

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Образовательно-научный институт
физико-химических технологий и материаловедения (ИФХТиМ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____/Ж.В. Мацулевич/

подпись ФИО

“08” июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.8 Кинетика ферментативных реакций

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров/специалистов/магистров

Направление подготовки: 19.03.01 «Биотехнология»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность: «Общая и прикладная биотехнология»

(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Выпускающая кафедра: НиБ

Кафедра-разработчик НиБ

Объем дисциплины: 144/4

Промежуточная аттестация: зачет с оценкой

экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик(и): Соколова Татьяна Николаевна, д.х.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Нижний Новгород, 2021

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 10 августа 2021 г. № 736 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ протокол от 28.10.2021 г. № 4

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 01.06.2021 № 9.

И.О. зав. кафедрой: к.х.н., доцент Калинина А.А.

(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИФХТиМ, протокол от 08.06.2021 № 9.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный №

Начальник МО

(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ

_____/Н.И. Кабанина/
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины	5
4. Структура и содержание дисциплины	10
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины	16
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины	20
7. Информационное обеспечение дисциплины	21
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ	22
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине	23
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины	24
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины	27

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целями освоения дисциплины «Кинетика ферментативных реакций» является формирование у студентов основных понятий ферментативного катализа, знаний методов кинетических исследований ферментативных реакций, навыков в обработке экспериментальных кинетических данных и определению ключевых кинетических характеристик таких, как константа Михаэлиса-Ментен, тип ингибирования и константы ингибирования, параметры активации.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- изучить кинетические схемы односубстратных ферментативных реакций, с позиций метода квазистационарных концентраций рассмотреть кинетические уравнения и способы их модификации к виду уравнения Михаэлиса-Ментен;
- рассмотреть способы получения количественных значений константы Михаэлиса-Ментен (в координатах Лайнуивера-Берка, Иди-Хофсти, Вульфа-Хейнса);
- изучить типы ингибирования ферментативных реакций: обратимое конкурентное, обратимое неконкурентное, обратимое бесконкурентное, ингибирование субстратом, продуктом;
- рассмотреть методы кинетического анализа многостадийных ферментативных реакций: метод графов, Фромма, диаграммный метод;
- выявить кинетическим анализом влияние pH среды и температуры на скорость ферментативных реакций;
- дать представление о современном состоянии и путях развития ферментативного катализа;
- развить самостоятельность в приобретении научных знаний и опыта математической обработки данных кинетических экспериментов, представленных в задачах различного уровня сложности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебная дисциплина «Кинетика ферментативных реакций» включена в обязательный перечень дисциплин базовой части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина основывается на базовых знаниях, полученных студентами при изучении общей и неорганической химии, органической химии, физической химии, математики, микробиологии, химии биологически активных веществ, биохимии, основ информатики и информационных технологий. Для усвоения дисциплины студент должен владеть химической терминологией, понимать смысл химических формул и символов, индексов и коэффициентов в химических уравнениях реакций. Знать: табличные интегралы, правила дифференцирования, интегрирования, логарифмирования; постулаты химической кинетики, интегральные и дифференциальные методы определения порядков реакции. Студент должен хорошо владеть информацией о химических компонентах клеток растительного и животного происхождения, а также метаболизме основных клеточных компонентов – белков, жиров, углеводов; классификации, свойствах, строении ферментов, молекулярном механизме функционирования ферментов. Студент должен владеть навыками расчетов, обработки и анализа кинетических данных и представления

их в табличном и графическом виде с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий

Знания, умения и навыки, полученные студентами при изучении дисциплины – «Кинетика ферментативных реакций» будут необходимы для усвоения курса «Биотехнологические производства», «Основы биохимии и молекулярной биологии», а также при подготовке, выполнении и защите курсовых и выпускной квалификационной работ, при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

Связь данной дисциплины со специализацией обучающегося реализуется при рассмотрении технологий биотехнологических производств с участием ферментов, катализируемых процессы, а также при расчетах и прогнозировании скорости ферментативной реакции.

Особенностью дисциплины является изучение кинетики ферментативных реакций путем формирования навыков в решении типовых и нестандартных задач.

К активным методам обучения относится обсуждение предлагаемых студентами решений задач, поиск наиболее простых методов решения, при этом обучающийся вступает в дискуссию с преподавателем и другими студентами.

Рабочая программа дисциплины «Биофизика» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

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

Процесс изучения дисциплины (модуля) «Кинетика ферментативных реакций» направлен на:

- формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки (специальности) 19.03.01 «Биотехнология»

а) общепрофессиональных (ОПК): ОПК-1, 2

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ОПК-1								
Кинетика ферментативных реакций (Б1.Б.8)						✓		
Коллоидная химия (Б1.Б.10)							✓	
Математика (Б1.Б.11)	✓	✓						
Общая и неорганическая химия (Б1.Б.13)	✓	✓						
Органическая химия (Б1.Б.154)			✓					
Основы биохимии и молекулярной биологии (Б1.Б.15)						✓		

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Основы биохимии человека (Б1.Б.18)							✓	
Физика (Б1.Б.22)		✓	✓					
Физиология человека (Б1.Б.23)					✓	✓		
Физическая химия (Б1.Б.25)				✓	✓			
Химия биологически активных веществ (Б1.Б.27)					✓			
Экология (Б1.Б.28)	✓							
Ознакомительная практика (Б2.У.1)				✓				
Научно-исследовательская работа (Б2.П.2)						✓		
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР (Б3.Д.1)								✓
ОПК-2								
Инженерная графика (Б1.Б.3)		✓						
Информатика (Б1.Б.5)	✓							
Информационные технологии (Б1.Б.7)				✓				
Кинетика ферментативных реакций (Б1.Б.8)						✓		
Основы биохимии человека (Б1.Б.18)		✓					✓	
Ознакомительная практика (Б2.У.1)				✓				
Научно-исследовательская работа (Б2.П.2)						✓		
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР (Б3.Д.1)								✓

**ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С
ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП**

Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях.	<i>ИОПК-1.3. Изучает, анализирует и использует базовые знания в области общей, неорганической, физической и коллоидной химии и методов химического анализа для решения задач профессиональной деятельности.</i>	ЗНАТЬ: - постулаты химической кинетики, интегральные и дифференциальные методы определения порядков реакции; - классификацию, свойства, строение ферментов; - теоретические основы приближенных методов анализа кинетических схем гомогенных каталитических реакций.	УМЕТЬ: - использовать для определения кинетических характеристик типовых гомогенных каталитических реакций интегральные и дифференциальные методы; - использовать для анализа кинетических схем гомогенных каталитических реакций приближенные методы химической кинетики: квазиравновесного и квазистационарного приближений.	ВЛАДЕТЬ: - навыками решения типовых задач по гомогенному катализу, анализу кинетических схем гомогенно-каталитических реакций; - навыками решения нетиповых задач по гомогенному катализу, анализу кинетических схем гомогенно-каталитических реакций.	- Задачи по изучаемым темам для аудиторного решения - Задачи к письменным контрольным работам по разделам	Вопросы для устного собеседования на зачете: билеты (22 билета)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
	<i>ИОПК-1.4. Изучает, анализирует и использует базовые знания в области биохимии для решения задач профессиональной деятельности</i>	ЗНАТЬ: - строение каталитических центров, ферменты по классам, основные положения ферментативного катализа, различные типы ингибирования, теорию графов; диаграммный метод анализа ферментативных реакций, включающих равновесные стадии; ингибирование субстратом; конкурентное ингибирование продуктом; влияние pH на скорость ферментативных реакций.	УМЕТЬ: - анализировать кинетические схемы простых типов ферментативных реакций, выводить уравнение скорости односубстратной ферментативной реакции методом квазистационарного приближения, рассчитывать кинетические параметры типовых ферментативных реакций; - использовать метод графов и диаграммный метод анализа кинетических схем определять тип ингибирования по кинетическим параметрам; - определять зависимость кинетических параметров ферментативных реакций от температуры и pH.	ВЛАДЕТЬ: - навыками анализа кинетических схем типовых односубстратных реакций методом квазистационарного приближения, решения типовых задач по ферментативному катализу, по определению кинетических характеристик ферментативных реакций.	- Задачи по изучаемым темам для аудиторного решения - Задачи к письменным контрольным работам по разделам	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ОПК-2. Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности	ИОПК-2.1. Использует пакеты прикладных программ для расчетов, обработки и анализа данных и представления их в табличном и графическом виде	ЗНАТЬ: - пакеты прикладных программ для расчетов и обработки кинетических данных ферментативных реакций; - требования информационной безопасности.	УМЕТЬ: - использовать пакеты прикладных программ для расчетов и обработки кинетических данных ферментативных реакций; - анализировать и обрабатывать информацию о кинетике ферментативных реакций, представленную в литературных источниках	ВЛАДЕТЬ: - навыками расчетов, обработки и анализа кинетических данных и представления их в табличном и графическом виде с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.	- Задачи по изучаемым темам для аудиторного решения - Задачи к письменным контрольным работам по разделам	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего часов	в т.ч. по семестрам
		6 сем
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144	144
1. Контактная работа:	73	73
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	68	68
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)	51	51
лабораторные работы (ЛР)		
1.2. Внеаудиторная, в том числе	5	5
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	5	5
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	71	71
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа	10	10
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	61	61
Подготовка к экзамену (контроль)		

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
6 СЕМЕСТР									
ОПК-1: ИОПК-1.3 ИОПК-1.4 ОПК-2: ИОПК-2.1	Раздел 1 Кинетика ферментативного катализа. Уравнение Михаэлиса-Ментен								
	Тема 1.1 Кинетика ферментативного катализа. Уравнение Михаэлиса-Ментен	3			2	подготовка к лекциям [2.1] (стр. 67-93)			
	Практическое занятие 1.1: решение задач по анализу схем ферментативных реакций методом квазистационарного приближения, приведение уравнений к виду уравнения Михаэлиса-Ментен			3	3	подготовка к занятию [2.1] (стр. 75-76), стр. 91-93)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		
	Практическое занятие 1.2-1.3: решение задач с использованием уравнения Михаэлиса-Ментен (определение константы Михаэлиса, каталитической константы и др.)			6	2	подготовка к занятию [2.1] (стр.82-91); [3.1] (стр.35-40)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		
	Итого по разделу №1	3		9	7				
	Раздел 2 Ингибирование ферментативных реакций								
	Тема 2.1 Обратимое конкурентное ингибирование	1			2	подготовка к лекциям [2.1] (стр. 93-96)			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Практическое занятие 2.1: решение задач по обратимому конкурентному ингибированию ферментов			3	3	подготовка к занятию [2.1] (стр. 93-96); [3.1] (стр. 40-41)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		
	Тема 2.2 Обратимое бесконкурентное ингибирование	1			2	подготовка к лекциям [2.1] (стр. 97-99)			
	Практическое занятие 2.2: решение задач по обратимому бесконкурентному ингибированию ферментов			3	3	подготовка к занятию [2.1] (стр. 97-99)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		
	Тема 2.3 Обратимое неконкурентное ингибирование	1			2	подготовка к лекциям [2.1] (стр. 100-102)			
	Практическое занятие 2.3: решение задач по обратимому неконкурентному ингибированию ферментов			3	3	подготовка к занятию [2.1] (стр. 100-102)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		
	Практическое занятие 2.4: аудиторная контрольная работа по темам 1.2, 2.1-2.3			3	3	подготовка к контрольной работе [2.1] (стр. 80-102); [3.1] (стр. 35-41)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		
	Итого по разделу №2	3		12	18				
	Раздел 3. Применение теории графов и диаграммного метода для вывода кинетических уравнений ферментативных реакций								

