецитиназы, ДНКазы, РНКазы, плазмокоагулазы, фибринолизина, гемолизина различных классов, коллагеназы, нейраминидазы и др. (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	2	Э3 Э4
3.4	Сахаролитические ферменты дрожжей, энтеробактерий, стафилококков и других групп микроорганизмов. Амилолитическая активность (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	2	Э1 Э2
3.5	Мультиэнзимные комплексы: строение пируватдегидрогеназы декарбоксилирующей и синтетазы высших жирных кислот /Ср/	6	2	Э3
3.6	Методы получения гомогенных препаратов ферментов /Ср/	6	1	Э1 Э2 Э3
3.7	Изоформы и множественные формы ферментов, примеры. Применение изоферментов /Ср/	6	2	Э3
3.8	Иммобилизованные ферменты /Ср/	6	1	Э2 Э3 Э4
3.9	Применение ферментов /Ср/	6	1	Э2
Раздел 4. Конструктивный и энергетический метаболизм микроорганизмов				
4.1	Конструктивный и энергетический метаболизм микроорганизмов /Лек/	6	4	Э1 Э2 Э3
4.2	Определение липолитических ферментов дрожжей и представителей рода <i>Clostridium</i> (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	2	Э1 Э3
4.3	Особенности биосинтеза аминокислот у микроорганизмов /Ср/	6	1	Э1 Э2 Э3
4.4	Особенности обмена углеводов у микроорганизмов /Ср/	6	1	Э1 Э2
4.5	Экзоферменты микроорганизмов /Ср/	6	2	Э1 Э3
4.6	Особенности энергетического обмена микроорганизмов с различными типами питания /Ср/	6	1	Э1 Э3 Э4
4.7	Способы получения энергии у прокариот: брожение, дыхание, фотосинтез /Ср/	6	2	Э1 Э2 Э3
Раздел 5. Регуляция метаболизма микроорганизмов				
5.1	Регуляция метаболизма микроорганизмов /Лек/	6	4	Э1 Э3
5.2	Ферменты инактивации антибиотиков и методы их обнаружения. Фенотипические и генотипические методы определения пеницилиназы, беталактамаз, беталактамаз расширенного спектра (БЛРС), цефалоспориноз, металлобеталактамаз (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	2	Э4
5.3	Определение влияния глюкозы на синтез триптофана у <i>E. coli</i> (катаболитная репрессия). Определение индуцибельного типа синтеза метилаз у <i>S. aureus</i> (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	2	Э1 Э3 Э4
5.4	Регуляция метаболизма микроорганизмов, способы определения конститутивных и индуцибельных ферментов у различных видов микроорганизмов (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	2	Э1 Э2
5.5	Аллостерическая регуляция центральных метаболических путей /Ср/	6	2	Э2 Э3 Э4



5.6	Индукция катаболических ферментов: негативная и позитивная /Ср/	6	2	Э3 Э4
5.7	Репрессия анаболических ферментов конечным продуктом: позитивная и негативная. /Ср/	6	2,1	Э1 Э2
5.8	Регуляция межклеточных взаимодействий у микроорганизмов /Ср/	6	2	Э2 Э3
5.9	Микроорганизмы-мутанты с нарушенной регуляцией. /Ср/	6	2	Э2 Э3 Э4
Раздел 6. Иная контактная работа				
6.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	6	0,2	

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

Тест.

Контрольная работа.

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Примеры тестовых заданий

- Подберите к каждому уровню структурной организации белка-фермента соответствующее понятие.
 - Первичная структура. а. Конформация пептидного остова, в формировании которой участвуют водородные связи между пептидными группировками.
 - Вторичная структура. б. Порядок чередования аминокислот в белках.
 - Третичная структура. в. Пространственное расположение и характер взаимодействия пептидных цепей в олигомерном белке.
 - Четвертичная структура. г. Конформация полипептидной цепи, стабилизированная межрадикальными связями.
- Укажите возможные функции металлов в ферментативном катализе.
 - участвуют в связывании фермента с субстратом,
 - способствуют образованию комплементарной субстрату конформации активного центра,
 - участвуют в связывании фермента с коферментом,
 - стабилизируют четвертичную структуру фермента
- Сходными чертами между ферментами и неферментативными катализаторами являются:
 - катализ только энергетически возможных реакций
 - взаимодействие с одним из компонентов реакционной среды
 - неизменность направления реакции
 - обратимость каталитической реакции
 - прямая пропорциональная зависимость скорости реакции от температуры
- Класс ферментов указывает на:
 - конформацию фермента
 - тип кофермента
 - тип химической реакции, катализируемой данным ферментом
 - строение активного центра фермента
- Выберите правильные ответы.

