

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра физиологии растений и экологии почв

Авторы-составители: **Чудинова Лариса Алексеевна**

Рабочая программа дисциплины

ЭНЗИМОЛОГИЯ

Код УМК 23976

Утверждено
Протокол №9
от «21» мая 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Энзимология

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **04.03.01** Химия
направленность Биохимия

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Энзимология** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

04.03.01 Химия (направленность : Биохимия)

ОПК.1 Владеет базовыми знаниями о современной научной картине мира на основе положений, законов и методов математических и естественных наук

Индикаторы

ОПК.1.1 Имеет представление о научной картине мира на основе положений, законов и закономерностей естественных наук

ОПК.5 Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе

Индикаторы

ОПК.5.2 Готовит и представляет презентацию по теме работы

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	04.03.01 Химия (направленность: Биохимия)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	8
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (8 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Энзимология. Первый семестр

Тема 1. История энзимологии. Механизмы формирования пространственной структуры белков, фолдинг.

Предмет и задачи энзимологии. История энзимологии, основные этапы развития энзимологии как науки, выдающиеся ученые. Основные понятия и история их происхождения. Химическая природа ферментов. Уровни организации белков. Механизмы формирования пространственной структуры белка. Фолдинг белков.

Тема 2. Строение и свойства ферментов. Активный центр. Фермент-субстратный комплекс. Кофакторы и простетические группы.

Строение ферментов, простые и сложные ферменты. Активные центры ферментов, структура активного центра, консервативные аминокислоты, формирующие каталитический и сорбционный подцентры. Глицин, пролин и цистеин как структурообразующие аминокислоты. Домены. Фермент-субстратный комплекс, механизм сорбции. Понятия: кофакторы, коферменты, простетическая группа, холофермент, апофермент. Аллостерические ферменты.

Тема 3. Специфичность действия ферментов. Множественные молекулярные формы ферментов. Классификация ферментов

Специфичность, как особое свойство ферментов. Концепция стерического соответствия, концепция индуцированного соответствия, концепция напряжений и деформаций. Двухцентровая модель. Комплексообразование активного центра с нереклионными фрагментами субстрата как фактор ускорения реакции. Стереоспецифичность, геометрическая и коферментная специфичность. Множественные молекулярные формы ферментов, изоферменты. Классификация ферментов. Единицы активности ферментов.

Тема 4. Кинетика ферментативного катализа

Термодинамические характеристики ферментативного катализа. Сходство и различие ферментов и небиологических катализаторов. Основные понятия кинетики ферментативных реакций. Кинетика простых реакций, реакции первого, второго и третьего порядка. Кинетика сложных реакций. Стационарная кинетика ферментативных реакций, уравнение Михаэлиса – Ментен, константа Михаэлиса. График Лайнуивера-Берка. Многосубстратные реакции, реакция единичного замещения и реакция двойного замещения (пинг-понг). Кинетика аллостерических ферментов. Гипотезы, объясняющие кооперативные эффекты.

Тема 5. Механизмы действия ферментов. Сближение и ориентация, индуцированное соответствие

Механизмы действия ферментов. Сближение и ориентация. Снижение свободной энергии активации химического превращения фермент-субстратного комплекса. Теория индуцированного соответствия. Концепции деформации. Абзимы. Сольватация и десольватация. Переходное состояние, его термодинамическая сущность.

Тема 6. Молекулярные механизмы ферментативного катализа

Кислоты и основания в ферментативном катализе, основные понятия, аминокислоты, как нуклеофильные и электрофильные агенты. Причины эффективности кислотно-основного катализа. Ковалентный катализ. Нуклеофильные и электрофильные группы в активном центре, механизмы их взаимодействия. Образование ковалентного промежуточного соединения. Металло-ионный катализ.

Тема 7. Полифункциональный и скоординированный катализ

Полифункциональный катализ. Механизм ферментативного гидролиза пептидной связи сериновыми протеиназами на примере химотрипсина. Структура и механизм каталитического действия гидролаз на примере лизоцима. Механизм ферментативного катализа дегидрогеназ на примере алкогольдегидрогеназы.

Мультиферментные комплексы. Скоординированный катализ на примере пируват-дегидрогеназной реакции.

Тема 8. Регуляция активности обычных и аллостерических ферментов.

Обратимое и необратимое ингибирование активности ферментов. Конкурентное и неконкурентное ингибирование. Регуляция аллостерических ферментов. Ретроингибирование. Положительные и отрицательные эффекторы (модуляторы). Гомотропные и гетеротропные эффекты. Кооперативные эффекты, модели согласованного и несогласованного механизма. Кумулятивная регуляция. Регуляция гормонами. Аденилатциклазный и гуанилатциклазный пути регуляции активности ферментов. Фосфоинозитидный и тирозинкиназный пути регуляции активности ферментов. Усиление регуляторных сигналов. Примеры каскадного механизма усиления ферментативной активности.

