Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 05.08.2026 16:48:43
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ / А.С. Соколов /
«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Прикладная энзимология»

Направление подготовки
19.03.01 «Биотехнология»

Профиль

«Биотехнология»

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва 2026 г

Разработчики:
доцент, к.б.н. /Е.С. Горшина/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «ХимБиотех»
д.с-х.н /Н.В.Мясищева/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины 5
3.3 Содержание дисциплины 6
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 8
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 8
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 9
4.1. Нормативные документы и ГОСТы 9
4.2. Основная литература 9
4.4. Электронные образовательные ресурсы 10
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 10
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 10
5. Материально-техническое обеспечение дисциплины 11
6. Методические рекомендации 11
6.1 Методические рекомендации преподавателю по организации обучения 12
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 12
7. Фонд оценочных средств 13
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 13
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 13
7.3 Оценочные средства 14

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Ферменты нашли широкое применение в промышленности, например, в кожевенном и меховом производстве, в хлебопечении, пивоварении, виноделии, сыроварении и т. д. В последние годы ферменты начали вытеснять традиционные химические катализаторы из тонкой химической индустрии, где они успешно используются в реакциях окисления, восстановления, дезаминирования, декарбоксилирования, дегидратации, конденсации и т. д. Ферменты находят все более широкое применение в медицине и микроанализе. Перспективным является использование ферментов для переработки промышленных отходов, а также для создания биоэлектрохимических преобразователей энергии. В настоящее время сложно назвать сферу деятельности человека, в которой бы прямо или косвенно не использовались ферменты.

Прикладная энзимология - это новое перспективное научно-техническое направление биотехнологии, в котором удачно сочетаются самые современные достижения биохимии, молекулярной биологии, энзимологии и химической технологии.

Целями освоения дисциплины «Прикладная энзимология» являются:

освоение студентами основных принципов и теоретических положений инженерной энзимологии;

формирование у студентов понимания особенностей биотехнологических процессов с участием ферментов;

усвоение основ конструирования и последующего использования в биотехнологии биокатализаторов с заданными свойствами.

Задачами курса являются:

познакомить студентов с предметом,

определить место прикладной энзимологии в ряду приоритетных направлений биотехнологии;

углубить понимание физико-химических и биохимических закономерностей биокатализа, особенностей его использования в биотехнологии;

развить видение перспектив практического использования достижений инженерной энзимологии;

подготовить студента к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой по направлению.

Обучение по дисциплине «Прикладная энзимология» направлено на развитие следующих компетенций у будущих специалистов

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ОПК-7	ОПК-7. Способен проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, применяя	ИОПК-7.1. Знает базовые математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы, применяемые в биотехнологии ИОПК-7.2. Владеет основными методами экспериментальных исследований и испытаний в биотехнологии ИОПК-7.3. Готов по заданной методике проводить экспериментальные

	математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы	исследования и испытания, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Прикладная энзимология» относится к основной обязательной части блока Б1, модуля «Биоинженерия».

Курс «Прикладная энзимология» логически и методически связан с другими дисциплинами - «Биохимия», «Химия биологически активных веществ», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Основы биотехнологии», «Промышленная биотехнология», «Физическая химия».

Сведения, излагаемые в курсе «Прикладная энзимология» являются завершающими и необходимы в практической деятельности выпускника после окончания ВУЗа.

Для усвоения курса студенты должны быть знакомы с физико-химическими основами органической, неорганической и физической химии, а также курсами: «Биохимия», «Химия биологически активных веществ», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Основы биотехнологии», «Промышленная биотехнология», «Физическая химия».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачете единицы (108 часов)

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			7 семестр	
1	**Аудиторные занятия**	**90**	**90**	
	В том числе:			
1.1	Лекции	36	36	
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18	
1.3	Лабораторные занятия	36	36	
2	**Самостоятельная работа**	**18**	**18**	
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	экзамен	экзамен	
	Итого	**108**		

3.2 Тематический план изучения дисциплины

3.2.1. Очная форма обучения

№	Разделы/темы	Трудоемкость, час

п/п	дисциплины	Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Раздел 1. Структурно-функциональные особенности биокатализа	22	8	2	8		4
2	Раздел 2. Классификация и номенклатура ферментов.	18	8	4	4		2
3	Раздел 3. Технология ферментных препаратов	28	6	6	8		8
4	Раздел 4. Прикладное значение ферментов для народного хозяйства	40	14	6	16		4
	Итого	**108**	**36**	**18**	**36**		**18**

3.3 Содержание дисциплины

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Структурно-функциональные особенности биокатализа.

Тема 1. Структура, свойства и механизм действия биокатализаторов.

Сходство и отличие биологических катализаторов от химических. Преимущества и недостатки биокатализа при его использовании в технологических процессах. Особенности биокаталитических процессов. Принципы структурной организации ферментов. Активные и регуляторные центры. Роль коферментов и простетических групп в биокатализе. Коферментные формы витаминов. Участие металлов в ферментативных процессах.

Тема 2. Кинетика ферментативных реакций.