Обмен веществ был бы невозможен без участия ферментов, так как:

А. Скорость ферментативных реакций обычно в миллион раз выше, чем соответствующих неферментативных реакций

Б. Благодаря действию ферментов реакции в клетке в беспорядочны, не перепутываются, а образуют строго определенные метаболические пути

В. Ферменты не только катализируют реакции обмена, но и вовлечены в процессы дыхания, свертывания крови, мышечного сокращения и др.

Г. В клетках организма человека мало реакций, которые протекали бы без участия ферментов

Д. Ферменты увеличивают энергию активации реакции обмена веществ
- Выберите один неправильный ответ.



Изоферменты — это формы фермента, которые:

- А. Катализируют одну реакцию
- Б. Различаются по свойствам
- В. Распределяются в разных тканях неодинаково
- Г. Являются продуктами экспрессии одного гена
- Д. Образуются путем объединения разных субъединиц в молекулу активного олигомерного фермента

12. Выберите правильные ответы.

Скорость ферментативной реакции зависит от:

- А. Температуры
- Б. Времени инкубации субстратов с ферментом
- В. Величины pH
- Г. Концентрации субстрата
- Д. Присутствия ингибиторов

13. Выберите один неправильный ответ.

Активный центр ферментов:

- А. Это участок, комплементарно взаимодействующий с субстратом и участвующий в катализе
- Б. Может связывать структурные аналоги субстратов, что мешает катализу
- В. Имеет строго определенные границы, что исключает влияние окружающих групп на катализ
- Г. Формируется как из полярных, так и из гидрофобных аминокислот разных участков полипептидного остова
- Д. Включает участок или домен для связывания кофактора

14. Выберите одно наиболее полное утверждение.

Конформационная лабильность структуры ферментов обеспечивает:

- А. Превращение субстрата в области активного центра
- Б. Специфичность связывания субстрата в активном центре
- В. Выход продуктов из области активного центра
- Г. Кооперативное взаимодействие субъединиц
- Д. Катализ и его регуляцию

17. В реакциях карбоксилирования принимает участие:

- 1) тиамин 4) пантотеновая кислота
- 2) рибофлавин 5) карнитин
- 3) биотин

18. В состав коферментов пируватдегидрогеназного комплекса входят витамины:

- 1) тиамин 4) рибофлавин
- 2) пиридоксин 5) цианкобаламин
- 3) филлохинон

19. Составной частью коэнзима А является:

- 1) п-аминобензойная кислота 4) оротовая кислота
- 2) пиридоксин 5) пантотеновая кислота
- 3) карнитин

20. Витамин В12 не способен синтезироваться:

- 1) животными клетками
- 2) растительными клетками
- 3) микроорганизмами

21. Окислительные процессы в клетках с анаэробным обменом протекают только при условии:

- а) включения кислорода в субстрат,
- б) взаимодействий, приводящих к образованию диоксипроизводных,
- в) дегидрирования субстрата,
- г) процессов, приводящих к образованию монооксипроизводных,
- д) наличия гидроксилаз.

22. Процесс синтеза АТФ, протекающий сопряженно с реакциями окисления при участии системы дыхательных ферментов, называется:

- а) субстратным фосфорилированием,
- б) свободным окислением,
- в) окислительным фосфорилированием,



г) хемосинтетическим фосфорилированием,
д) фотосинтетическим фосфорилированием.

23. Энергетически наиболее выгоден обмен углеводов, идущий по пути:

- а) брожения,
- б) дыхания (дихотомический путь),
- в) гликолиза,
- г) дыхания (апотомический путь),
- д) гликогенолиза.

