

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени И.Т. ТРУБИЛИНА»

Институт ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии
Биотехнологии, биохимии и биофизики



УТВЕРЖДЕНО

Директор

Гнеуш А.Н.

Протокол от 29.04.2026 № 9

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«ИНЖЕНЕРНАЯ ЭНЗИМОЛОГИЯ»**

Уровень высшего образования: магистратура

Направление подготовки: 19.04.01 Биотехнология

Направленность (профиль) подготовки: Прикладная биотехнология

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Формы обучения: очная, заочная

Год набора (приема на обучение): 2026

Срок получения образования: Очная форма обучения – 2 года
Заочная форма обучения – 2 года 6 месяца(-ев)

Объем: в зачетных единицах: 2 з.е.
в академических часах: 72 ак.ч.

Разработчики:

Заведующий кафедрой, кафедра биотехнологии, биохимии и биофизики Гнеуш А.Н.

Доцент, кафедра биотехнологии, биохимии и биофизики
Мачнева Н.Л.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 19.04.01 Биотехнология, утвержденного приказом Минобрнауки от 10.08.2021 № 731

Согласование и утверждение

№	Подразделение или коллегиальный орган	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Биотехнологии, биохимии и биофизики	Заведующий кафедрой, руководитель подразделения, реализующего ОП	Гнеуш А.Н.	Согласовано	20.04.2026, № 33
2	Биотехнологии, биохимии и биофизики	Руководитель образовательной программы	Гнеуш А.Н.	Согласовано	20.04.2026, № 33
3	Институт ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии	Председатель методической комиссии/совета	Мачнева Н.Л.	Согласовано	24.04.2026, № 8

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины - понимание студентами принципов функционирования белковых посредников биохимических процессов - ферментов и других компонентов, осуществляющих катализ реакций, транслокацию и узнавание субстратов.

Задачи изучения дисциплины:

- Формирование представлений о фундаментальной роли энзимов в обмене веществ в клетке, регуляции и интеграции метаболических процессов в живых организмах через ферментативный аппарат.;
- Ознакомление с современными методами исследования и способами практического применения ферментов.;
- Формирование у студентов практических навыков энзимологических исследований.;
- Приобретение студентом практических знаний и навыков, необходимых будущему специалисту для обоснованных решений, при организации и проведении процессов получения ферментов и биокатализа в будущей профессиональной деятельности.;
- Выяснение компенсаторных механизмов нарушенных этапов метаболических процессов в клетке и способов управления этой компенсацией..

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-П4 Способен разрабатывать технологии производства, предложения по оптимизации биопрепаратов с учетом биохимических характеристик

ПК-П4.1 Разрабатывает предложения по оптимизации производства лекарственных средств, вакцин нового поколения, бактериофагов, антибиотиков, гормонов с учетом оценки рисков при внедрении

Знать:

ПК-П4.1/Зн1 Методологию разработки предложения по оптимизации производства лекарственных средств, вакцин нового поколения, бактериофагов, антибиотиков, гормонов с учетом оценки рисков при внедрении

Уметь:

ПК-П4.1/Ум1 Разрабатывать предложения по оптимизации производства лекарственных средств, вакцин нового поколения, бактериофагов, антибиотиков, гормонов с учетом оценки рисков при внедрении

Владеть:

ПК-П4.1/Нв1 Методологией и разработки предложения по оптимизации производства лекарственных средств, вакцин нового поколения, бактериофагов, антибиотиков, гормонов с учетом оценки рисков при внедрении

ПК-П4.2 Разрабатывает и внедряет мероприятия по исследованию биохимических характеристик продовольственного сырья для производства биопрепаратов

Знать:

ПК-П4.2/Зн1 Механизм разработки и внедрения мероприятия по исследованию биохимических характеристик продовольственного сырья для производства биопрепаратов

Уметь:

ПК-П4.2/Ум1 Разрабатывать и внедрять мероприятия по исследованию биохимических характеристик продовольственного сырья для производства биопрепаратов

Владеть:

ПК-П4.2/Нв1 Навыками разработки и внедрения мероприятий по исследованию биохимических характеристик продовольственного сырья для производства биопрепаратов

ПК-П4.3 Разрабатывает предложения по сохранению качества сырья и готовых биопрепаратов с заданными свойствами

Знать:

ПК-П4.3/Зн1 Основы разработки предложений по сохранению качества сырья и готовых биопрепаратов с заданными свойствами

Уметь:

ПК-П4.3/Ум1 Разрабатывать предложения по сохранению качества сырья и готовых биопрепаратов с заданными свойствами

Владеть:

ПК-П4.3/Нв1 Навыками разработки предложений по сохранению качества сырья и готовых биопрепаратов с заданными свойствами