Каталитические параметры. Зависимость скорости ферментативных реакций от концентрации субстрата, от pH и температуры. Активация и ингибирование ферментов. Механизмы инактивации ферментов. Моделирование и кинетика процессов инактивации ферментов. Факторы, инициирующие денатурацию ферментов. Физические. Механические. Химические. Биологические. Регенерация ферментативных систем, применяемых в биотехнологии. Реактивация инактивированных ферментов. Утилизация и регенерация кофакторов (коферментов). Ферментативные, химические и электрохимические методы регенерации. Стабилизация ферментов в биотехнологических системах. Традиционные методы стабилизации. Стабилизирующие добавки. Единицы ферментативной активности. Принципы регуляции ферментативных реакций. Изоферменты и множественные формы ферментов. Химическая модификация ферментов.

Раздел 2. Классификация и номенклатура ферментов.

Тема 1. Международная классификация ферментов.

Экстремозимы и источники их получения. Термозимы. Структурные и термодинамические основы функционирования термозимов при высоких температурах. Использование экстремозимов в биотехнологии. Амилазы и пуллуланазы. Протеиназы. ДНК-полимеразы.

Раздел 3. Технология ферментных препаратов

Тема 1. Получение ферментных препаратов.

Основные технологические этапы производства микробных ферментных препаратов. Получение сухих ферментных препаратов. Оборудование для получения. Стандартизация ферментных препаратов. Технологическая схема получения очищенных ферментных препаратов. Микробиологический и биохимический контроль производства. Получение ферментных препаратов из растительного и животного сырья. Технологические особенности получения ферментных препаратов с определенным составом ферментов

Раздел 4. Прикладное значение ферментов для народного хозяйства

Тема 1. Ферментативный микроанализ.

Кинетическая основа ферментативного микроанализа. Методы детекции в ферментативном микроанализе. Использование в микроанализе сопряженных ферментативных систем. Иммобилизованные ферменты в микроанализе. Биосенсоры. Аналитические проточные реакторы. Ферментные микрокалориметрические датчики. Ферментные электроды. Иммуноферментный анализ. Полимеразная цепная реакция. Биолюминесцентный микроанализ. Соиммобилизованные полиферментные системы в биолюминесцентном анализе.

Тема 2. Медицинская энзимология.

Диагностика патологических состояний. Энзимопатология. Энзимодиагностика. Энзимотерапия. Ферменты наружного применения. Терапия воспалительных процессов трипсином и химотрипсином. Тромболитическая терапия фибринолизином и стрептокиназой. Ферментная терапия вирусных заболеваний РНКазой, ДНКазой. Заместительная терапия пищеварительными ферментами. Терапия гиалуронидазой и коллагеназой. Ферменты противоопухолевой терапии. Лечение онкологических заболеваний аспарагиназой. Иммобилизованные ферменты как лекарственные препараты. Антигенные и иммуногенные свойства иммобилизованных ферментов. Ферментные препараты типа «контейнер». Использование липосом в качестве «контейнера». Применение иммобилизованных ферментов в стоматологии, офтальмологии, хирургии. Использование ферментов в качестве аналитических реактивов и в аппаратах «искусственная печень», «искусственная почка». Перспективные направления развития ферментной терапии.

Тема 3. Промышленный биокатализ.

Ферменты в химической промышленности. Получение L-аминокислот с помощью аминоацилазы. Биохимическая основа процесса. Коммерческие препараты иммобилизованной аминоацилазы. Технологическая схема производства.

Тема 4. Ферменты в фармацевтической промышленности.

Получение 6-аминопенициллановой кислоты с помощью пенициллинамидазы. Биохимическая основа процесса. Коммерческие препараты иммобилизованной аминоацилазы. Технологическая схема производства.

Тема 5. Ферменты в пищевой промышленности.

Получение глюкозо-фруктозных сиропов с помощью глюкозоизомеразы. Биохимическая основа процесса. Коммерческие препараты иммобилизованной глюкозоизомеразы. Технологическая схема производства. Использование в пищевой промышленности протеиназ, амилаз, липаз, пектиназ, (З-галактозидаз.

Тема 6. Ферменты как компоненты моющих средств.

Амилазы. Липазы. Целлюлазы. Оксидазы. Протеазы.

Тема 7. Использование ферментов в тонком органическом синтезе

Ферментативное превращение рацематов в энантиомеры. Биокаталитическое получение простаноидов. Ферментативная модификация нуклеиновых кислот, синтез олиго- и полинуклеотидов. Ферментативный синтез Сахаров. Методы повышения выхода целевого продукта. Изменение ионного состояния реагентов. Перенос продукта в другую фазу. Использование последовательных реакций.

Проведение реакций в однофазных и двухфазных водно-органических системах. Синтез эфиров аминокислот, природных аминокислот аспартама, непротеиногенных аминокислот, получение акриламида, синтез яблочной кислоты, лактамных антибиотиков, простогландинов.

Тема 8. Утилизация промышленных отходов с помощью ферментов

Биоконверсия растительного сырья. Ферментативное получение глюкозы из целлюлозосодержащего сырья. Биокаталитические методы защиты окружающей среды. Понятие экобиокатализа. Деструкция ксенобиотиков с участием микроорганизмов и ферментов. Особенности кинетики биокаталитических процессов деструкции ксенобиотиков. Механизмы кинетики деструкции ксенобиотиков. Адаптация микроорганизма к ксенобиотику. Ассоциация микроорганизмов. Реализация «невозможных» химических реакций.