24. Выберите один неправильный ответ. Оперон:

- А. Участок молекулы РНК
- Б. Содержит регуляторную зону, контролирующую транскрипцию структурных генов
- В. Содержит промотор, к которому присоединяется РНК-полимераза
- Г. Участок молекулы ДНК
- Д. Содержит информацию о группе функционально взаимосвязанных белков

25. Выберите один неправильный ответ.

Оператор:

- А. Может связываться с белком-репрессором
- Б. Участок молекулы ДНК
- В. Входит в регуляторную зону оперона
- Г. Содержит информацию о структуре белка-репрессора;
- Д. Расположен на ДНК перед структурными генами

26. Выберите утверждение, которое нарушает последовательность событий.

При высокой концентрации лактозы в среде выращивания *E. Coli*:

- А. Лактоза связывается с белком-репрессором
- Б. Комплекс лактозы с белком-репрессором теряет сродство к оператору *lac*-оперона
- В. Изменяется конформация белка-репрессора
- Г. РНК-полимераза транскрибирует гены, кодирующие ферменты утилизации лактозы
- Д. В клетках возрастает количество ферментов, участвующих в усвоении лактозы

27. Выберите утверждение, которое нарушает последовательность событий.

При высокой концентрации триптофана в среде выращивания *E. Coli*:

- А. Триптофан (Три) связывается с белком-репрессором
- Б. Комплекс белка-репрессора и Три приобретает сродство к оператору
- В. Три вызывает конформационные изменения в структуре белка-репрессора
- Г. РНК-полимераза не может присоединиться к промотору
- Д. Транскрипция структурных генов *Trp*-оперона не идет

28. Установите соответствие.

- А. *Lac*-оперон
- Б. *His*-оперон
- В. Оба
- Г. Ни один
- 1. Регулируется по механизму репрессии
- 2. Контролирует транскрипцию структурных генов функционально взаимосвязанных белков
- 3. При повышении концентрации регулятора скорость транскрипции возрастает

29. Установите соответствие.

- А. Ген-регулятор
- Б. Промотор
- В. Оператор
- Г. Структурные гены
- Д. Белок-репрессор
- 1. Конформация этого белка меняется под влиянием лактозы
- 2. Определенная нуклеотидная последовательность, способная связываться с белком-репрессором
- 3. Присоединяет РНК-полимеразу при повышении концентрации лактозы в среде



30. Выберите один неправильный ответ.

В His-опероне при низких концентрациях гистидина в среде выращивания:

- А. Гистидин (Гис) не связывается с белком-репрессором
- Б. Белок-репрессор не имеет сродства к оператору
- В. РНК-полимераза присоединяется к промотору
- Г. Структурные гены транскрибируются
- Д. Количество ферментов, участвующих в синтезе Гис, снижается

Вопросы для контрольных работ

Тема 1. Структура ферментов. Классификация и номенклатура ферментов. Коферменты

Напишите уравнения приведенных реакций, объясните принадлежность фермента к определенному классу и подклассу, дайте рабочее и систематическое название фермента, катализирующего следующее превращение:

1. Молочная кислота + НАД → Пировиноградная кислота + НАДН₂
2. Янтарная кислота + ФАД → Фумаровая кислота + ФАДН₂
3. Аспарагиновая кислота + α - кетоглутаровая кислота →
→ ЦУК + Глутаминовая кислота
4. Глюкоза + АТФ → Глюкозо-6-фосфат + АДФ
5. Глюкозо-1-фосфат + УТФ → УДФ-Глюкоза + Пирофосфат
6. Ацетилкоэнзим А + Холин → Ацетилхолин + Коэнзим А
7. Мочевина + Вода → Аммиак + Углекислый газ
8. Аспарагин + Вода → Аспарагиновая кислота + Аммиак
9. Ацетилхолин + Вода → Уксусная кислота + Холин
10. Глюкозо-6-фосфат + Вода → Глюкоза + Фосфорная кислота
11. Сахароза + Вода → Глюкоза + Фруктоза
12. Ала-Сер + Вода → Аланин + Серин
13. Глюкозо-6-фосфат ↔ Фруктозо-6-фосфат
14. Аспарагиновая кислота → Фумаровая кислота + Аммиак
15. Аспарагиновая кислота → Аланин + Углекислый газ
16. Лизин → Кадаверин + Углекислый газ
17. Пировиноградная кислота + Углекислый газ + АТФ →
→ Шавелево-уксусная кислота + АДФ + Фосфорная кислота
18. Уксусная кислота + Коэнзим А + АТФ →
→ Ацетилкоэнзим А + АМФ + Пирофосфат
19. Аспарагиновая кислота + Аммиак + АТФ →
→ Аспарагин + АДФ + Фосфорная кислота