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 3.1 Применение теории графов для вывода кинетических уравнений ферментативных реакций.	2			2	подготовка к лекциям [2.1] (стр. 102-108)			
	Практическое занятие 3.1-3.2: решение задач по ферментативному катализу методом графов			6	3	подготовка к занятию [2.1] (стр. 102-107); [3.1] (стр. 41-42)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		
	Практическое занятие 3.3: решение задач по ферментативному катализу модифицированным методом графов – методом Фромма			3	3	подготовка к занятию [2.1] (стр. 107-108)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		
	Тема 3.2 Диаграммный метод анализа ферментативных реакций, включающих равновесные стадии.	1			2	подготовка к лекциям [2.1] (стр. 109-110, 114-116)			
	Практическое занятие 3.4: решение задач про выводу кинетического уравнения ферментативной реакции диаграммным методом			3	3	подготовка к занятию [2.1] (стр. 109-110, 114-116)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		
	Итого по разделу №3	3		12	13				
	Раздел 4 Ингибирование субстратом и продуктом ферментативной реакции								
	Тема 4.1 Ингибирование субстратом	2			2	подготовка к лекциям [2.1] (стр. 110-114)			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Практическое занятие 4.1-4.2: решение задач по ингибированию ферментативной реакции субстратом			6	6	подготовка к занятию [2.1] (стр. 110-114)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		
	Тема 4.2 Конкурентное ингибирование ферментативных реакций продуктом реакции.	2			2	подготовка к лекциям [2.1] (стр. 116-119)			
	Практическое занятие 4.3: решение задач по интегральному методу анализа кинетической схемы ферментативной реакции (координаты Уокера-Шмидта). Определение кинетических параметров реакции.			3	3	подготовка к занятию [2.1] (стр. 116-119)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		
	Итого по разделу № 4	4		9	13				
	Раздел 5 Влияние рН на скорость ферментативных реакций								
	Тема 5.1 Кинетические схемы ферментативной реакции с разными ионными состояниями фермента и фермент-субстратных комплексов.	2			2	подготовка к лекциям [2.1] (стр. 124-127)			
	Практическое занятие 5.1: решение задач по анализу кинетических схем ферментативной реакции с разными ионными состояниями фермента и фермент-субстратных комплексов.			2	3	подготовка к занятию [2.1] (стр. 124-127)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Итого по разделу №5	2		2	5				
	Раздел 6 Влияние температуры на скорость ферментативной реакции								
	Тема 6.1 Уравнение Аррениуса. Определение активационных параметров	2			2	подготовка к лекциям [2.1] (стр. 131-134)			
	Практическое занятие 6.1: решение задач на уравнение Аррениуса. Определение активационных параметров ферментативных реакций.			4	3	подготовка к занятию [2.1] (стр. 131-134), [3.1] (стр. 43-44)	пояснения сложных для студента вопросов при решении задач с частичным привлечением формы дискуссии или беседы		
	Итого по разделу №6	2		4	5				
	Практическое занятие: итоговая контрольная работа			3	10	подготовка к контрольной работе [2.1] (стр.80-134); [3.1] (стр. 35-43)			
	ИТОГО по дисциплине	17		51	71				

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Текущий контроль осуществляется по следующим видам учебного процесса: решение практических задач, контрольные работы.

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Вопросы, индивидуальные задания и задачи представлены в методических указаниях к практическим занятиям, представленных в п. 6.3.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

При промежуточном контроле (зачет с оценкой) успеваемость студентов оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценка определяется как средняя арифметическая по результатам сдачи зачета (собеседование по вопросам), контрольных работ, с учетом аудиторной активности студента.