Тема 9. Биоэлектрокатализ

Использование ферментов для создания биоэлектрохимических преобразователей энергии. Практическое использование биоэлектрокатализа, перспективы его развития. Основной принцип конструирования ферментных электродов и их рабочие параметры. Ферментные электроды и их использование в научно-исследовательских и технологических процессах.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия
1. Общая энзимология
2. Гликолиз
3. Липазы
4. Репликация ДНК
5. Решение задач
6. Решение задач
7. Решение задач
8. Интерактивное занятие на закрепление материала
9. Итоговое тестирование

3.4.2. Лабораторные занятия
1. Качественные реакции на присутствие ферментов в материалах различного происхождения
2. Изучение специфичности ферментов
3. Изучение термолабильности амилосубтилина
4. Влияние активаторов и ингибиторов на активность ферментов
5. Изучение методов количественного определения активности липазы
6. Определение активности протеолитических ферментов
7. Определение активности амилазы методом серийных разведений
8. Определение активности амилосубтилина фотоколориметрическим методом
9. Определение активности каталазы в картофеле
10. Анализ активности амилосубтилина (трипсина) от концентрации фермента и субстрата
11. Расчет кинетических характеристик действия ферментов
12. Определение активности алкогольдегидрогеназы в дрожжах

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено учебным планом

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

Нет

4.2. Основная литература

1. Еремеев, Н. Л. Прикладная энзимология : учебное пособие / Н. Л. Еремеев, Ю. И. Блохин. — Москва : МГАВМиБ им. К.И. Скрябина, 2024. — 180 с. — ISBN 978-5-86341-589-5. — Текст : электронный // Лань : электроннобиблиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/457910

4.3 Дополнительная литература

1. Овчинникова, С. И. Практикум по энзимологии : учебное пособие / С. И. Овчинникова, О. В. Михнюк, Е. Б. Шкуратова. — Мурманск : МАУ, 2016. — 104 с. — ISBN 978-5-86185-881-6. — Текст : электронный // Лань : электроннобиблиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/142596
2. Воронова, Т. Д. Ферменты: строение, свойства и применение : учебное пособие / Т. Д. Воронова, Н. А. Погорелова. — Омск : Омский ГАУ, 2021. — 134 с. — ISBN 978-5-89764-778-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/202247

3.4. Электронные образовательные ресурсы

ЭОР разработан: https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=11243

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено программой

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. https://www.brenda-enzymes.org/ - Это всеобъемлющая информационная база данных о ферментах, которая предоставляет функциональные данные о стабильности, специфичности, кинетических параметрах ферментов, кофакторах, ингибиторах и активаторах у различных видов с соответствующими ссылками
2. https://www.rcsb.org/#Category-welcome - свободный доступ к международной базе данных по первичным и 3D структурам ферментов.
3. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Pubmed - База научных данных в области биомедицинских наук.
4. http://isir.ras.ru/ - Интегрированная Система Информационных Ресурсов РоссийскойАкадемии Наук.
5. http://www.viniti.ru/ - Всероссийский Институт Научной и Технической Информации (ВИНИТИ РАН).
6. EAWAG BBD/PPS (ethz.ch) - содержит информацию о микробных биокаталитических реакциях и путях биоразложения, в первую очередь для ксенобиотиков. EAWAG-BBD предоставляет информацию о реакциях, катализируемых микробными ферментами, которые важны для этой области биотехнологии. Отдельные реакции и метаболические пути представлены информацией о начальных и промежуточных химических соединениях, организмы, которые преобразуют соединения, ферменты и соответствующие гены.

5 Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Аудитория для лекционных занятий № 5505 (115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16 стр. 1), оборудованная: столы учебные со скамьями, аудиторная доска, мультимедийный комплекс (переносной проектор, ноутбук). Рабочее место преподавателя: стол, стул. Интерактивная доска.

Лаборатория кафедры «Химбиотех» Ав5404б (115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16 стр. 1), оборудованная: лабораторные столы, весы лабораторные DX-2000, весы прецизионные AND, химическая мойка, ламинарный бокс Бавп-01-«Ламинар-С»-1,2, шкаф сушильно-стерилизационный Memmert, плитка электрическая лабораторная Rommelsbacher RK 501, термостат 180твл, фотоэлектроколориметр КФК-2, холодильник для хранения культур, микроскоп Микмед 6, микроскоп, оснащенный камерой соединенной с компьютером, микроскопы учебные 15 штук, стереомикроскоп 2 шт., центрифуга, сушильный шкаф, автоклав ВК-75, автоматические пипетки, электрические насосы дл пипеток, магнитные мешалки, лабораторная посуда для проведения лабораторных занятий, стеллажи с научной литературой.

Лаборатория кафедры «Химбиотех» Ав5405а,б (115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16 стр. 1), оборудованная: лабораторные столы, вытяжной шкаф, весы прецизионные KERN, весы аналитические Vibra, аналитические весы Sartorius ENTRIS 224-1S, 220г/0,1Sartorius Group GmbH, спектрофотометр Shimadzu UV mini 1240, автоматизированная установка для разложения по Кьельдалю LOIP LK-100, лабораторная установка: хроматографические процессы разделения: тонкослойная хроматография (ТСХ) Phywe Systeme GmbH, магнитные мешалки, спектрофотометр ПВЭ-5300, pH-метр Эконикс, дистиллятор GFL 2001/4, химическая мойка, тумба для хранения ЛВЖ, камеры хроматографические для тонкослойной хроматографии, химические реактивы, вытяжные шкафы, холодильник, лабораторная посуда для проведения лабораторно-практических занятий

6 Методические рекомендации

6.3 **Методические рекомендации преподавателю по организации обучения**

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое или лабораторное занятие и указания на самостоятельную работу.