ПК-П4.4 Проводит исследования биохимических характеристик сырья для производства биоудобрений, пробиотиков, кормового белка и готовой продукции

Знать:

ПК-П4.4/Зн1 Особенности проведения исследований биохимических характеристик сырья для производства биоудобрений, пробиотиков, кормового белка и готовой продукции

Уметь:

ПК-П4.4/Ум1 Проводить исследования биохимических характеристик сырья для производства биоудобрений, пробиотиков, кормового белка и готовой продукции

Владеть:

ПК-П4.4/Нв1 Навыками проведения исследований биохимических характеристик сырья для производства биоудобрений, пробиотиков, кормового белка и готовой продукции

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) «Инженерная энзимология» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): Очная форма обучения - 2, Заочная форма обучения - 2.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к решению типов задач профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Очная форма обучения

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Контактная работа (часы, всего)	Внеаудиторная контактная работа (часы)	Зачет (часы)	Лекционные занятия (часы)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)

Второй семестр	72	2	29	1		14	14	43	Зачет
Всего	72	2	29	1		14	14	43	

Заочная форма обучения

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Контактная работа (часы, всего)	Внеаудиторная контактная работа (часы)	Зачет (часы)	Лекционные занятия (часы)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
Второй семестр	72	2	9	1		2	6	63	Зачет
Всего	72	2	9	1		2	6	63	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий (часы промежуточной аттестации не указываются)

Очная форма обучения

Наименование раздела, темы	Всего	Внеаудиторная контактная работа	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотношенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Ферменты-катализаторы биохимических реакций.	14		4	2	8	ПК-П4.1 ПК-П4.2 ПК-П4.3 ПК-П4.4
Тема 1.1. Ферментативный катализ.	7		2	1	4	
Тема 1.2. Ферменты. Классификация и номенклатура. Методы изучения.	7		2	1	4	
Раздел 2. Принципы биоэнергетики. Энергетические процессы.	16		4	4	8	ПК-П4.1 ПК-П4.2 ПК-П4.3 ПК-П4.4
Тема 2.1. Биоэнергетика	8		2	2	4	
Тема 2.2. Аэробные и анаэробные энергетические процессы.	8		2	2	4	
Раздел 3. Регуляция активности белковых посредников биохимических процессов.	10		2	2	6	ПК-П4.1 ПК-П4.2 ПК-П4.3 ПК-П4.4

Тема 3.1. Активность белковых посредников.	10		2	2	6	
Раздел 4. Транспорт субстратов и продуктов. Регуляция биосинтеза энзимов.	16		4	4	8	ПК-П4.1 ПК-П4.2 ПК-П4.3 ПК-П4.4
Тема 4.1. Транспортные системы.	8		2	2	4	
Тема 4.2. Биосинтез белков.	8		2	2	4	
Раздел 5. Репликация. Регуляция на этапе функционирования аппарата трансляции.	16	1		2	13	ПК-П4.1 ПК-П4.2 ПК-П4.3 ПК-П4.4
Тема 5.1. Особенности процесса репликации.	6			1	5	
Тема 5.2. Трансляция.	10	1		1	8	
Итого	72	1	14	14	43	

Заочная форма обучения

Наименование раздела, темы	Всего	Внеаудиторная контактная работа	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотношенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Ферменты-катализаторы биохимических реакций.	20		2	2	16	ПК-П4.1 ПК-П4.2 ПК-П4.3 ПК-П4.4
Тема 1.1. Ферментативный катализ.	12		2	2	8	
Тема 1.2. Ферменты. Классификация и номенклатура. Методы изучения.	8				8	
Раздел 2. Принципы биоэнергетики. Энергетические процессы.	12				12	ПК-П4.1 ПК-П4.2 ПК-П4.3 ПК-П4.4
Тема 2.1. Биоэнергетика	6				6	
Тема 2.2. Аэробные и анаэробные энергетические процессы.	6				6	
Раздел 3. Регуляция активности белковых посредников биохимических процессов.	11	1		2	8	ПК-П4.1 ПК-П4.2 ПК-П4.3 ПК-П4.4
Тема 3.1. Активность белковых посредников.	11	1		2	8	

Раздел 4. Транспорт субстратов и продуктов. Регуляция биосинтеза энзимов.	16				16	ПК-П4.1 ПК-П4.2 ПК-П4.3 ПК-П4.4
Тема 4.1. Транспортные системы.	8				8	
Тема 4.2. Биосинтез белков.	8				8	
Раздел 5. Репликация. Регуляция на этапе функционирования аппарата трансляции.	13			2	11	ПК-П4.1 ПК-П4.2 ПК-П4.3 ПК-П4.4
Тема 5.1. Особенности процесса репликации.	10			2	8	
Тема 5.2. Трансляция.	3				3	
Итого	72	1	2	6	63	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин

Раздел 1. Ферменты-катализаторы биохимических реакций.