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях.	<i>ИОПК-1.3. Изучает, анализирует и использует базовые знания в области общей, неорганической, физической и коллоидной химии и методов химического анализа для решения задач профессиональной деятельности.</i>	Не знает теоретические основы приближенных методов анализа кинетических схем гомогенных каталитических реакций. Не умеет использовать для определения кинетических характеристик типовых гомогенных каталитических реакций интегральные и дифференциальные методы; использовать для анализа кинетических схем гомогенных каталитических реакций приближенные методы химической кинетики: квазиравновесного и квазистационарного приближений. Не владеет навыками решения типовых задач по гомогенному катализу, анализу кинетических схем гомогенно-каталитических реакций.	Удовлетворительно знает теоретические основы приближенных методов анализа кинетических схем гомогенных каталитических реакций. С ошибками использует для определения кинетических характеристик типовых гомогенных каталитических реакций интегральные и дифференциальные методы, для анализа кинетических схем гомогенных каталитических реакций приближенные методы химической кинетики: квазиравновесного и квазистационарного приближений. Допускает ошибки в решении типовых задач по гомогенному катализу, анализу кинетических схем гомогенно-каталитических реакций. Не способен к решению нетиповых задач.	Хорошо знает теоретические основы приближенных методов анализа кинетических схем гомогенных каталитических реакций. Умеет использовать для определения кинетических характеристик типовых гомогенных каталитических реакций интегральные и дифференциальные методы, для анализа кинетических схем гомогенных каталитических реакций приближенные методы химической кинетики: квазиравновесного и квазистационарного приближений. Не допускает ошибок в решении типовых задач по гомогенному катализу, анализу кинетических схем гомогенно-каталитических реакций. Допускает незначительные погрешности в решении нетиповых задач.	Отлично знает теоретические основы приближенных методов анализа кинетических схем гомогенных каталитических реакций. Умеет использовать для определения кинетических характеристик типовых гомогенных каталитических реакций интегральные и дифференциальные методы, для анализа кинетических схем гомогенных каталитических реакций приближенные методы химической кинетики: квазиравновесного и квазистационарного приближений. Не допускает ошибок в решении типовых задач по гомогенному катализу, анализу кинетических схем гомогенно-каталитических реакций. Владеет навыками решения нетиповых задач.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
	<i>ИОПК-1.4. Изучает, анализирует и использует базовые знания в области биоорганической и биохимии для решения задач профессиональной деятельности</i>	Не знает строение каталитических центров, ферменты по классам, основные положения ферментативного катализа, различные типы ингибирования, теорию графов; диаграммный метод анализа ферментативных реакций, включающих равновесные стадии; ингибирование субстратом; конкурентное ингибирование продуктом; влияние pH на скорость ферментативных реакций. Не умеет анализировать кинетические схемы простых типов ферментативных реакций, выводить уравнение скорости, рассчитывать кинетические параметры типовых ферментативных реакций. Не усвоил метод графов и диаграммный метод анализа кинетических схем, не умеет определять тип ингибирования по кинетическим параметрам. Не обладает навыками решения типовых задач по ферментативному катализу. по определению кинетических характеристик ферментативных реакций.	Частично знает строение каталитических центров, ферменты по классам, основные положения ферментативного катализа, различные типы ингибирования, теорию графов; диаграммный метод анализа ферментативных реакций, включающих равновесные стадии; ингибирование субстратом; конкурентное ингибирование продуктом; влияние pH на скорость ферментативных реакций. Допускает ошибки в анализе кинетических схем простых типов ферментативных реакций, в выводе уравнений скорости, расчете кинетических параметров типовых ферментативных реакций. Частично усвоил метод графов и диаграммный метод анализа кинетических схем, допускает ошибки в определении типа ингибирования по кинетическим параметрам, в решении типовых задач по ферментативному катализу, по определению кинетических характеристик ферментативных реакций.	Хорошо знает строение каталитических центров, ферменты по классам, основные положения ферментативного катализа, различные типы ингибирования, теорию графов; диаграммный метод анализа ферментативных реакций, включающих равновесные стадии; ингибирование субстратом; конкурентное ингибирование продуктом; влияние pH на скорость ферментативных реакций. Не допускает ошибок в анализе кинетических схем простых типов ферментативных реакций, в выводе уравнений скорости, расчете кинетических параметров типовых ферментативных реакций. Хорошо усвоил метод графов и диаграммный метод анализа кинетических схем, допускает небольшие ошибки в определении типа ингибирования по кинетическим параметрам, в решении нетиповых задач по ферментативному катализу, по определению кинетических характеристик ферментативных реакций.	Отлично знает строение каталитических центров, ферменты по классам, основные положения ферментативного катализа, различные типы ингибирования, теорию графов; диаграммный метод анализа ферментативных реакций, включающих равновесные стадии; ингибирование субстратом; конкурентное ингибирование продуктом; влияние pH на скорость ферментативных реакций. Не допускает ошибок в анализе кинетических схем простых типов ферментативных реакций, в выводе уравнений скорости, расчете кинетических параметров типовых ферментативных реакций. Отлично усвоил метод графов и диаграммный метод анализа кинетических схем, не допускает ошибок в определении типа ингибирования по кинетическим параметрам, в решении нетиповых задач по ферментативному катализу, по определению кинетических характеристик ферментативных реакций.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ОПК-2. Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности	<i>ИОПК-2.1. Использует пакеты прикладных программ для расчетов, обработки и анализа данных и представления их в табличном и графическом виде</i>	Не знает пакеты прикладных программ для расчетов и обработки кинетических данных ферментативных реакций; требования информационной безопасности. Не умеет использовать пакеты прикладных программ для расчетов и обработки кинетических данных ферментативных реакций; анализировать и обрабатывать информацию о кинетике ферментативных реакций, представленную в литературных источниках. Не владеет навыками расчетов, обработки и анализа кинетических данных и представления их в табличном и графическом виде с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.	Частично знает пакеты прикладных программ для расчетов и обработки кинетических данных ферментативных реакций; требования информационной безопасности. На недостаточном уровне умеет использовать пакеты прикладных программ для расчетов и обработки кинетических данных ферментативных реакций; анализировать и обрабатывать информацию о кинетике ферментативных реакций, представленную в литературных источниках. Частично владеет навыками расчетов, обработки и анализа кинетических данных и представления их в табличном и графическом виде с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.	Хорошо знает пакеты прикладных программ для расчетов и обработки кинетических данных ферментативных реакций; требования информационной безопасности. Умеет использовать пакеты прикладных программ для расчетов и обработки кинетических данных ферментативных реакций; анализировать и обрабатывать информацию о кинетике ферментативных реакций, представленную в литературных источниках. Хорошо владеет навыками расчетов, обработки и анализа кинетических данных и представления их в табличном и графическом виде с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.	Отлично знает пакеты прикладных программ для расчетов и обработки кинетических данных ферментативных реакций; требования информационной безопасности. На высоком уровне умеет использовать пакеты прикладных программ для расчетов и обработки кинетических данных ферментативных реакций; анализировать и обрабатывать информацию о кинетике ферментативных реакций, представленную в литературных источниках. Отлично владеет навыками расчетов, обработки и анализа кинетических данных и представления их в табличном и графическом виде с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

1.1 Кудряшева, Н.С. Физическая химия: Учебник / Н.С. Кудряшева, Л.Г. Бондарева. - М.: Юрайт, 2014. 341 с.

1.2. Касаткина, И.В. Физическая химия: Учеб. пособие /И.В. Касаткина, Т.М. Прохорова, Е.В. Федоренко. - М.: РИОР; ИНФРА-М, 2016. 250 с.

1.3. Березин И.В. Практический курс химической и ферментативной кинетики: Учебное пособие/ И.В. Березин, А.А. Клёсов. – Изд. МГУ, 1976. 320 с.
(электронный адрес:
<https://autogear.ru/market/books.php?post=id1=4&category=chem&author=berezin-iv&book=1976&page=2>)

6.2. Справочно-библиографическая литература

2.1 Соколова Т.Н., Карташов В.Р., Калинина А.А. Краткий курс энзимологии и биокинетики. НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2015. – 162 с.