На практическом занятии преподаватель дает углубленные знания по прошедшей лекции, проводит опрос или тестирование для закрепления знаний полученного материала.

На лабораторных работах преподаватель дает рекомендации к выполнению, следит за безопасным выполнением работы студентами, принимает защиты лабораторных работ.

6.4 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

. Дисциплина «Прикладная энзимология» предусматривает лекции и практические/лабораторные занятия каждую неделю. Изучение дисциплины завершается экзаменом. Успешное изучение дисциплины требует посещения лекций, активной работы на практических и лабораторных занятиях, выполнения учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо перед очередной лекцией просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические/лабораторные занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, навыков практической работы в микробиологической лаборатории, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому/лабораторному занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя. При подготовке к практическим/лабораторным занятиям студентам необходимо приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;

до очередного практического/лабораторного занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия; повторить проведенные инструктажи по технике безопасности;

в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;

на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

самостоятельная работа студентов по программе дисциплины;

– проработка материала программы с СДО;

– контроль процесса обучения путем промежуточного тестирования с СДО;

– подготовка к выполнению лабораторных работ в лабораториях вуза;

– обсуждение и защита рефератов по дисциплине;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;

Предусмотрена возможность использования электронного обучения, дистанционных образовательных технологий. Все материалы размещаются в СДО Московского Политеха (https://lms.mospolytech.ru/).

Лабораторная работа подразумевает самостоятельное выполнение студентом (группой студентов) практических действий по определённой теме, Цель выполнения и написания отчета по лабораторно работе –формирование у студента навыков документирования действий и представления собранных материалов и фактов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к отчетам.

В отчете должны быть представлены:

- название и номер лабораторной работы;
- тема и актуальность (краткий обзор для чего нужен данный метод и/или изучаемый процесс, БАВ и т.д);
- введение (объясняются принципы метода; его значимость, актуальность; указываются цель и задачи мини-исследования; могут быть перечислены некоторые источники информации);
- основная часть: Ход работы (отражены действия по достижению поставленных задач), результаты (зафиксированы результаты, выполнены необходимые расчеты);
- заключение (краткие выводы);

Шрифт: Time, 14 пт. Межстрочный интервал: 1,5. Абзац: 1.25 (или 1,27). Выравнивание текста: по ширине. Перенос: автоматический. Титульный лист в соответствии с требованиями кафедры к оформлению учебной документации. Допускается оформление на листе с обеих сторон, кроме титульного листа.

Лабораторные работы оцениваются «зачтено» и «не зачтено» при условии выполненной на занятии работы, оформления в установленном порядке и «защиты» работы в виде ответов преподавателю по сути и содержанию работы.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющие письменного решения задач или не подготовившиеся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изучавшейся на занятии. Студенты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу зачетной сессии, упускают возможность получить положенные баллы за работу в соответствующем семестре.

Студенты, пропустившие занятия и/или не сдавшие все лабораторные работы не допускаются к экзамену. Студент, пропустивший лабораторную работу по уважительной причине, имеет право ее отработать в конце семестра (не более 3 лабораторных работ).

7 Фонд оценочных средств

7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения

Сформированность компетенций при изучении дисциплины определяется посредством оценки соответствия ответов и/или выполнения заданий заявленным индикаторам в рамках мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации (экзамена). В течение прохождения образовательной программы студенты должны изучить лекционный материал, посещать и участвовать в обсуждении на практических занятиях , выполнить и защитить все лабораторные работы.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Шкала оценивания	***Описание***
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

1. Контрольная работа

Контрольная работа № 1

1. Что такое кДа?
2. Особенности ферментов как биокатализаторов.
3. Локализация в клетке синтеза ферментов (белковых, РНК).
4. Ферменты простые и сложные. Коферменты.

5. Энергетический центр фермента. Носитель энергии.
6. Оксидоредуктазы. Осуществляемые реакции, примеры.
7. Гидролазы. Осуществляемые реакции, примеры.
8. Условия работы ферментов.
9. Зависимость начальной скорости от концентрации субстрата.
10. Специфические и неспецифические ингибиторы
11. Применение ферментов в качестве лекарственных препаратов
12. Заместительная терапия ферментами, использование ферментов в комплексной терапии
13. Основные способы регуляции активности ферментов. Регуляция частичным (ограниченным) протеолизом

Контрольная работа № 2

1. Источники ферментов в промышленности
2. Процесс Фолдина при образовании фермента
3. Единица ферментативной активности в системе СИ, международные единицы.
4. Денатурация белка. В чем заключается, какие факторы влияют.
5. Субстрат фермента. Продукты ферментативной реакции
6. Каталитический центр фермента
7. Принципы классификации ферментов.
8. Трансферазы. Осуществляемые реакции, примеры.
9. Лиазы. Осуществляемые реакции, примеры.
10. Влияние pH среды на фермент
11. Конститутивные и индуцибельные ферменты
12. Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры
13. Маскировочное ингибирование фермента. Применение в медицине
14. Изоферменты
15. Основные способы регуляции активности ферментов. Аллостерическая регуляция