(Заочная: Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 16ч.; Очная: Лекционные занятия - 4ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 8ч.)

Тема 1.1. Ферментативный катализ.

(Заочная: Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 8ч.; Очная: Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 1ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)

Общие представления о ферментативном катализе. Сравнение химического и ферментативного катализа.

Тема 1.2. Ферменты. Классификация и номенклатура. Методы изучения.

(Очная: Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 1ч.; Самостоятельная работа - 4ч.; Заочная: Самостоятельная работа - 8ч.)

Методы изучения специфичности ферментов. Природа связей между молекулами фермента и субстрата. Принципы классификации и номенклатуры ферментов.

Раздел 2. Принципы биоэнергетики. Энергетические процессы.

(Очная: Лекционные занятия - 4ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 8ч.; Заочная: Самостоятельная работа - 12ч.)

Тема 2.1. Биоэнергетика

(Очная: Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 4ч.; Заочная: Самостоятельная работа - 6ч.)

Пути и механизмы преобразования энергии в живых системах. Классификация энергетических процессов. Роль АТФ и ТЭП в запасании энергии. Первичные и вторичные генераторы ТЭП. Энергетический заряд и энергетическая эффективность роста. Основные типы сопряжения энергетических и конструктивных процессов.

Тема 2.2. Аэробные и анаэробные энергетические процессы.

(Очная: Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 4ч.; Заочная: Самостоятельная работа - 6ч.)

Аэробное дыхание. Дыхательная цепь. Обратный перенос электронов. Эволюция путей аэробного метаболизма. Анаэробное дыхание. Брожения. Взаимосвязь энергетических и конструктивных процессов в клетке.

Раздел 3. Регуляция активности белковых посредников биохимических процессов.

(Заочная: Внеаудиторная контактная работа - 1ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 8ч.; Очная: Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 6ч.)

Тема 3.1. Активность белковых посредников.

(Заочная: Внеаудиторная контактная работа - 1ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 8ч.; Очная: Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 6ч.)

Регуляция активности белковых посредников путем их ковалентной модификации. Регуляция активности белковых посредников путем нековалентного взаимодействия с эффекторами. Регуляция активности белковых посредников путем пространственного разобщения и взаимодействия с мембранами.

Раздел 4. Транспорт субстратов и продуктов. Регуляция биосинтеза энзимов.

(Очная: Лекционные занятия - 4ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 8ч.; Заочная: Самостоятельная работа - 16ч.)

Тема 4.1. Транспортные системы.

(Очная: Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 4ч.; Заочная: Самостоятельная работа - 8ч.)

Механизмы клеточной проницаемости. Организация транспортных систем. Способы сопряжения транспорта с энергией метаболизма. Регуляция транспортных процессов. Транспорт веществ из клетки в среду: секреция и экскреция.

Тема 4.2. Биосинтез белков.

(Очная: Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 4ч.; Заочная: Самостоятельная работа - 8ч.)

Основные определения. Уровни регуляции. Регуляция биосинтеза белков.

Раздел 5. Репликация. Регуляция на этапе функционирования аппарата трансляции.

(Очная: Внеаудиторная контактная работа - 1ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 13ч.; Заочная: Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 11ч.)

Тема 5.1. Особенности процесса репликации.

(Заочная: Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 8ч.; Очная: Практические занятия - 1ч.; Самостоятельная работа - 5ч.)

Транскрипция генетической информации. Регуляция процесса транскрипции. Регуляция на этапе биосинтеза и сборки компонентов аппарата трансляции.

Тема 5.2. Трансляция.

(Очная: Внеаудиторная контактная работа - 1ч.; Практические занятия - 1ч.; Самостоятельная работа - 8ч.; Заочная: Самостоятельная работа - 3ч.)

Регуляция биосинтеза белков путем посттрансляционной модификации. Регуляция круговорота белков путем избирательного протеолиза.

Раздел 6. Технологические подходы к культивированию ферментных препаратов.

6. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Ферменты-катализаторы биохимических реакций.

Форма контроля/оценочное средство: Кейс-задание

Вопросы/Задания:

1. Сходство ферментов с неорганическими катализаторами:

- А. Высокая скорость ферментативного катализа
- Б. Действие каждого фермента высокоспецифично
- В. Ферменты катализируют химические реакции
- Г. Катализ протекает реакции в мягких условиях
- Д. Катализ протекает при значениях рН среды близких к нейтральной.

2. Однокомпонентные ферменты:

- А. Простые
- Б. Сложные
- В. Построены как из белковой части, так и небелковой части
- Г. Состоят из апофермента и кофактора
- Д. Представляют собой холофермент

3. Однокомпонентные ферменты:

- А. Сложные
- Б. Построены как из белковой части, так и небелковой части
- В. При гидролизе распадаются только на аминокислоты
- Г. Состоят из апофермента и кофактора
- Д. Представляют собой холофермент

4. Химическая природа ферментов:

- А. олигосахариды
- Б. углеводы
- В. белки
- Г. полисахариды
- Д. пептидогликаны

Раздел 2. Принципы биоэнергетики. Энергетические процессы.