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

В список «Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям» включаются методические указания и рекомендации по проведению практических учебных занятий по данной дисциплине:

6.3.1 Методические указания, разработанные преподавателями:

3.1 Соколова Т.Н. Кинетика ферментативных реакций / Т.Н. Соколова // Н. Новгород. НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2021. 44 с.

6.3.2 Методические указания, разработанные НГТУ

3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20.
Дата обращения 23.09.2015.

3.2 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samost_rab.pdf?20.

3.3 Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный

адрес: http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
2. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. - Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. [Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса](http://elibrary.ru/defaultx.asp) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. - Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл. с экрана.
6. *Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД)* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. - Загл. с экрана.
7. *Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. - Загл. с экрана.
8. *Университетская информационная система Россия* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. - Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

Таблица 8 - Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare)
Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark	

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Premium, договор №Tr1 13003 от 25.09.14)	
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	
Windows XP лиц. № 65609340	
Office 2007 лиц. № 43178971	
Microsoft Windows XP Professional (лицензия № 43178980)	
MicrosoftOffice 2007 (лицензия № 44804588)	
1С предприятие 8.1 (лицензионное соглашение №800908353 с ЗАО «1С»)	
Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)	
Dr.Web с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021	
КонсультантПлюс (Договор № 28-13/16-313 от 27.12.16)	
Техэксперт (Договор №100/860 от 22.12.2016)	

В табл. 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Электронная база избранных статей по философии	http://www.philosophy.ru/
3	Единый архив экономических и социологических данных	http://sophist.hse.ru/data_access.shtml
4	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	http://www.ncva.ru
5	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
6	Информационно-справочная система «Техэксперт»	доступ из локальной сети

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В табл. 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология относится к приоритетным направлениям подготовки.

Кафедра «Нанотехнологии и биотехнологии» располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Учебный процесс по направлению подготовки бакалавров соответствует требованиям ФГОС ВО:

1. Помещения кафедры «Нанотехнологии и биотехнологии» представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, лабораторных работ, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории;

2. для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие примерным программам дисциплин (модулей), рабочим учебным программам дисциплин (модулей);

3. перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы бакалавриата, включает в себя лаборатории, оснащенные лабораторным оборудованием, в зависимости от вида проводимых лабораторных работ;

4. помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Учебный процесс полностью обеспечен материально-технической базой для проведения всех видов дисциплинарной, лабораторной, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом вуза, и соответствующей действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Учебный процесс подготовки по данному направлению полностью обеспечен лекционными аудиториями с презентационным оборудованием, а также компьютерными классами с соответствующим бесплатным и лицензионным программным обеспечением. Существует возможность выхода в сеть Интернет, в том числе, в процессе проведения

занятий. Специализированные аудитории оснащены соответствующим лабораторным оборудованием для проведения лабораторных занятий при изучении следующих учебных дисциплин: информатика; физика; неорганическая химия; химия элементов; экология; информационные технологии; инженерная графика; электротехника и электроника; метрология, стандартизация и сертификация; пищевая биотехнология; общая биология и микробиология; химия биологически активных веществ; техническая биохимия; экологическая биотехнология; коллоидная химия; физическая химия; органическая химия; физико-химические процессы в биотехнологических производствах.

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	1331 учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Доска меловая - 3 шт. 2. Столы лабораторные (рабочее место студента) на 28 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 3 шт.; 4. Персональный компьютер	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021
2	1221 Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Доска меловая -1 шт. 2. Рабочее место студента на 50 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с

расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- *аудиторное решение задач на практическом занятии*
- *контрольная работа.*

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии с набранными за семестр баллами. Студенты, выполнившие все обязательные виды запланированных учебных занятий к прохождению промежуточной аттестации (зачету с оценкой).

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить, как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом

материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план; - уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций; -

связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;

- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;

- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;

- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;

- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;

- записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием курсовой работы, участием в лабораторных работах, подготовкой и сдачей зачета/экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Практические занятия позволяют приобрести студентам навыки решения типовых и нестандартных задач; анализа и выбора методов решения. На практических занятиях создаются условия, чтобы студенты продемонстрировали умение систематизировать знания по дисциплине и междисциплинарным предметам, умение выстроить логическую цепочку выполняемых действий.

Для повышения познавательной активности студентов и приобретения ими первичных навыков научного исследования, в предлагаемые для решения задачи вводятся экспериментально полученные кинетические данные в области биохимии, биомедицины.

Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с проработки теоретического материала.

Решенные задачи принимаются преподавателем по принципу «сдано» «не сдано».

Отдельно поощряется аудиторная активность студента (выход к доске, дискуссия, ответы на вопросы)

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего

контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в табл. 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

10.5. Методические указания для выполнения контрольных работ

При изучении курса «Биофизика» проводится 2 контрольных работы.

В контрольную работу № 1 входят задачи по уравнению Михаэлиса-Ментен и ингибированию ферментов 1.30÷2.33 (по выбору преподавателя) из методических указаний: Соколова Т.Н. Биофизика/ Т.Н. Соколова // Н. Новгород. НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2021. 44 с.

В контрольную работу № 2 (итоговая) входят задачи по всем изученным темам (по выбору преподавателя) из методических указаний: Соколова Т.Н. Кинетика ферментативных реакций / Т.Н. Соколова // Н. Новгород. НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2021. 44 с.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

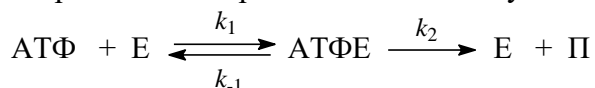
Индивидуальные задания и задачи представлены в методических указаниях к практическим занятиям, представленных в п. 6.3.

Примеры типовых заданий:

11.1.1. Типовые задания к практическим (семинарским) занятиям

ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ:

1. Превращение АТФ в АДФ катализируется ферментом аденозинтрифосфатазой. Наиболее простая схема реакции имеет следующий вид:

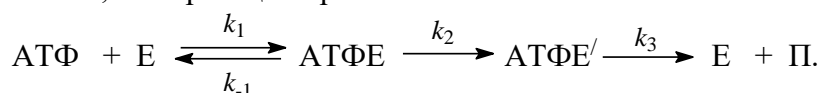


где АТФЕ – промежуточный фермент-субстратный комплекс.

