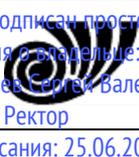


Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 25.06.2025 10:16:27 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f306c577a486b9a8788b8522523	 <p>МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)</p>	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 2025

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

Челябинск 2025 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**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
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
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
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
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
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	Виды контроля в семестрах: зачеты 6
в том числе	:	
аудиторные занятия	: 32	
самостоятельная работа	: 36,7	
контактная работа:	35,3	
ИКР:	3,3	

#### 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	<b>Раздел 1. Структура ферментов. Классификация и номенклатура ферментов. Коферменты</b>			
1.1	Структура ферментов. Классификация и номенклатура ферментов. Коферменты /Лек/	6	2	Л1.1 Э1 Э2
1.2	Классификация и номенклатура ферментов (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	1	Л1.1
1.3	История развития учения о ферментах. /Ср/	6	1,5	Л1.1 Э3
1.4	Коферменты витаминные и невитаминные. /Ср/	6	3,2	Л1.1 Э1 Э2
1.5	Строение рибонуклеазы и лизоцима — представителей ферментов-мономеров. /Ср/	6	1	Л1.1 Э3 Э4
1.6	Структура каталазы и глутаматдегидрогеназы — представителей ферментов-мультимеров. /Ср/	6	1	Л1.1 Э3
1.7	Рибозимы и их роль в биологическом катализе. /Ср/	6	1	Л1.1 Э2 Э3
	<b>Раздел 2. Механизм действия ферментов. Кинетика ферментативных реакций. Регуляция активности ферментов</b>			
2.1	Механизм действия ферментов. Кинетика ферментативных реакций. Регуляция активности ферментов /Лек/	6	4	Л1.1 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	Л1.1 Э1 Э2 Э4
2.3	Оксигеназы и гидроксилазы. Их свойства и механизм действия /Ср/	6	2	Л1.1 Э1 Э3
2.4	Фосфорилазы, их строение и механизм действия. Активирование фосфорилаз при участии циклической АМФ. /Ср/	6	2	Л1.1 Э1 Э3 Э4
2.5	Ферменты гидролиза полисахаридов: $\alpha$ -, $\beta$ - и $\gamma$ -амилазы, амило-1,6-глюкозидаза, целлюлаза. /Ср/	6	2	Л1.1 Э1 Э2
2.6	Методы определения константы Михаэлиса. /Ср/	6	2	Л1.1 Э1 Э3
	<b>Раздел 3. Специфичность действия ферментов. Полиферментные системы. Изоферменты. Применение ферментов</b>			
3.1	Специфичность действия ферментов. Полиферментные системы. Изоферменты. Применение ферментов /Лек/	6	2	Л1.1 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	Л1.1
3.3	Ферменты патогенности бактерий. Методы определения лецитиназы, ДНКзы, РНКзы, плазмокоагулазы, фибринолизина, гемолизина различных классов, коллагеназы, нейраминидазы и др. (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	2	Л1.1 Э3 Э4
3.4	Сахаролитические ферменты дрожжей, энтеробактерий, стафилококков и других групп микроорганизмов. Амилолитическая активность (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	2	Л1.1 Э1 Э2
3.5	Мультиэнзимные комплексы: строение пируватдегидрогеназы декарбоксилирующей и синтетазы высших жирных кислот /Ср/	6	2	Л1.1 Э3
3.6	Методы получения гомогенных препаратов ферментов /Ср/	6	1	Л1.1 Э1 Э2 Э3
3.7	Изоформы и множественные формы ферментов, примеры. Применение изоферментов /Ср/	6	2	Л1.1 Э3
3.8	Иммобилизованные ферменты /Ср/	6	1	Л1.1 Э2 Э3 Э4
3.9	Применение ферментов /Ср/	6	1	Л1.1 Э2
<b>Раздел 4. Конструктивный и энергетический метаболизм микроорганизмов</b>				
4.1	Конструктивный и энергетический метаболизм микроорганизмов /Лек/	6	4	Л1.1 Э1 Э2 Э3
4.2	Определение липолитических ферментов дрожжей и представителей рода <i>Clostridium</i> (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	2	Л1.1 Э1 Э3
4.3	Особенности биосинтеза аминокислот у микроорганизмов /Ср/	6	1	Л1.1 Э1 Э2 Э3
4.4	Особенности обмена углеводов у микроорганизмов /Ср/	6	1	Л1.1 Э1 Э2
4.5	Экзоферменты микроорганизмов /Ср/	6	2	Л1.1 Э1 Э3
4.6	Особенности энергетического обмена микроорганизмов с различными типами питания /Ср/	6	1	Л1.1 Э1 Э3 Э4
4.7	Способы получения энергии у прокариот: брожение, дыхание, фотосинтез /Ср/	6	2	Л1.1 Э1 Э2 Э3
<b>Раздел 5. Регуляция метаболизма микроорганизмов</b>				
5.1	Регуляция метаболизма микроорганизмов /Лек/	6	4	Л1.1 Э1 Э3
5.2	Ферменты инактивации антибиотиков и методы их обнаружения. Фенотипические и генотипические методы определения пенициллиназ, беталактамаз, беталактамаз расширенного спектра (БЛРС), цефалоспоринаяз, металлобеталактамаз (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	2	Л1.1 Э4
5.3	Определение влияния глюкозы на синтез триптофаназы <i>E. coli</i> (катаболитная репрессия). Определение индуцибельного типа синтеза метилаз у <i>S. aureus</i> (в форме практической подготовки) /Лаб/	6	2	Л1.1 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	Л1.1 Э1 Э2
5.5	Аллостерическая регуляция центральных метаболических путей /Ср/	6	2	Л1.1 Э2 Э3 Э4