Форма контроля/оценочное средство: Кейс-задание

Вопросы/Задания:

1. Роль кофактора НЕ выполняет

- А. органическое соединение
- Б. ион
- В. витамин
- Г. нуклеотид.
- Д. полипептид

2. Процесс ферментативного катализа можно условно разделить на :

- А. 2 стадии
- Б. 3 стадии
- В. 4 стадии
- Г. 5 стадий
- Д. 6 стадий

3. Дополните выражение

Активный центр фермента - это...

Раздел 3. Регуляция активности белковых посредников биохимических процессов.

Форма контроля/оценочное средство: Кейс-задание

Вопросы/Задания:

1. Дайте определение

Ферменты - это...

2. Активный центр фермента – это локальный участок:

- А. липидной молекулы, на которой совершается акт катализа
- Б. углеводной молекулы, на которой совершается акт катализа
- В. белковой молекулы, на которой совершается акт катализа
- Г. ткани, на которой совершается акт катализа
- Д. клетки, на которой совершается акт катализа

3. Субстрат — это вещество

- А. которое представляет собой продукт реакции
- Б. на которое действует фермент
- В. которое образуется под действием фермента
- Г. которое нестабильно
- Д. которое образовалось после высушивания

Раздел 4. Транспорт субстратов и продуктов. Регуляция биосинтеза энзимов.

Форма контроля/оценочное средство: Кейс-задание

Вопросы/Задания:

1. Дайте определение

Энергия активации представляет собой...

2. Дополните высказывание

Активность условного ферментного препарата — ...

Раздел 5. Репликация. Регуляция на этапе функционирования аппарата трансляции.

Форма контроля/оценочное средство: Кейс-задание

Вопросы/Задания:

1. К ферментам растительного происхождения НЕ относится:

- А. амилаза
- Б. ренин
- В. папаин
- Г. бромелаин
- Д. фицин

2. Особенность получения ферментов микробного происхождения, которая НЕ относится к их преимуществам:

- А. возможность получения ферментов в любых количествах из-за способности микроорганизмов расти на дешевых питательных средах
- Б. возможность повышения биосинтеза ферментов с помощью получения высокопродуктивных мутантных форм микроорганизмов
- В. дезинтеграция биомассы микроорганизмов перед выделением эндоферментов
- Г. возможность повышения биосинтеза ферментов из-за способности микроорганизмов быстро адаптироваться к новым источникам питания

Раздел 6. Технологические подходы к культивированию ферментных препаратов.

Форма контроля/оценочное средство: Кейс-задание

Вопросы/Задания:

1. Субстратная специфичность ферментов – это способность ферментов избирательно действовать на:

- А. продукт
- Б. другой фермент
- В. субстрат
- Г. микроорганизм
- Д. клетку

7. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Очная форма обучения, Второй семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ПК-П4.1 ПК-П4.2 ПК-П4.3 ПК-П4.4

Вопросы/Задания:

1. Химическая природа ферментов. Молекулярная масса ферментных белков. Одно- и двухкомпонентные ферменты. Коферменты и простетические группы, их важнейшие представители.
2. Методы очистки ферментов.
3. Физическая иммобилизация ферментов.
4. Изоферменты. Ферментная система.
5. Термодинамические характеристики ферментативной реакции. Определение изменения свободной энергии, энтальпии и энтропии. Значение этих величин для понимания действия ферментов.
6. Биологическая роль ферментов.
7. Класс оксидоредуктаз.
8. Различные уровни структурной организации ферментов и значение их для ферментативной активности.
9. Общее представление о механизме действия ферментов. Общее понятие о катализе.
10. Класс лигаз.
11. Краткие исторические сведения о развитии энзимологии (этапы). Химическая иммобилизация ферментов.
12. Получение кристаллических препаратов ферментов. Критерий чистоты ферментативных препаратов.
13. Активный центр ферментов, его строение и функция. Методы изучения строения активного центра.
14. Обратимые конкурентные ингибиторы.
15. Преимущество иммобилизованных ферментов. Носители, применяемые для иммобилизации ферментов.
16. Значение третичной структуры в формировании активного центра. Гипотеза Кошланда об индуцированном структурном соответствии.
17. Коферменты и простетические группы, их важнейшие представители.