Тема 9. Диссоциативная и адсорбционная регуляция. Ковалентная модификация.

Ограниченный протеолиз

Диссоциативная регуляция: типы ассоциаций субъединиц, действие аллостерических лигандов и концентрации фермента.

Адсорбционная регуляция: свободные и связанные ферменты, роль мембраны, эстафетная регуляция, сборка мультиферментных комплексов на субклеточных структурах, метаболон. Регуляция ковалентным связыванием: фосфорилирование и дефосфорилирование. MAP-киназный каскад. Регуляция ограниченным протеолизом.

Тема 10. Практическое использование ферментов. Итоговое контрольное мероприятие.

Презентации и доклады на тему "Практическое использования ферментов".

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Плакунов, В. К. Основы энзимологии / В. К. Плакунов. — Москва : Логос, 2011. — 127 с. — ISBN 5-94010-027-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/70702.html>
2. Комов, В. П. Биохимия : учебник для вузов / В. П. Комов, В. Н. Шведова ; под общей редакцией В. П. Комова. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 684 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13939-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/496710>
3. Чиркин, А. А. Биологическая химия : учебник / А. А. Чиркин, Е. О. Данченко. — Минск : Вышэйшая школа, 2017. — 433 с. — ISBN 978-985-06-2383-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <https://www.iprbookshop.ru/90739>
4. Дэвид, Нельсон Основы биохимии Ленинджера. В 3 томах. Т.1. Основы биохимии, строение и катализ / Нельсон Дэвид, Кокс Майкл ; перевод Т. П. Мосолова, Е. М. Молочкина, В. В. Белов ; под редакцией А. А. Богданова, С. Н. Кочеткова. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 747 с. — ISBN 978-5-00101-864-3 (т.1), 978-5-00101-863-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <https://www.iprbookshop.ru/88937>

Дополнительная:

1. Биотехнология (с основами генной инженерии):учебное пособие/Федеральное агентство по образованию, Пермский государственный университет.-Пермь,2009.-171.-Библиогр.: с. 170
2. Максимова Ю. Г.,Максимов А. Ю. Иммуобилизованные клетки и ферменты в биотехнологии:учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Биотехнология"/Ю. Г. Максимова, А. Ю. Максимов.-Пермь:ПГНИУ,2018, ISBN 978-5-7944-3183-4.-88.-Библиогр.: с. 80-82

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

При освоении дисциплины использование ресурсов сети Интернет не предусмотрено.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Энзимология** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1) офисный пакет приложений (текстовый процессор, программа для подготовки электронных презентаций);

Дисциплина не предусматривает специализированного программного обеспечения

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

Для проведения лекционных занятий необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы необходимы помещения Научной библиотеки ПГНИУ. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ, обеспечивают доступ к локальной и глобальной сетям.

Для проведения мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Энзимология**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.1

Владеет базовыми знаниями о современной научной картине мира на основе положений, законов и методов математических и естественных наук

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ОПК.1.1 Имеет представление о научной картине мира на основе положений, законов и закономерностей естественных наук	Знает строение свойства и классификацию ферментов, владеет базовыми знаниями кинетики ферментативного катализа, регуляции активности обычных и аллостерических ферментов	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает строение свойства и классификацию ферментов, владеет базовыми знаниями кинетики ферментативного катализа, регуляции активности обычных и аллостерических ферментов</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Знает строение свойства и классификацию ферментов, владеет базовыми знаниями кинетики ферментативного катализа, регуляции активности обычных и аллостерических ферментов. Однако знания не систематизированы и допускаются ошибки.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знает строение свойства и классификацию ферментов, владеет базовыми знаниями кинетики ферментативного катализа, регуляции активности обычных и аллостерических ферментов. Однако знания имеют отдельные недочеты.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Знает строение свойства и классификацию ферментов, владеет базовыми знаниями кинетики ферментативного катализа, регуляции активности обычных и аллостерических ферментов</p>