Контрольная работа № 3

1. Биохимический механизм синтеза ферментов в клетке
2. Как измеряют размеры фермента?
3. Ренатурация. Примеры обратимой денатурации
4. Химическая природа ферментов. Рибозимы
5. Специфичность ферментов
6. Модель образования фермент-субстратного комплекса.
7. Центр регуляции активности фермента
8. Классы ферментов
9. Изомеразы. Осуществляемые реакции, примеры.
10. Влияние температуры на фермент и ферментативную активность.
11. Удельная активность фермента
12. Зависимость активности фермента от pH

Контрольная работа № 4

1. Синтез и регуляция синтеза ферментов в клетке
2. Структура молекул ферментов. Активный центр
3. Как определяют активность фермента?
4. Методы выделения ферментов

5. Регуляция активности фермента (ингибиторы, активаторы)
6. Модель индуцированного соответствия Кошланда
7. Стадии ферментативной реакции
8. Экстрацеллюлярные и интрацеллюлярные ферменты
9. Лигазы. Осуществляемые реакции, примеры.
10. Конкурентное и неконкурентное ингибирование
11. Стандартные условия измерения ферментативной активности
12. Константа Михаэлиса
13. Энзимодиагностика
14. Основные способы регуляции активности ферментов. Регуляция путем фосфорилирования-дефосфорилирования молекулы фермента
15. Способы регуляции скорости ферментативных реакций

2. Тестовые задания

3. Задания на самостоятельную работу

При изучении курса учащийся должен самостоятельно проработать следующие разделы:

1. Коферментные формы витаминов. Участие металлов в ферментативных процессах.
2. Утилизация и регенерация кофакторов (коферментов).
3. Иммобилизованные клетки растений и животных
4. Компьютерные базы данных. Базы данных аминокислотной последовательности белков. Базы данных трехмерной структуры белков. Интегральные базы данных. Метаболические базы данных.
5. Методы определения изоэлектрической точки ферментов. Разработать метод разделения ферментов и определения изоэлектрической точки базидиальных протеаз
6. Методы иммобилизации ферментов. Подобрать метод иммобилизации лакказы.
7. Ферменты, осуществляющие денитрификацию. Субстраты и продукты. Подобрать микроорганизмы-продуценты для промышленного применения.
8. Ферменты, осуществляющие деструкцию ароматических нитросоединений. Субстраты и продукты. Подобрать микроорганизмы-продуценты для промышленной технологии.
9. Ферменты, осуществляющие деструкцию гетероциклических нитросоединений. Субстраты и продукты. Подобрать микроорганизмы-продуценты для промышленной технологии.
10. Ферменты, осуществляющие деструкцию карбамидных соединений. Субстраты и продукты. Подобрать микроорганизмы-продуценты для промышленной технологии.
11. Методы определения амилазной активности. Подобрать метод определения амилолитической активности в крахмалосодержащих средах.
12. Каталазы и их применение в деятельности человека. Подобрать продуцент и обосновать его выбор.
13. Биокаталитический способ производства электропроводящих полимеров. Подобрать фермент и продуцент.
14. Разработать проект лаборатории для конструирования ферментов (методическое и материально-техническое оснащение, кадровый потенциал)
15. Ферменты, увеличивающие срок годности пищевых продуктов. Продуценты, технологии получения.

16. Пищеварительные ферменты для медицины. Требования к препаратам, источники, возможные продуценты.

17. Тромболитические ферменты. Характеристика, требования. Подобрать продуценты для промышленного получения медицинских препаратов

18. Ферменты, увеличивающие срок годности пищевых продуктов. Продуценты, технологии получения.

19. Биокаталитический способ трансформации антибиотиков. Подобрать продуценты для промышленного производства

20. Энзимы в стиральных порошках. Источники, свойства, эффективность.

21. Лактаза. Промышленное применение, продуценты, требования к препаратам.

22. Применение ферментов в биосенсорах. Источники, требования к чистоте.

23. Мембранные методы выделения ферментов.

24. Ферменты для получения фруктозы в пищевой промышленности кукурузный экстракт крахмал патока

7.3.2 Промежуточная аттестация

Вопросы к экзаменационным билетам по дисциплине «Прикладная энзимология»

1. Инженерная энзимология. Связь с другими дисциплинами. Основные направления развития
2. Сходство и отличие биологических катализаторов от химических.
3. Химическая природа ферментов. Рибозимы
4. Источники ферментов в промышленности
5. Биохимический механизм синтеза ферментов в клетке
6. Локализация в клетке синтеза ферментов (белковых, РНК).
7. Синтез и регуляция синтеза ферментов в клетке
8. Процесс фолдинга при образовании фермента
9. Ферменты простые и сложные. Коферменты.
10. Роль коферментов и простетических групп в биокатализе. Участие металлов в ферментативных процессах.
11. Строение ферментов. Первичная, вторичная, третичная, четвертичная структура
12. Денатурация белка. В чем заключается, какие факторы влияют.
13. Ренатурация. Примеры обратимой денатурации
14. Субстрат фермента. Продукты ферментативной реакции
15. Стадии ферментативной реакции
16. Специфичность ферментов
17. Модель образования фермент-субстратного комплекса.
18. Модель индуцированного соответствия Кошланда
19. Активные и регуляторные центры.
20. Структура молекул ферментов. Активный центр
21. Центр регуляции активности фермента
22. Энергетический центр фермента. Носитель энергии.
23. Каталитический центр фермента
24. Конститутивные и индуцибельные ферменты
25. Регуляция активности фермента (ингибиторы, активаторы)
26. Специфические и неспецифические ингибиторы
27. Маскировочное ингибирование фермента. Применение в медицине
28. Изоферменты
29. Способы регуляции скорости ферментативных реакций