18. Аллостерическая регуляция активности ферментов.
19. Снижение энергии активности при ферментативном катализе. Энергия активации в различных филогенетических группах организмов.
20. Механизмы двухсубстратных ферментативных реакций.
21. Фермент-субстратный комплекс. Связи, участвующие в его образовании. Доказательства образования фермент-субстратного комплекса.
22. Строение активного центра и механизм гидролитического действия лизоцима.
23. Особенности ферментативного действия.
24. Типы реакций, катализируемых никотинамиддинуклеотидными дегидрогеназы. Роль кофермента и белковой части.
25. Определение констант диссоциации ионогенных групп активного центра.
26. Имобилизованные ферменты.
27. Правила работы с ферментами. Хранение ферментных препаратов.
28. Коферменты и простетические группы, их важнейшие представители.
29. Определение энергии активации для отдельных стадий преобразования и распада фермент-субстратного комплекса.
30. Обратимые неконкурентные ингибиторы. Определение констант ингибирования.
31. Роль субклеточных культур в регуляции действия ферментов. Обратимость действия ферментов. Антиферменты.
32. Понятие константы Михаэлиса и максимальной скорости, их значения при исследовании механизма ферментативных реакций, методы их определения.
33. Типы реакций, катализируемых никотинамиддинуклеотидными дегидрогеназы. Роль кофермента и белковой части.
34. Влияние концентрации водородных ионов на скорость ферментативных реакций.
35. Ферменты в сельском хозяйстве. Инженерная энзимология. Перспективы использования ферментов.

Заочная форма обучения, Второй семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ПК-П4.1 ПК-П4.2 ПК-П4.3 ПК-П4.4

Вопросы/Задания:

1. Общая характеристика нуклеаз. Реакции, катализируемые рибонуклеазами.

2. Влияние температуры на скорость ферментативных реакций.
3. Определение констант диссоциации ионогенных групп активного центра.
4. Общее представление о механизме действия ферментов.
5. Значение исследования рН на скорость ферментативных реакций. Возможные механизмы этого влияния.
6. Определение констант диссоциации ионогенных групп активного центра.
7. Типы реакций, катализируемых никотинамиддинуклеотидными дегидрогеназы. Роль кофермента и белковой части.
8. Влияние концентрации водородных ионов на скорость ферментативных реакций.
9. Обратимые конкурентные ингибиторы.
10. Стереохимическая специфичность действия ферментов.
11. Ферменты в сельском хозяйстве. Инженерная энзимология. Перспективы использования ферментов.
12. Роль субклеточных культур в регуляции действия ферментов. Обратимость действия ферментов. Антиферменты.
13. Обратимые неконкурентные ингибиторы. Определение констант ингибирования.
14. Коферменты и простетические группы, их важнейшие представители.
15. Энергия активации. Изменение свободной энергии для реакции различных типов
16. Энергия активации. Изменение свободной энергии для реакции различных типов.
17. Правила работы с ферментами. Хранение ферментных препаратов.
18. Общий кислотно-основной катализ. Ковалентный катализ. Связывание субстрата в "напряженной конфигурации". Эффект сближения и ориентации.
19. Методы исследования ферментативного действия в живой клетке и ее отдельных структурных элементах.
20. Имобилизованные ферменты.
21. Специфичность действия ферментов.
22. Типы реакций, катализируемых никотинамиддинуклеотидными дегидрогеназы. Роль кофермента и белковой части.

23. Фермент-субстратный комплекс. Связи, участвующие в его образовании. Доказательства образования фермент-субстратного комплекса.

24. Ингибирование ферментативной реакции субстратом и продуктами.

25. Использование ферментов в промышленности.

26. Методы изучения ферментативной активности.

27. Строение активного центра и механизм гидролитического действия лизоцима.

28. Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата. Уравнение Михаэлиса-Ментена и его анализ.

29. Снижение энергии активности при ферментативном катализе. Энергия активации в различных филогенетических группах организмов.

30. Класс гидролаз.

8. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Биотехнология. Практикум по культивированию клеточных культур : учебное пособие / М. Ш. Азаев, Т. Н. Ильичева, Л. Ф. Бакулина [и др.]. — Москва : ИНФРА-М, 2025. — 142 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-015953-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2175286> (дата обращения: 21.06.2026). — Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Максимов Г.В., Василенко В.Н., Клименко А.И., Максимов А.Г., Ленкова Н.В. Теоретические и практические аспекты использования биотехнологии и генной инженерии / Максимов Г.В., Василенко В.Н., Клименко А.И., Максимов А.Г., Ленкова Н.В. — Ай Пи Ар Медиа, 2026. — ISBN 978-5-4497-4727-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/154227.html> (дата обращения: 16.06.2026). — Режим доступа: по подписке

8.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. <https://elibrary.ru/> - Научная электронная библиотека eLibrary
2. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/> - Национальный центр биотехнологической информации

8.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине позволяют:

- обеспечить взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействие посредством сети «Интернет»;
- фиксировать ход образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации по дисциплине и результатов освоения образовательной программы;
- организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентаций, учебных фильмов;
- контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

- 1 Microsoft Windows - операционная система.
- 2 Microsoft Office (включает Word, Excel, Power Point) - пакет офисных приложений.