Тема 2. Механизм действия ферментов. Кинетика ферментативных реакций. Регуляция активности ферментов

1. Понятие об активном центре ферментов. Консервативность аминокислот, образующих активный центр. Активация субстратов при участии аспарагиновой кислоты и гистидина в активном центре. Аминокислоты, формирующие геометрию активного центра (глицин, цистеин, пролин).
2. Основные стадии ферментативного катализа. Молекулярные механизмы взаимодействия фермента и субстрата (эффект ориентации реагентов, эффект деформации субстрата, кислотно-основной катализ, ковалентный катализ).
3. Определение активности ферментов. Способы выражения активности ферментов.
4. Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации фермента и субстрата. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Константа Михаэлиса, ее физический смысл и значение. Уравнение Лайнуивера-Бэрка.
5. Двухсубстратные ферментативные реакции. Основные их механизмы: механизм двойного замещения и последовательный механизм (упорядоченный и неупорядоченный).
6. Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры, температурный оптимум, термостабильные и термолabile ферменты. Зависимость скорости ферментативной реакции от значения pH, оптимум pH.
7. Ингибирование ферментов. Кинетика конкурентного, неконкурентного, бесконкурентного ингибирования. Антиметаболиты как конкурентные ингибиторы. Субстратное ингибирование.
8. Аллостерические ферменты – ключевые ферменты метаболизма. Особенности их структуры, аллостерический центр. Кинетика реакций с участием аллостерических ферментов.
9. Активация ферментов путем ковалентной модификации. Регуляция активности ферментов в результате



белок-белковых взаимодействий.

11. Оптимальные условия действия амилазы – фермента, расщепляющего крахмал: pH 6,8; $t=37^{\circ}\text{C}$. Как изменится активность фермента в каждом из следующих случаев ($\downarrow$ – уменьшится; $\uparrow$ – увеличится)? Укажите причину изменения активности.

- pH инкубационной среды равен 5,
- температура инкубации – 70°C ,
- в инкубационную среду добавлен раствор CuSO_4 ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$),
- в присутствии CuSO_4 ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) в среде увеличена концентрация крахмала.

12. Выберите и запишите последовательность событий, происходящих при аллостерическом ингибировании активности фермента:

- уменьшается скорость ферментативной реакции,
- изменяется конформация фермента,
- эффиктор присоединяется в активном центре,
- изменяется конформация аллостерического центра,
- нарушается комплементарность активного центра субстрату,
- эффиктор присоединяется в аллостерическом центре,
- изменяется конформация активного центра.

Тема 3. Специфичность действия ферментов. Полиферментные системы. Изоферменты. Применение ферментов

- Виды специфичности: стереохимическая (концепция полиаффинности), абсолютная (индивидуальная), абсолютная групповая, относительная групповая, относительная. Примеры.
- Концепции, объясняющие специфичность действия ферментов: концепция стерического соответствия «ключ- замок», концепция индуцированного соответствия, концепция напряжений и деформаций.
- Специфичность как основа построения полиферментных систем. Организация полиферментных систем: структурно-функциональная и функциональная. Свойства полиферментных систем.
- Понятие об изоферментах, множественных формах ферментов.
- Иммобилизованные ферменты, их преимущества в практическом использовании. Носители для иммобилизации ферментов. Методы иммобилизации ферментов, их классификация, особенности применения, преимущества и недостатки. Иммобилизованные клетки микроорганизмов.