Напишите кинетическое уравнение реакции. На основании экспериментальных данных рассчитайте значения V_{\max} и K_M :

$[\text{АТФ}]_0 \cdot 10^3, \text{М}$	0,1	0,4	0,8	1,5	2,0
$V_0, \text{М} \cdot \text{с}^{-1}$	9,1	28,6	44,5	59,9	66,7.

Покажите, что скорость реакции выражается уравнением аналогичным уравнению Михаэлиса-Ментен, если реакция протекает в соответствии со схемой:



Найдите условия, при которых кинетические уравнения, полученные при анализе двух схем, будут полностью совпадать.

2. Рассчитайте значения константы Михаэлиса и максимальной скорости всеми возможными методами для реакции гидролиза метилового эфира N-бензоил-L-аминомасляной кислоты, катализируемого α -химо-трипсином. Известны данные о зависимости начальной скорости от концентрации субстрата при 25 °С и pH 7,8:

$[S]_0 \cdot 10^3, \text{ М}$	2,24	1,49	1,12	0,90	0,75
$V_0 \cdot 10^7, \text{ М} \cdot \text{с}^{-1}$	4,28	3,56	3,11	2,74	2,43.

3. Пенициллиназа – фермент, секретируемый некоторыми бактериями для инактивации пенициллина. Типичная форма фермента с молекулярной массой 30000 имеет один активный центр, каталитическую константу 2000 с^{-1} и константу Михаэлиса $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ М}$. В ответ на обработку 5 мкмоль пенициллина 1 мл суспензии бактериальных клеток вырабатывает 0,04 мкг фермента. Какое количество фермента на начальных стадиях реакции будет связано с пенициллином, если считать, что между ферментом и субстратом быстро устанавливается равновесие?

Какое время потребуется для инактивации половины исходного количества пенициллина?

Какая концентрация пенициллина необходима для того, чтобы он реагировал со скоростью, вдвое меньшей максимальной?

4. Из приведенных данных для ферментативной реакции, подчиняющейся схеме и уравнению Михаэлиса-Ментен, определите схему действия ингибитора при его концентрации $6,0 \cdot 10^{-3} \text{ М}$. Вычислите значения константы Михаэлиса, константы образования неактивного комплекса и максимальную скорость:

$[S]_0 \cdot 10^3, \text{ М}$	2,0	3,0	4,0	10,0	15,0
$V_0 \cdot 10^6, \text{ г/л} \cdot \text{ч}$	139	179	213	313	370
$V_0^{\text{инг}} \cdot 10^6, \text{ г/л} \cdot \text{ч}$	88	121	149	257	313.

5. Определите из приведенных данных тип ингибирования, константу Михаэлиса, константу диссоциации комплекса EI и величину максимальной скорости в реакции окисления N-метилглутамата, катализируемой N-метил-глутаматдегидрогеназой в присутствии ингибитора α -кетоглутарата, концентрация которого равна $3,0 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$ (pH 7,4, температура 30 °С).

В отсутствие ингибитора:

$[S]_0 \cdot 10^4, \text{ М}$	1,000	0,625	0,500	0,417	0,264
$V_0 \cdot 10^6, \text{ М} \cdot \text{мин}$	1,67	1,43	1,33	1,25	1,00.

В присутствии ингибитора:

$[S]_0 \cdot 10^4, \text{ М}$	5,000	1,670	1,000	0,667	0,500
$V_0 \cdot 10^6, \text{ М} \cdot \text{мин}$	1,56	1,00	0,77	0,57	0,45.

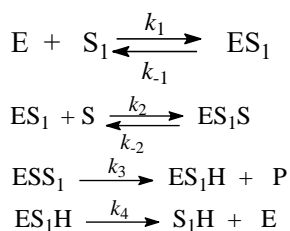
6. Исходя из данных табл. 2.1, определите характер ингибирования, K_M и V_{max} в отсутствие ингибитора. Определите константу ингибирования методом Диксона.

$[S]_0, \text{ mM}$	Скорость, мкмоль/мин			
	Концентрация ингибитора			
	0	1,5	3,0	4,5
0,20	0,32	0,17	0,12	0,09
1,26	1,50	0,87	0,77	0,60
1,78	1,96	1,20	0,81	0,65
2,31	2,22	1,61	1,12	0,98
2,84	2,40	1,62	1,40	1,31
3,36	2,85	2,00	1,51	1,35
3,90	2,65	1,80	1,73	1,44
4,42	2,80	2,56	2,12	1,47

4,94	3,24	2,58	1,82	1,72
------	------	------	------	------

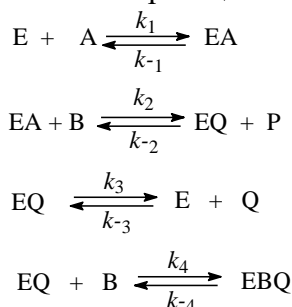
7. При добавлении конкурентного ингибитора в ферментативную систему, подчиняющуюся схеме Михаэлиса-Ментен ($K_M=3,0 \cdot 10^{-3}$ М), скорость реакции уменьшилась на 70 %. Концентрация субстрата равна $2,5 \cdot 10^{-3}$ М, концентрация ингибитора - $5,0 \cdot 10^{-4}$ М. При какой концентрации субстрата скорость реакции составит 35 % от исходной при той же концентрации ингибитора?