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- 1 Гарант - правовая, <https://www.garant.ru/>
- 2 Консультант - правовая, <https://www.consultant.ru/>
- 3 Научная электронная библиотека eLibrary - универсальная, <https://elibrary.ru/>

Доступ к сети Интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения

(обновление производится по мере появления новых версий программы)

Не используется.

Перечень информационно-справочных систем

(обновление выполняется еженедельно)

Не используется.

8.4. Специальные помещения, лаборатории и лабораторное оборудование

Университет располагает на праве собственности или ином законном основании материально-техническим обеспечением образовательной деятельности (помещениями и оборудованием) для реализации программы бакалавриата, специалитета, магистратуры по Блоку 1 "Дисциплины (модули)" и Блоку 3 "Государственная итоговая аттестация" в соответствии с учебным планом.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", как на территории университета, так и вне его. Условия для функционирования электронной информационно-образовательной среды могут быть созданы с использованием ресурсов иных организаций.

Лаборатория

007зоо

pH-метр AB33PH-F, стационарный, -2-16 + - 0,01, pH-электрод ST310, с поверкой, Ohaus (Китай) - 1 шт.

бокс ламинарный БАВнп-01 Ламинар-с-1,5 - 1 шт.

Весы электронные аналитические CITIZEN CY-224C - 1 шт.

декадный магазин емкост. Time Electronics 1067 - 1 шт.

Компьютер персональный Lenovo G5405/4Гб/128Гб - 1 шт.

Микроскоп прямой лабораторного класса Olympus CX23 - 1 шт.

Плитка нагревательная C-Mag HP 10 IKAtherm, 50-500C, платформа 260x260 мм, керамика, IKA - 1 шт.

Счетчик и анализатор жизнеспособности клеток 4-60 мкм C100 RWD Life Science - 1 шт.

телевизор Samsung LE-40 - 1 шт.

Термостат жидкостной (баня) 4л до 100 С, WB-4MS с магн. мешалкой, ванна нерж. сталь BioSan (Баня-термостат водяная WB-4MS) - 1 шт.

Холодильник комбинированный лабораторный ХЛ-340-1 "POZIS" с металлическими дверями - 1 шт.

Шейкер-инкубатор ES-20/60 регул обороты 50-250 об/мин орбита 20мм BioSan - 1 шт.

Компьютерный класс

010300

Интерактивная панель Samsung - 1 шт.

Персональный компьютер iRU I5/16GB/512GbSSD - 1 шт.

9. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

Учебная работа по направлению подготовки осуществляется в форме контактной работы с преподавателем, самостоятельной работы обучающегося, текущей и промежуточной аттестаций, иных формах, предлагаемых университетом. Учебный материал дисциплины структурирован и его изучение производится в тематической последовательности. Содержание методических указаний должно соответствовать требованиям Федерального государственного образовательного стандарта и учебных программ по дисциплине. Самостоятельная работа студентов может быть выполнена с помощью материалов, размещенных на портале поддержки Moodle.

Методические указания по формам работы

Лекционные занятия

Передача значительного объема систематизированной информации в устной форме достаточно большой аудитории. Дает возможность экономно и систематично излагать учебный материал. Обучающиеся изучают лекционный материал, размещенный на портале поддержки обучения Moodle.

Практические занятия

Форма организации обучения, проводимая под руководством преподавателя и служащая для детализации, анализа, расширения, углубления, закрепления, применения (или выполнения) разнообразных практических работ, упражнений) и контроля усвоения полученной на лекциях учебной информации. Практические занятия проводятся с использованием учебно-методических изданий, размещенных на образовательном портале университета.

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

Для инвалидов и лиц с ОВЗ может изменяться объём дисциплины (модуля) в часах, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося (при этом не увеличивается количество зачётных единиц, выделенных на освоение дисциплины).

Фонды оценочных средств адаптируются к ограничениям здоровья и восприятия информации обучающимися.

Основные формы представления оценочных средств – в печатной форме или в форме электронного документа.

Формы контроля и оценки результатов обучения инвалидов и лиц с ОВЗ с нарушением зрения:

– устная проверка: дискуссии, тренинги, круглые столы, собеседования, устные коллоквиумы и др.;

– с использованием компьютера и специального ПО: работа с электронными образовательными ресурсами, тестирование, рефераты, курсовые проекты, дистанционные

формы, если позволяет острота зрения - графические работы и др.;

- при возможности письменная проверка с использованием рельефно-точечной системы Брайля, увеличенного шрифта, использование специальных технических средств (тифлотехнических средств): контрольные, графические работы, тестирование, домашние задания, эссе, отчеты и др.