Тема 4. Конструктивный и энергетический метаболизм микроорганизмов

- Особенности обмена белков у микроорганизмов.
- Особенности обмена углеводов у микроорганизмов.
- Особенности обмена липидов у микроорганизмов.
- Особенности обмена нуклеиновых кислот у микроорганизмов.
- Энергетические ресурсы для микроорганизмов. Основные пути катаболизма в прокариотической клетке. Окислительно-восстановительные реакции как основа энергетического метаболизма.
- Способы получения энергии у прокариот: брожение, дыхание, фотосинтез.
- Окисление органических и неорганических соединений. Субстратное и мембранзависимое фосфорилирование.

Тема 5. Регуляция метаболизма микроорганизмов

- Ингибирование по типу обратной отрицательной связи в разветвленных и неразветвленных метаболических путях. Роль изоферментов. Видоспецифичность такой регуляции.
- Аллостерические ферменты и эффикторы. Аллостерическая регуляция центральных метаболических путей.
- Регуляция активности ферментов путем их ковалентной модификации. Регуляция активности глутаминсинтетазы путем аденилирования-деаденилирования. Регуляция активности цитратлиазы путем ацетилирования- деацетилирования.
- Регуляция синтеза ферментов на уровне транскрипции. Индукция катаболических ферментов: негативная и позитивная.
- Координированная и последовательная индукция.
- Репрессия анаболических ферментов конечным продуктом: позитивная и негативная. Работа рибофлавинового и триптофанового оперонов.



7. Катаболитная репрессия.
8. Мультивалентная репрессия.
9. Регуляция синтеза ферментов на уровне трансляции: позитивная (дискриминация мРНК) и негативная (трансляционная репрессия).
10. Виды трансмембранного переноса у микроорганизмов: пассивная диффузия, облегченная диффузия, активный транспорт. Пермеазные системы. Связывающие белки.
11. Перенос радикалов, фосфотрансферазная система. Регуляция активного транспорта.
12. Экзоферменты.

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету

1. Основные открытия, сделанные в области энзимологии. Общие представления о структуре ферментов. Сходство и отличие ферментов и минеральных катализаторов.
2. Классификация и номенклатура ферментов. Характеристика 1, 2, 3 классов ферментов.
3. Классификация и номенклатура ферментов. Характеристика 4, 5, 6 классов ферментов.
4. Классификация коферментов по химическому строению. Коферменты алифатического и ароматического ряда.
5. Классификация коферментов по химическому строению. Коферменты, являющиеся гетероциклическими соединениями, нуклеозидами и нуклеотидами.
6. Классификация коферментов по природе и каталитическим свойствам.
7. Роль ионов металлов как кофакторов ферментов.
8. Структура активного центра фермента.
9. Механизм действия ферментов на примере ацетилхолинэстеразы.
10. Механизмы взаимодействия фермента и субстрата. Определение активности ферментов.
11. Кинетика ферментативных реакций: зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации фермента и субстрата, уравнение Михаэлиса-Ментен. Константа Михаэлиса, ее значение и определение.
12. Кинетика ферментативных реакций: зависимость скорости ферментативной реакции от температуры и pH.
13. Регуляция активности ферментов: виды ингибирования.
14. Регуляция активности ферментов: аллостерические ферменты.
15. Регуляция активности ферментов: активация ферментов путем ковалентной модификации и белок-белковых взаимодействий.
16. Специфичность действия ферментов.
17. Полиферментные системы.
18. Изоферменты. Распределение ферментов в клетке и в организме. Энзимопатии.
19. Имобилизованные ферменты и клетки.
20. Применение ферментов в медицине и клинической диагностике. Примеры.
21. Применение ферментов в фармации и производственных процессах.
22. Методы получения гомогенных препаратов ферментов.
23. Уровни регуляции обмена веществ у микроорганизмов.
24. Общая характеристика конструктивного метаболизма прокариот.
25. Общая характеристика энергетического метаболизма прокариот.
26. Регуляция активности ферментов: ингибирование по типу обратной связи.
27. Регуляция активности ферментов: аллостерические ферменты.
28. Регуляция активности ферментов: аллостерическая регуляция центральных метаболических путей.
29. Регуляция активности ферментов путем их ковалентной модификации.
30. Регуляция синтеза ферментов путем индукции: координированная и последовательная индукция.
31. Регуляция синтеза ферментов путем индукции (позитивной и негативной).
32. Регуляция синтеза ферментов путем репрессии конечным продуктом (позитивная и негативная репрессия).
33. Регуляция синтеза ферментов путем катаболитной репрессии.
34. Регуляция синтеза ферментов на уровне трансляции.
35. Трансмембранный перенос веществ: диффузия, активный транспорт.
36. Трансмембранный перенос перенос радикалов.
37. Влияние растворенных веществ на метаболизм. Осмотолерантность. Потребность в ионах натрия.
38. Экзоферменты.
39. Регуляция межклеточных взаимодействий. Программируемая клеточная смерть у бактерий.
40. Микроорганизмы-мутанты с нарушенной регуляцией метаболизма.