ОПК.5

Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ОПК.5.2 Готовит и представляет	Умеет создать презентацию по теме Практическое	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не подготовлена презентация по теме</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
презентацию по теме работы	использование ферментов	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Практическое использование ферментов, отвечающая предъявляемым требованиям.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Теоретическая часть презентации проработана не полностью с использованием недостаточного объема научной и учебной литературы, доложено уверенно, сделанные выводы не всегда логичны, имеются трудности с ответами на вопросы.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Теоретическая часть презентации проработана не полностью с использованием научной и учебной литературы по выбранной теме, доложено уверенно и логично, сделаны выводы, продемонстрировано умение отвечать на вопросы.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Теоретическая часть презентации проработана полностью с использованием научной и учебной литературы по выбранной теме, доложено уверенно и логично, сделаны выводы, продемонстрировано умение отвечать на вопросы.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 44 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 44 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.1.1 Имеет представление о научной картине мира на основе положений, законов и закономерностей естественных наук</p>	<p>Тема 3. Специфичность действия ферментов. Множественные молекулярные формы ферментов. Классификация ферментов Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>знания строения активного центра ферментов, фермент-субстратного комплекса, специфичности действия ферментов. Знает множественные молекулярные формы ферментов, классификацию ферментов.</p>
<p>ОПК.1.1 Имеет представление о научной картине мира на основе положений, законов и закономерностей естественных наук</p>	<p>Тема 7. Полифункциональный и скоординированный катализ Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>Знание кинетики и молекулярных механизмов ферментативного катализа: сближение и ориентация, индуцируемое соответствие, кислотно-основной, ковалентный и полифункциональный катализ</p>
<p>ОПК.1.1 Имеет представление о научной картине мира на основе положений, законов и закономерностей естественных наук</p>	<p>Тема 9. Диссоциативная и адсорбционная регуляция. Ковалентная модификация. Ограниченный протеолиз Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>знания регуляции активности обычных и аллостерических ферментов: диссоциативная и адсорбционная регуляция, ковалентная модификация, ретроингибирование, ограниченный протеолиз</p>
<p>ОПК.5.2 Готовит и представляет презентацию по теме работы</p>	<p>Тема 10. Практическое использование ферментов. Итоговое контрольное мероприятие. Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Проработанность научной и учебной литературы по выбранной теме, качество презентации уверенное и логичный устное изложение, умение обобщать и отвечать на вопросы</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Тема 3. Специфичность действия ферментов. Множественные молекулярные формы ферментов. Классификация ферментов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
знания строения активного центра ферментов, фермент-субстратного комплекса, специфичности действия ферментов. Знает множественные молекулярные формы ферментов, классификацию ферментов.	20
знания строения активного центра ферментов, фермент-субстратного комплекса, специфичности действия ферментов. Знает множественные молекулярные формы ферментов, классификацию ферментов. Допускает несущественные ошибки и неточности.	12
знания строения активного центра ферментов, фермент-субстратного комплекса, специфичности действия ферментов. Знает множественные молекулярные формы ферментов, классификацию ферментов, однако допускает ошибки и неточности.	9

Тема 7. Полифункциональный и скоординированный катализ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **11**

Показатели оценивания	Баллы
Знание кинетики и молекулярных механизмов ферментативного катализа: сближение и ориентация, индуцируемое соответствие, кислотно-основной, ковалентный и полифункциональный катализ	25
Знание кинетики и молекулярных механизмов ферментативного катализа: сближение и ориентация, индуцируемое соответствие, кислотно-основной, ковалентный и полифункциональный катализ, допускаются отдельные пробелы	15
Не сформированные знания кинетики и молекулярных механизмов ферментативного катализа: сближение и ориентация, индуцируемое соответствие, кислотно-основной, ковалентный и полифункциональный катализ	11

Тема 9. Диссоциативная и адсорбционная регуляция. Ковалентная модификация. Ограниченный протеолиз

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **11**

Показатели оценивания	Баллы
знания регуляции активности обычных и аллостерических ферментов: диссоциативная и	25

адсорбционная регуляция, ковалентная модификация, ретроингибирование, ограниченный протеолиз	
знания регуляции активности обычных и аллостерических ферментов: диссоциативная и адсорбционная регуляция, ковалентная модификация, ретроингибирование, ограниченный протеолиз, допускаются отдельные пробелы.	15
фрагментарные знания регуляции активности обычных и аллостерических ферментов: диссоциативная и адсорбционная регуляция, ковалентная модификация, ретроингибирование, ограниченный протеолиз	11

Тема 10. Практическое использование ферментов. Итоговое контрольное мероприятие.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Подготовлена презентация и озвучен доклад, в котором присутствует необходимый материал, сделаны выводы и обобщения, получены ответы на вопросы.	30
Подготовлена презентация и озвучен доклад, в котором присутствует необходимый материал, сделаны выводы и обобщения, получены ответы на некоторые вопросы.	18
Подготовлена презентация и озвучен доклад, в котором неполные материал, сделанные некорректные выводы и обобщения, не получены ответы на вопросы.	13