30. Основные способы регуляции активности ферментов. Аллостерическая регуляция
31. Основные способы регуляции активности ферментов. Регуляция с помощью белок-белковых взаимодействий
32. Основные способы регуляции активности ферментов. Регуляция путем фосфорилирования-дефосфорилирования молекулы фермента
33. Основные способы регуляции активности ферментов. Регуляция частичным (ограниченным) протеолизом
34. Единицы ферментативной активности, международные единицы. Удельная активность фермента Стандартные условия измерения ферментативной активностиПринципы классификации ферментов. Классы ферментов
35. Оксидоредуктазы. Осуществляемые реакции, примеры. Гидролазы. Осуществляемые реакции, примеры. Трансферазы. Осуществляемые реакции, примеры.
36. Лиазы. Осуществляемые реакции, примеры.
37. Изомеразы. Осуществляемые реакции, примеры.
38. Лигазы. Осуществляемые реакции, примеры.
39. Экстремозимы и источники их получения. Термозимы.
40. Условия работы ферментов.
41. Зависимость активности фермента от pH
42. Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры
43. Зависимость начальной скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата
44. Уравнение Михаэлиса — Ментен. Константа Михаэлиса
45. Методы выделения ферментов
46. Экстрацеллюлярные и интрацеллюлярные ферменты
47. Стабилизация ферментов в биотехнологических системах
48. Технологическая схема получения очищенных ферментных препаратов ферменты. Основные характеристики различных носителей
49. Способы физической и химической иммобилизации препаратов
50. Иммобилизованные клетки микроорганизмов. Основные принципы действия иммобилизованных клеточных биокатализаторов
51. Преимущества и недостатки иммобилизованных ферментов.
52. Ферментативный микроанализ
53. Иммуноферментный анализ
54. Применение ферментов в медицине
55. Энзимопатология. Энзимодиагностика
56. Ферменты в фармацевтической промышленности
57. Ферменты в пищевой промышленности. Получение глюкозо-фруктозных сиропов с помощью глюкозоизомеразы.
58. Использование ферментов в тонком органическом синтезе
59. Методы повышения выхода целевого продукта
60. Ферментативное превращение рацематов в энантиомеры
61. Деструкция ксенобиотиков с участием микроорганизмов и ферментов.
62. Особенности кинетики биокаталитических процессов деструкции ксенобиотиков. Адаптация микроорганизма к ксенобиотику.
63. Ферментативное получение глюкозы из целлюлозосодержащего сырья.
64. Использование ферментов для создания биоэлектрохимических преобразователей энергии.
65. Основной принцип конструирования ферментных электродов
66. Ферментативные реакции в системах с органическими растворителями

1. Что лежит в основе механизма действия ферментов?

- способность фермента понижать кинетическую энергию.
- способность фермента повышать потенциальную энергию.
- способность фермента повышать энергию активации.
- способность фермента повышать кинетическую энергию.
- способность фермента снижать энергию активации

2. За счет чего достигается термостабильность термозимов?

1) благодаря нетипичным для обычных белков структурным элементам
2) вследствие оптимизации распределения зарядов
3) за счет новых форм слабых взаимодействий
4) в результате уменьшения гидрофобной области поверхности белка доступной растворителю
5) за счет минимизации отношения поверхность белка/объем белка
6) благодаря более высокому по сравнению с обычными белками содержанию глицина

3. При образовании упорядоченной структуры белка конформационная энтропия
Уменьшается
Увеличивается
Не изменяется

4. Энергия синтеза пептидной связи составляет
35–40 кДж/моль
350–400 кДж/моль
850-650 кДж/моль

5. Активный центр фермента рассматривается как жесткая структура
в теории Фишера
в теории Кошланда

6. Энергия разрыва дисульфидной связи составляет
около 50 кДж/моль
около 300 кДж/моль
около 650 кДж/мол

7. Основная кинетическая характеристика эффективности фермента
Константа Михаэлиса (Км)
Скорость каталитической реакции
Активность фермента
Количество фермента

8. Какова зависимость Константы Михаэлеса и сродства к данному субстрату
обратная
прямая

9. Какова зависимость Константы Михаэлеса и начальной скорости реакции
обратная
прямая

10. Классификация ингибиторов по механизмудействия
конкурентные
неконкурентные
специфичные
неспецифичные

11. Конкурентное ингибирование:
обратимое снижение скорости реакции в результате связывания ингибитора с активным центром
необратимое снижение скорости реакции в результате связывания ингибитора с активным центром
обратимое снижение скорости реакции в результате связывания ингибитора с аллостерическим центром
необратимое снижение скорости реакции в результате связывания ингибитора с аллостерическим центром

12. Конкурентное ингибирование происходит, когда ингибитор является
структурным аналогом субстрата
структурным аналогом продукта
структурным аналогом активного центра

13. Уравнение описывающее конкурентное ингибирование
E + S <-> ES -> E + P
E + I <-> EI
E + I <-> EP