6.4. Критерии оценивания



Описание показателей и критериев оценивания компетенций для теста

Набранная сумма баллов (% выполненных заданий) (максимум – 100)

Менее 60 – Неудовлетворительно

60-75 – Удовлетворительно

76-95 – Хорошо

86-100 – Отлично

Требования (критериальные показатели) к выполнению контрольной работы

Неудовлетворительно:

Полнота ответа – Студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, отсутствуют межпредметные связи.

Структурированность – Нет.

Логика изложения – Отсутствует логика в изложении материала.

Ответы на дополнительные вопросы – Нет.

Удовлетворительно:

Полнота ответа – Студент усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не достаточно правильные формулировки, ответ отличается низким уровнем самостоятельности.

Структурированность – Не всегда прослеживается четкость и структурированность.

Логика изложения – Не всегда прослеживается логика изложения материала.

Ответы на дополнительные вопросы – Затрудняется с ответами, ответ отличается низкой самостоятельностью.

Хорошо:

Полнота ответа – Студент твердо знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его; ответ отличается меньшей обстоятельностью.

Структурированность – Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен.

Логика изложения – Корректно и логически стройно его излагает ответ.

Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, не всегда ответы на дополнительные вопросы отличаются полнотой, структурированностью.

Отлично:

Полнота ответа – Студент полно излагает учебный материал на основе лекций и дополнительной литературы, осуществляет межпредметные связи; владеет понятийным аппаратом и уяснил взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретения профессии.

Структурированность – Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен.

Логика изложения – Корректно и логически стройно его излагает ответ.

Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами, ответы на дополнительные вопросы характеризуются полнотой, структурированностью.

Критерии оценивания зачета.

«Зачтено» - студент глубоко и полно владеет содержанием учебного материала и понятийным аппаратом; умеет связывать теорию с практикой, иллюстрировать примерами, фактами, данными научных исследований; осуществляет межпредметные связи. Делает выводы; логично, четко. Ясно и кратко излагает ответы на поставленные вопросы; умеет обосновывать свои суждения и профессионально-личностную позицию по излагаемому вопросу. Ответ носит самостоятельный характер. Учитывается уровень ответов на контрольные вопросы, написания тестовых заданий.

«Не зачтено» - студент имеет разрозненные, бессистемные знания: не умеет выделять главное и второстепенное; допускает ошибки в определении понятий, формулировке теоретических положений; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет применять знания для обоснования и объяснения фактов, не устанавливает межпредметные связи. Учитывается уровень ответов на контрольные вопросы, написания тестовых заданий.

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

7.1. Рекомендуемая литература

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- | | |
|----|---|
| Э1 | eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека [научной периодики на русском языке]. — Москва, [1999-]. - Доступ к полным текстам после регистрации из сети ЧелГУ. – URL: http://elibrary.ru/defaultx.asp |
|----|---|



Э2	Научная библиотека Челябинского государственного университета [Электронный ресурс] : [сайт] / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, [2001-]. – Режим доступа: http://www.lib.csu.ru/
Э3	Классическая и молекулярная биология [Электронный ресурс]. —URL: http://molbiol.ru/
Э4	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс]: Медицинские ресурсы сети Интернет. – URL: http://www.nlr.ru/res/inv/ic_med/

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

LMS Moodle

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, 1992 – .