Формы контроля и оценки результатов обучения инвалидов и лиц с ОВЗ с нарушением слуха:

- письменная проверка: контрольные, графические работы, тестирование, домашние задания, эссе, письменные коллоквиумы, отчеты и др.;

- с использованием компьютера: работа с электронными образовательными ресурсами, тестирование, рефераты, курсовые проекты, графические работы, дистанционные формы и др.;

- при возможности устная проверка с использованием специальных технических средств (аудиосредств, средств коммуникации, звукоусиливающей аппаратуры и др.): дискуссии, тренинги, круглые столы, собеседования, устные коллоквиумы и др.

Формы контроля и оценки результатов обучения инвалидов и лиц с ОВЗ с нарушением опорно-двигательного аппарата:

- письменная проверка с использованием специальных технических средств (альтернативных средств ввода, управления компьютером и др.): контрольные, графические работы, тестирование, домашние задания, эссе, письменные коллоквиумы, отчеты и др.;

- устная проверка, с использованием специальных технических средств (средств коммуникаций): дискуссии, тренинги, круглые столы, собеседования, устные коллоквиумы и др.;

- с использованием компьютера и специального ПО (альтернативных средств ввода и управления компьютером и др.): работа с электронными образовательными ресурсами, тестирование, рефераты, курсовые проекты, графические работы, дистанционные формы предпочтительнее обучающимся, ограниченным в передвижении и др.

Адаптация процедуры проведения промежуточной аттестации для инвалидов и лиц с ОВЗ.

В ходе проведения промежуточной аттестации предусмотрено:

- предъявление обучающимся печатных и (или) электронных материалов в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья;

- возможность пользоваться индивидуальными устройствами и средствами, позволяющими адаптировать материалы, осуществлять приём и передачу информации с учетом их индивидуальных особенностей;

- увеличение продолжительности проведения аттестации;

- возможность присутствия ассистента и оказания им необходимой помощи (занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, общаться с преподавателем).

Формы промежуточной аттестации для инвалидов и лиц с ОВЗ должны учитывать индивидуальные и психофизические особенности обучающегося/обучающихся по АООП ВО (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.).

Специальные условия, обеспечиваемые в процессе преподавания дисциплины студентам с нарушениями зрения:

- предоставление образовательного контента в текстовом электронном формате, позволяющем переводить плоскостную информацию в аудиальную или тактильную форму;

- возможность использовать индивидуальные устройства и средства, позволяющие адаптировать материалы, осуществлять приём и передачу информации с учетом индивидуальных особенностей и состояния здоровья студента;

- предоставление возможности предкурсового ознакомления с содержанием учебной дисциплины и материалом по курсу за счёт размещения информации на корпоративном образовательном портале;

- использование чёткого и увеличенного по размеру шрифта и графических объектов в мультимедийных презентациях;

- использование инструментов «лупа», «проектор» при работе с интерактивной доской;

- озвучивание визуальной информации, представленной обучающимся в ходе занятий;

- обеспечение раздаточным материалом, дублирующим информацию, выводимую на экран;

- наличие подписей и описания у всех используемых в процессе обучения рисунков и иных

графических объектов, что даёт возможность перевести письменный текст в аудиальный;

- обеспечение особого речевого режима преподавания: лекции читаются громко, разборчиво, отчётливо, с паузами между смысловыми блоками информации, обеспечиваются интонирование, повторение, акцентирование, профилактика рассеивания внимания;
- минимизация внешнего шума и обеспечение спокойной аудиальной обстановки;
- возможность вести запись учебной информации студентами в удобной для них форме (аудиально, аудиовизуально, на ноутбуке, в виде пометок в заранее подготовленном тексте);
- увеличение доли методов социальной стимуляции (обращение внимания, апелляция к ограничениям по времени, контактные виды работ, групповые задания и др.) на практических и лабораторных занятиях;
- минимизирование заданий, требующих активного использования зрительной памяти и зрительного внимания;
- применение поэтапной системы контроля, более частый контроль выполнения заданий для самостоятельной работы.