14. Константа Михаэлиса
- концентрация субстрата, при которой достигается половина максимальной скорости
- концентрация продукта, при которой заканчивается реакция
- концентрация фермента при которой реакция идет быстрее

15. Графическое вычисление максимальной скорости ферментативной реакции определяют:
согласно зависимости Михаэлиса-Ментена
согласно зависимости Лайнуивера-Бэрка
согласно экстраполяции кривой зависимости концентрации субстрата и продукта в реакции

16. Механизм действия ингибиторов может быть следующим:
могут связываться с субстратом и изменять его конформацию
могут связываться с коферментами блокируя их
могут связываться с ферментами
могут связывать фермент и субстрат
могут блокировать вывод продукта из реакции фермент-субстрат

17. Неконкурентный ингибитор связывается

обратимое снижение скорости реакции в результате связывания ингибитора с субстратом или с ферментом

необратимое снижение скорости реакции в результате связывания ингибитора с активным центром

обратимое снижение скорости реакции в результате связывания ингибитора с аллостерическим центром

необратимое снижение скорости реакции в результате связывания ингибитора с аллостерическим центром

18. Уравнение описывающее неконкурентное ингибирование
E + S <-> ES -> E + P
E + I <-> EI
E + I <-> EP
ES+I <-> ESI

19. При неконкурентном ингибировании
константа Михаэлиса не изменяется, а максимальная скорость реакции уменьшается
константа Михаэлиса уменьшается, а скорость реакции увеличивается
константа Михаэлиса увеличивается, а максимальная скорость уменьшается

20. Бесконкурентное ингибирование
ингибитор связывается только с фермент субстратным комплексом
ингибитор связывается только с ферментом
ингибитор связывается только с субстратом

21. неконкурентное ингибирование
обратимое
необратимое

22. Неконкурентное ингибирование
уменьшается скорость реакции и активность фермента
уменьшается только скорость реакции
уменьшается активность фермента

23. Аллостерическое ингибирование
бесконкурентное ингибирование регуляторного аллостерического центра
бесконкурентное ингибирование активного центра
бесконкурентное ингибирование субстратного центра
конкурентное ингибирование регуляторного аллостерического центра

24. Аллостерическое ингибирование приводит
к изменению пространственной структуры фермента
не приводит ни к каким изменениям
к изменению формы субстрата
к ухудшению пространственного соответствия молекуле субстрата

25. Регуляция по принципу обратной связи
ингибирование фермента производят продукты реакции
ингибирование фермента достигается избытком субстрата

ингибирование фермента достигается недостатком фермента

26. Ингибирование субстратом можно описать следующим уравнением
E + S <-> ES2 -> E + P
E + I <-> EI
E + I <-> EP
ES+I <-> ESI

27. Механизм ингибирования субстратом состоит в том, что
молекула субстрата блокирует активный центр фермента
молекула субстрата блокирует аллостерический центр фермента
две молекулы субстрата блокирую активный центр фермента

28. Ингибирование субстратом является
обратимым процессом
необратимым процессом

29. Ферментативный ингибитор
вещество, замедляющее протекание реакции
вещество, стимулирующее протекание реакции
вещество, изменяющее структуру продукта реакции и он становится непригодным для дальнейшего использования

30. Необратимое ингибирование
происходит за счет ковалентного связывания ингибитора и фермента
происходит за счет не ковалентного связывания всех участников реакции
происходит за счет водородных связей в молекуле белка-фермента

31. Смешанное ингибирование
ингибитор способен воздействовать на любую часть молекулы фермента
ингибитор способен воздействовать на активный центр
ингибитор способен воздействовать на регуляторный центр
все ответы верны

32. Снижение скорости протекающей ферментативной реакции происходит в некоторых случаях:
Нет подпитки субстрата – верно
Регуляция по принципу обратной связи – верно
Не верно выбрана pH реакции – не верно
температура превышает оптимальное значение - не верно

33. Расставьте в верном порядки описание механизма протекания ферментативной реакции от температуры:
1. Фермент стабилен и наиболее активен
2. Фермент начинает денатурировать
3. Наступает равновесие скорости денатурации фермента и ферментативной реакции
4. Снижение активности фермента в виду денатурации со спадом скорости ферментативной реакции

34. Оптимальное pH работы фермента является

соотношение протонированных и депротонированных групп
соотношение ренатурированного и дегатурированного белка
соотношение водородного показателя к концентрации субстрата

35. Изменение pH ферментативной реакции связано с
высвобождением протонов во время ферментативной реакции
продуцирование кислых соединений ферментами

36. Катионы и анионы вызывают дезактивацию ферментов. Природный механизм регуляции такого воздействия состоит в присутствии:
металлотионеинов
металопротеинов
гликометалопротеинов

37. Наличие лаг-фазы на кривой скорости ферментативной реакции может свидетельствовать о:
частичной обратимой денотурацией фермента
образованием ферментно-субстратного комплекса
отсутствием связывания фермента и сбстрата
наличием ингибитора

38. Активность фермента может быть определена в виде:

общей активности
удельной активности
молекулярной активности
все варианты верны

39. Сопоставьте активность фермента и ее физический смысл
Общая активность фермента - количество фермента, которое катализирует превращение 1 мкмоль субстрата в единицу времени в расчёте на количество материала, взятого для исследования
Удельная активность фермента - количество фермента, которое катализирует превращение 1 мкмоль субстрата в единицу времени в расчёте на 1 мг белка пробы
Молекулярная активность фермента (число оборотов фермента) - это количество моль субстрата, подвергающееся превращению под действием 1 моль фермента в единицу времени