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.

Президентская библиотека (<https://www.prilib.ru/>) Президентская библиотека : электронная национальная библиотека : сайт / ФГБУ Президентская библиотека имени Б. Н. Ельцина. – Санкт-Петербург, 2009 – . – URL: <https://www.prilib.ru/>. – Текст : электронный.

Web of Science (<https://apps.webofknowledge.com>) Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания ThomsonReuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

Scopus (<https://www.scopus.com>) Scopus : реферативная база данных / ElsevierBV. – URL: <http://www.scopus.com/>. – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Для проведения занятий лекционного типа используется учебная аудитория на 40 посадочных мест. Для успешного освоения дисциплины аудитория оборудована мультимедийным комплексом и экраном для демонстрации слайдовых презентаций и видеоматериалов.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий в виде слайд-презентаций:

1. Структура ферментов. Классификация и номенклатура ферментов. Коферменты
2. Механизм действия ферментов. Кинетика ферментативных реакций. Регуляция активности ферментов
3. Специфичность действия ферментов. Полиферментные системы. Изоферменты. Применение ферментов
4. Конструктивный и энергетический метаболизм микроорганизмов.

Для проведения лабораторных занятий в форме практической подготовки используются учебные лаборатории ФГБОУ ВО «ЧелГУ», оснащенные специальным оборудованием, либо помещения и оборудование профильных организаций на основании заключенных долгосрочных договоров о практической подготовке обучающихся при реализации учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей)

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

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

К началу освоения дисциплины «Метаболизм микроорганизмов. Энзимология» необходимо вспомнить материал по базовым дисциплинам, изучавшимся ранее: «Общая, аналитическая и физическая химия», «Органическая химия», «Высокомолекулярные соединения и коллоидная химия», «Общая биология», «Биохимия», «Микробиология. Вирусология», «Цитология и систематика микроорганизмов». Отсутствие знаний по данным дисциплинам крайне затруднит восприятие предмета, целью которого является систематизация и углубление знаний о строении и механизмах действия ферментов, закономерностях протекания ферментативных реакций, особенностях метаболизма и способах его регуляции у микроорганизмов. Для более глубокого освоения каждой темы дисциплины предусмотрен текущий контроль в виде тестов, письменных работ. В процессе освоения курса предлагаются лабораторные работы, выполнение которых позволяет приобрести практические навыки биохимического анализа. Перед выполнением лабораторных работ студент должен изучить теоретический материал по теме лабораторной



работы, прочитать соответствующий раздел в методических рекомендациях. Отчет по лабораторной работе должен содержать объяснение результатов опытов на основании химических или физико-химических процессов, лежащих в основе используемого экспериментального метода. Лабораторные занятия реализуются в форме практической подготовки. В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MSOffice365, форумы, электронная почта и др.).

Большую часть времени обучающиеся самостоятельно работают с учебно-методическими материалами. Студенты имеют возможность консультироваться с преподавателем по всем вопросам, возникающим в ходе самостоятельной работы посредством электронной почты, социальных сетей и т.п.

Доступ обучающегося к учебным ресурсам в режиме отложенного времени, самостоятельной работы осуществляется через сеть Интернет в удобном для него месте, времени и темпе. При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

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 ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания,



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

Рабочая программа дисциплины "Метаболизм микроорганизмов. Энзимология" по направлению подготовки
(специальности) 06.03.01 "Биология" направленности (профилю) Биология ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 16

процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

**06.03.01 Направление подготовки Биология, направленность (профиль)
Биология, РПД «Метаболизм микроорганизмов. Энзимология», 2026 год набора,
очная форма обучения**

Проректор по учебной работе утверждено 03.03.2026 А.А. Саламатов

Ученым советом биологического факультета

Протокол заседания № 8 от 27.02.2026

Председатель Ученого совета

биологического факультета согласовано Д.С. Сашкевич

Заседанием кафедры микробиологии, иммунологии и общей биологии

Протокол заседания № 9 от 27.02.2026

Заведующий кафедрой согласовано А. Л. Бурмистрова

Автор (составитель) Ю.М. Зырянова

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