8. Окисление β -гидроксibuтирата (S) до ацетоацетата (P), катализируемое β -гидроксibuтиратдегидрогеназой, происходит по так называемому «упорядоченному Биби-механизму», при котором НАД^+ является первым субстратом (S_1), связывающимся с ферментом, и $\text{НАДН} + \text{H}^+$ ($S_1\text{H}$) – последним продуктом, уходящим из каталитического центра фермента:

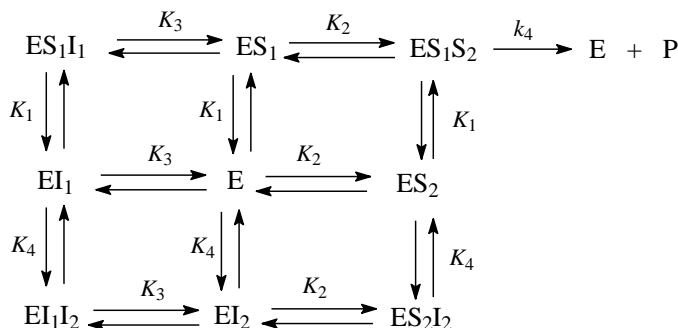


Найдите выражение для начальной скорости ферментативной реакции в стационарном режиме.

9. Используя методы графов и Фромма, найти кинетическое уравнение ферментативной реакции:



10. Найдите выражение для скорости двухсубстратной ферментативной реакции, в которой ингибитор I_1 является конкурентным ингибитором субстрата S_2 , а ингибитор I_2 – конкурентным ингибитором субстрата S_1 :



11. pH-Зависимость максимальной скорости (V_{\max} , моль/мин·мг белка) гидролиза *n*-нитрофенилового эфира *n*-масляной кислоты, катализируемого кишечной эстеразой, имеет вид колоколообразной кривой. Используя экспериментальные данные, вычислите значения pK ионизированных групп фермент-субстратного комплекса, контролирующих ферментативную реакцию:

pH	4,5	5,2	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
$V_{\max} \cdot 10^6$	24,2	73,3	126,5	166,2	235,6	281,9	230,1	160,6	61,3	21,6.

12. Используя температурную зависимость констант скоростей прямой (k_1) и обратной (k_{-1}) реакций конформационного изменения молекулы α -химотрипсина (pH 9,8; $[E] = 2,0 \cdot 10^{-5}$ М), вычислите значения энтальпии и энтропии активации прямого и обратного процесса:

t , °C	12	20	28	36
k_1 , с ⁻¹	0,242	0,703	1,973	5,129
k_{-1} , с ⁻¹	0,157	0,321	0,582	1,192.

Варианты промежуточной контрольной работы

Вариант №1

1. Исходя из данных табл., определите характер ингибирования, K_M и V_{\max} в отсутствии ингибитора. Определить константу ингибирования методом Диксона.

[S] ₀ , мМ	Скорость, мкмоль/мин			
	Концентрация ингибитора			
	0	1,5	3,0	4,5
0,20	0,32	0,17	0,12	0,09
1,26	1,50	0,87	0,77	0,60
1,78	1,96	1,20	0,81	0,65
2,31	2,22	1,61	1,12	0,98
2,84	2,40	1,62	1,40	1,31
3,36	2,85	2,00	1,51	1,35
3,90	2,65	1,80	1,73	1,44
4,42	2,80	2,56	2,12	1,47
4,94	3,24	2,58	1,82	1,72

2. Проанализируйте уравнение Михаэлиса-Ментен и ответьте на следующие вопросы:

а) При какой концентрации субстрата фермент, для которого максимальная скорость превращения субстрата составляет 30 мкмоль/мин·мг, а величина K_M равна 0,005 М, будет работать со скоростью, равной 1/4 максимальной? б) Определите, какую долю V_{\max} , будет составлять скорость реакции при концентрациях субстрата, равных 1/2 K_M , 2 K_M и 10 K_M .

3. Определить кинетические параметры реакции, катализируемой фосфоглюкомутазой, исходя из данных, приведенных в табл.

[Глюкозо-1-фосфат] ₀ , мкМ	V_0 , мкмоль/мин·мг белка
2,5	31,2
5,0	53,3
10	74,5
20	94,0
40	123,3
80	139,2
160	152,4

Вариант №2

1. Получены следующие результаты ферментативного разложения тиамин в отсутствие и в присутствии ингибитора *o*-аминобензил-4-метилтиазолинхлорида, концентрацией $2,0 \cdot 10^{-5}$ М:

$[S]_0$, мМ	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00
$V_0 \cdot 10^6$, М/мин	0,746	0,992	1,120	1,260	1,360
$V_0^{\text{инг}} \cdot 10^6$, М/мин	0,136	0,285	0,618	0,758	1,290

Определите значения V_{\max} и K_M и тип ингибирования. Рассчитайте константу образования неактивного комплекса.

2. Ферментативная реакция ($K_M = 2,7 \cdot 10^{-3}$ М) подавляется конкурентным ингибитором ($K_i = 3,1 \cdot 10^{-5}$ М). Концентрация субстрата равна $3,6 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Сколько ингибитора потребуется для подавления реакции на 65%? Во сколько раз надо повысить концентрацию субстрата, чтобы уменьшить степень ингибирования до 25%?

3. Измеряли кинетику реакции, катализируемой сукцинатдегидрогеназой, в зависимости от концентрации янтарной кислоты. Данные приведены в табл. Определите константу Михаэлиса и максимальную скорость данного ферментативного процесса.

$[\text{сукцинат}]_0 \cdot 10^5$ М	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	3,0	9,0	15,0	21,0
V_0 , мкмоль/мин	4,1	6,4	8,7	11,0	12,0	22,6	33,8	34,5	34,6

Вариант №3

1. Определить K_M и V_{\max} в присутствии и отсутствии ингибитора, исходя из данных, приведенных в табл. Установить тип ингибирования.