5.6	Индукция катаболических ферментов: негативная и позитивная /Ср/	6	2	Л1.1 Э3 Э4
5.7	Репрессия анаболических ферментов конечным продуктом: позитивная и негативная. /Ср/	6	1	Л1.1 Э1 Э2
5.8	Регуляция межклеточных взаимодействий у микроорганизмов /Ср/	6	1	Л1.1 Э2 Э3
5.9	Микроорганизмы-мутанты с нарушенной регуляцией. /Ср/	6	1	Л1.1 Э2 Э3 Э4
<b>Раздел 6. Иная контактная работа</b>				
6.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	6	3,3	Л1.1

## 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 рН
- 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 + НАДН<sub>2</sub>
2. Янтарная кислота + ФАД → Фумаровая кислота + ФАДН<sub>2</sub>
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 →  
→ Щавелево-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 термолабильные ферменты. Зависимость скорости ферментативной реакции от значения рН, оптимум рН.
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=370C. Как изменится активность фермента в каждом из следующих случаев (↓ – уменьшится; ↑ – увеличится)? Укажите причину изменения активности.

- a) pH инкубационной среды равен 5,
- б) температура инкубации – 700C,
- в) в инкубационную среду добавлен раствор CuSO<sub>4</sub> (Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>),
- г) в присутствии CuSO<sub>4</sub> (Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) в среде увеличена концентрация крахмала.

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

- 1) уменьшается скорость ферментативной реакции,
- 2) изменяется конформация фермента,
- 3) эффектор присоединяется в активном центре,
- 4) изменяется конформация аллостерического центра,
- 5) нарушается комплементарность активного центра субстрату,
- 6) эффектор присоединяется в аллостерическом центре,
- 7) изменяется конформация активного центра.

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

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

Тема 4. Конструктивный и энергетический метаболизм микроорганизмов

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

Тема 5. Регуляция метаболизма микроорганизмов

1. Ингибирование по типу обратной отрицательной связи в разветвленных и неразветвленных метаболических путях. Роль изоферментов. Видоспецифичность такой регуляции.
2. Аллостерические ферменты и эффекторы. Аллостерическая регуляция центральных метаболических путей.
3. Регуляция активности ферментов путем их ковалентной модификации. Регуляция активности глутаминсинтетазы путем аденилирования-деаденилирования. Регуляция активности цитратлиазы путем ацетилирования-деацетилирования.
4. Регуляция синтеза ферментов на уровне транскрипции. Индукция катаболических ферментов: негативная и позитивная.
5. Координированная и последовательная индукция.
6. 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) (max – 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

#### 7.1.1. Основная литература

Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
---------	----------	---------------	--------



	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л1.1	Авдеева Л.В., Алейникова Т.Л., Андрианова Л.Е.	Биохимия: учебник ( <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970454619.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970454619.html</a> )	Москва : ГЭОТАР- Медиа, 2020	ЭБС

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

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

Web of Science (<https://apps.webofknowledge.com>) WebofScience : 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, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

**06.03.01 Направление подготовки Биология, РПД Метаболизм  
микроорганизмов. Энзимология, 2025 год набора, очная форма обучения**

Проректор по учебной работе      утверждено 24.02.2025      А.А. Саламатов

Ученым советом биологического факультета

Протокол заседания № 6 от 21.02.2025

Председатель Ученого совета

биологического факультета      согласовано      Д.С. Сташкевич

**Заседанием кафедры микробиологии, иммунологии и общей биологии**

Протокол заседания № 6 от 21.02.2025

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**