Специальные условия, обеспечиваемые в процессе преподавания дисциплины студентам с нарушениями опорно-двигательного аппарата (маломобильные студенты, студенты, имеющие трудности передвижения и патологию верхних конечностей):

- возможность использовать специальное программное обеспечение и специальное оборудование и позволяющее компенсировать двигательное нарушение (коляски, ходунки, трости и др.);
- предоставление возможности предкурсового ознакомления с содержанием учебной дисциплины и материалом по курсу за счёт размещения информации на корпоративном образовательном портале;
- применение дополнительных средств активизации процессов запоминания и повторения;
- опора на определенные и точные понятия;
- использование для иллюстрации конкретных примеров;
- применение вопросов для мониторинга понимания;
- разделение изучаемого материала на небольшие логические блоки;
- увеличение доли конкретного материала и соблюдение принципа от простого к сложному при объяснении материала;
- наличие чёткой системы и алгоритма организации самостоятельных работ и проверки заданий с обязательной корректировкой и комментариями;
- увеличение доли методов социальной стимуляции (обращение внимания, апелляция к ограничениям по времени, контактные виды работ, групповые задания др.);
- обеспечение беспрепятственного доступа в помещения, а также пребывания в них;
- наличие возможности использовать индивидуальные устройства и средства, позволяющие обеспечить реализацию эргономических принципов и комфортное пребывание на месте в течение всего периода учёбы (подставки, специальные подушки и др.).

Специальные условия, обеспечиваемые в процессе преподавания дисциплины студентам с нарушениями слуха (глухие, слабослышащие, позднооглохшие):

- предоставление образовательного контента в текстовом электронном формате, позволяющем переводить аудиальную форму лекции в плоскпечатную информацию;
- наличие возможности использовать индивидуальные звукоусиливающие устройства и сурдотехнические средства, позволяющие осуществлять приём и передачу информации; осуществлять взаимобратный перевод текстовых и аудиофайлов (блокнот для речевого ввода), а также запись и воспроизведение зрительной информации;
- наличие системы заданий, обеспечивающих систематизацию вербального материала, его схематизацию, перевод в таблицы, схемы, опорные тексты, глоссарий;
- наличие наглядного сопровождения изучаемого материала (структурно-логические схемы, таблицы, графики, концентрирующие и обобщающие информацию, опорные конспекты, раздаточный материал);
- наличие чёткой системы и алгоритма организации самостоятельных работ и проверки заданий с обязательной корректировкой и комментариями;
- обеспечение практики опережающего чтения, когда студенты заранее знакомятся с материалом и выделяют незнакомые и непонятные слова и фрагменты;

- особый речевой режим работы (отказ от длинных фраз и сложных предложений, хорошая артикуляция; четкость изложения, отсутствие лишних слов; повторение фраз без изменения слов и порядка их следования; обеспечение зрительного контакта во время говорения и чуть более медленного темпа речи, использование естественных жестов и мимики);
- четкое соблюдение алгоритма занятия и заданий для самостоятельной работы (называние темы, постановка цели, сообщение и запись плана, выделение основных понятий и методов их изучения, указание видов деятельности студентов и способов проверки усвоения материала, словарная работа);
- соблюдение требований к предъявляемым учебным текстам (разбивка текста на части; выделение опорных смысловых пунктов; использование наглядных средств);
- минимизация внешних шумов;
- предоставление возможности соотносить вербальный и графический материал; комплексное использование письменных и устных средств коммуникации при работе в группе;
- сочетание на занятиях всех видов речевой деятельности (говорения, слушания, чтения, письма, зрительного восприятия с лица говорящего).

Специальные условия, обеспечиваемые в процессе преподавания дисциплины студентам с прочими видами нарушений (ДЦП с нарушениями речи, заболевания эндокринной, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, онкологические заболевания):

- наличие возможности использовать индивидуальные устройства и средства, позволяющие осуществлять приём и передачу информации;
- наличие системы заданий, обеспечивающих систематизацию вербального материала, его схематизацию, перевод в таблицы, схемы, опорные тексты, глоссарий;
- наличие наглядного сопровождения изучаемого материала;
- наличие четкой системы и алгоритма организации самостоятельных работ и проверки заданий с обязательной корректировкой и комментариями;
- обеспечение практики опережающего чтения, когда студенты заранее знакомятся с материалом и выделяют незнакомые и непонятные слова и фрагменты;
- предоставление возможности соотносить вербальный и графический материал; комплексное использование письменных и устных средств коммуникации при работе в группе;
- сочетание на занятиях всех видов речевой деятельности (говорения, слушания, чтения, письма, зрительного восприятия с лица говорящего);
- предоставление образовательного контента в текстовом электронном формате;
- предоставление возможности предкурсового ознакомления с содержанием учебной дисциплины и материалом по курсу за счёт размещения информации на корпоративном образовательном портале;
- возможность вести запись учебной информации студентами в удобной для них форме (аудиально, аудиовизуально, в виде пометок в заранее подготовленном тексте);
- применение поэтапной системы контроля, более частый контроль выполнения заданий для самостоятельной работы;
- стимулирование выработки у студентов навыков самоорганизации и самоконтроля;
- наличие пауз для отдыха и смены видов деятельности по ходу занятия.

10. Методические рекомендации по освоению дисциплины (модуля)

Дисциплина преподается в соответствии с разработанной рабочей программой