47. Механизмы взаимодействия фермента – субстрата по теории Фишера:
активный центр фермента строго соответствует конфигурации субстрата и не изменяется при его присоединении
Присоединение субстрата к якорному участку фермента вызывает изменение конфигурации каталитического центра таким образом, чтобы его форма соответствовала форме субстрата

48. Механизмы взаимодействия фермента – субстрата по теории Кошланда:

Активный центр фермента строго соответствует конфигурации субстрата и не изменяется при его присоединении

Присоединение субстрата к якорному участку фермента вызывает изменение конфигурации каталитического центра таким образом, чтобы его форма соответствовала форме субстрата

49. Оптимальная pH для щелочной фосфатазы
10
2
7

50. наилучшая pH для трипсина
10
2
7

51. наилучшая pH для пепсина
10
2
7

52. Какой из факторов влияет на скорость ферментативной реакции?
- локализация активного центра.
- количество фермента
- молекулярная масса фермента.
- наличие заменимых аминокислот.
- наличие незаменимых аминокислот

53. Что такое «катал»?
- каталитическая активность фермента
- единица измерения мощности фермента.
- единица измерения концентрации фермента.
- единица измерения концентрации ингибитора.
- константа Михаэлиса-Ментена

54. Что происходит под действием фермента?
- убыль концентрации субстрата.
- убыль концентрации продуктов реакции.
- убыль концентрации фермента.
- убыль концентрации ингибитора.
- убыль концентрации активатора

55. Что такое абсолютная субстратная специфичность фермента?
- фермент действует на группу субстратов с одинаковым типом связи.
- фермент действует только на один субстрат.
- фермент действует на группу субстратов с различным пространственным строением.
- фермент действует на группу субстратов с различными связями.
- фермент действует на два и более субстратов

56. Что такое относительная субстратная специфичность фермента?
- фермент действует на два и более субстратов.

- фермент действует на группу субстратов с различным пространственным строением.
- фермент действует на группу субстратов с различными связями.
- фермент действует на группу субстратов с одинаковым типом связи.
- фермент действует только на один субстрат

57. Что такое температурный оптимум?
- температура, при которой наблюдается необратимая инактивация.
- температура, при которой фермент обладает минимальной активностью.
- температура, при которой наблюдается обратимая инактивация.
- температура, при которой фермент не обладает активностью.
- температура, при которой фермент обладает максимальной активностью

58. Как называются вещества, подавляющие действие ферментов?
- ингибиторы.
- корепрессоры.
- модификаторы.
- активаторы.
- стабилизаторы

59. Какой витамин входит в состав HSKoA (кофермент А)?
- ретинол.
- пантотеновая кислота.
- викасол.
- тиамин.
- аскорбиновая кислота

60. Производные какого витамина входят в состав кофермента аминотрансфераз?
- В2.
- В6.
- В1.
- Вс.
- В5

61. Какой витамин входит в состав тетрагидрофолиевой кислоты?
- Д.
- С.
- Фолиевая кислота.
- В1.
- В2

62. Какую группу атомов переносят ацилтрансферазы?
- остатки кетокислот.
- остатки аминокислот.
- остатки фосфорных кислот.
- остатки карбоновых кислот.
- остатки гидроксикислот

63. Какие ферменты являются однокомпонентными?
- фосфотрансферазы.
- метилтрансферазы.
- ацилтрансферазы.

- алкилтрансферазы.
- аминотрансферазы

64. При температуре ниже 0^0С активность фермента резко снижается. С чем это связано?

- происходит снижение скорости теплового движения молекул субстрата.
- происходит обратимая денатурация фермента.
- происходит не обратимая денатурация фермента.
- происходит изменение первичной структуры молекулы фермента.
- происходит гидролиз фермента

65. Обычно ферменты проявляют оптимальную активность при температуре:

- 0-10 С.
- 55-75 С.
- 35-40 С.
- 90-100 С

66. Первой стадией ферментативного катализа является:

- освобождение продукта реакции.
- образование фермент-субстратного комплекса.
- химическое преобразование фермент-субстратного комплекса.
- возвращение фермента в исходное состояние

67. Ферменты обладают наибольшей активностью:

- в нейтральной среде.
- в кислой среде.
- при строго определенном для каждого фермента значении pH.
- в щелочной среде

68. Активаторы ферментативных реакций

это вещества, увеличивающие скорость ферментативной реакции

это вещества, снижающие скорость ферментативной реакции

это вещества, которые влияют на фермент - субстратный комплекс

69. Найдите соответствия активатора и его воздействия на ферментативную реакцию

Вещества, влияющие на область активного центра – Способствуют более эффективному присоединению субстрата (ионы металлов)

Аллостерические эффекторы - вызывает конформационные изменения в молекуле белка, приводящие к изменению структуры активного центра

70. Активаторы, вызывающие модификации, не затрагивающие активный центр фермента активируют путем:

присоединения специфической модифицирующей группы к молекуле фермента

путём перехода неактивного предшественника - профермента в активный фермент

вызывает диссоциацию субъединиц фермента, имеющего четвертичную структуру

все ответы верны