$[S]_0$, мМ	V_0 , ммоль/мин	
	контроль	ингибитор
1,25	1,72	0,98
1,67	2,04	1,17
2,50	2,63	1,47
5,00	3,33	1,96
10,00	4,12	2,38

2. Гидролиз *p*-нитрофенилфосфата фосфатазой можно определить, измеряя скорость образования продукта *p*-нитрофенола. Используя стандартные условия (рН 7,0 и 25°C) с суммарным объемом инкубационной среды, равной 5 мл, которая содержала 1 мкмоль фосфатазы, были определены K_M и V_{\max} . Они были равны соответственно, 2,0 мМ и 5 мМ/мин. Определите величину скорости реакции, когда 10 мкмоль *p*-нитрофенилфосфата присутствуют в инкубационной пробе. Сходный субстрат, *o*-нитрофенилфосфат имеет K_M , равную 4 мМ при стандартных условиях. К какому из субстратов, *p*-нитрофенилфосфату или *o*-нитрофенилфосфату фермент имеет большее сродство?

3. Измеряли кинетику ферментативной реакции, катализируемой рибонуклеазой, в зависимости от концентрации РНК. Данные приведены в табл. Определить кинетические характеристики реакции (K_M и V_{\max}).

$[\text{РНК}]_0 \cdot 10^4$ М	V_0 , мкмоль/мин	$[\text{РНК}]_0 \cdot 10^4$ М	V_0 , мкмоль/мин
0,1	1,3	3,0	6,8
0,3	2,1	9,0	8,1
0,5	2,9	15,0	8,5
0,7	3,5	18,0	8,6

1,0	4,5		
-----	-----	--	--

Вариант №4

1. Декарбоксилирование глиоксилата митохондриями ингибируется малонатом. При кинетическом исследовании были получены следующие результаты, табл. Определите тип ингибирования, K_m , V_{max} и величины K_i для двух концентраций малоната.

Концентрация глиоксилата, мМ	Скорость выделения CO_2 условные единицы)		
	в отсутствие малоната	[малонат], 1,26 мМ	[малонат], 1,96 мМ
1,00	2,50	2,17	1,82
0,75	2,44	1,82	1,39
0,60	2,08	1,41	1,28
0,50	1,89	1,30	1,00
0,40	1,67	1,09	-
0,33	1,39	-	-
0,25	1,02	-	0,56

2. Вирус иммунодефицита кодирует протеазу, которая необходима для внедрения и созревания вируса. Протеаза катализирует гидролиз субстрата (пентапептид) с начальной скоростью 0,0035 моль/с. Концентрация пентапептида равна 0,045 М. Константа Михаэлиса фермента для данного субстрата равна 0,075 М. Производное пентапептида, в котором пептидная связь замещена на $-CH_2NH_2$ не гидролизуется протеазой и является ингибитором. В присутствии 2,5 мкМ ингибитора максимальная скорость равнялась 0,0093 моль/с, а начальная скорость составила 0,0030 моль/с. Определите тип ингибирования.

3. Измеряли кинетику реакции, катализируемой каталазой в зависимости от концентрации пероксида водорода. Полученные данные приведены в табл. Определите K_m и V_{MAX} .

$[H_2O_2]_0 \cdot 10^5$, М	V_0 , мкмоль/мин
0,3	10,4
0,5	14,5
1,0	22,5
3,0	33,8
9,0	40,5
13,0	41,5
16,0	41,6

Вариант №5

1. Реакцию переноса аминогруппы с глутаминовой кислоты на оксалоацетат осуществляет фермент трансаминаза (температура 25°C, pH 7). Рассчитайте V_{max} и K_m , исходя из следующих данных:

$[S]_0 \cdot 10^6$, М	0,30	0,50	2,00	4,00	10,00
$V_0 \cdot 10^6$, М·с ⁻¹	0,17	0,27	0,65	0,78	0,81.

2. Фермент супероксиддисмутаза имеет необычные свойства, что подтверждают следующие данные: $[COD]_0 = 0,4$ мкМ, pH=9,1

$1/V_0, cM^{-1}$	260	175	122	60	10
$1/[O_2^-]_0 10^{-4}$, М ⁻¹	13	8,5	6,0	3,0	0,5

-Определить V_{\max} и K_M . Объяснить полученные данные в терминах механизма Михаэлиса-Ментен. Какой кинетический порядок имеет реакция по супероксидному иону?

3. Для реакции гидролиза эфира, конкурентно ингибируемой ионами магния были получены следующие данные: константа Михаэлиса 10^{-3} М, константа ингибирования 10^{-4} М, максимальная скорость 1 М/с.

- Определите, сколько времени потребуется на снижение концентрации субстрата с 10^{-5} М до 10^{-6} М в отсутствии ингибитора

- Определите, сколько времени потребуется на снижение концентрации субстрата с 10^{-5} М до 10^{-6} М в присутствии 10^{-4} М ингибитора

Варианты итоговой контрольной работы

Вариант №1

1. В таблице приведены кинетические данные для гидролиза бромацетилфениллактиата, катализируемого карбоксипептидазой. Найти значение константы конкурентного ингибирования продуктом реакции, если $[S]_0 = 7,3 \cdot 10^{-3}$ М, $[E] = 5,68 \cdot 10^{-3}$ М, $k_2 = 57,4 \text{ с}^{-1}$, $K_M = 1,6 \cdot 10^{-3}$ М.

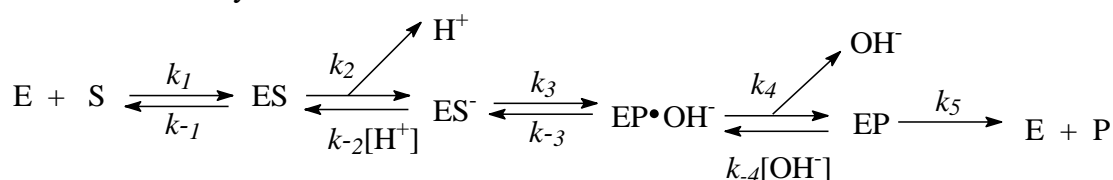
Время, с	96	144	228	324	624	834	1146
$[P] \cdot 10^3, \text{ М}$	2,63	3,29	4,29	5,00	6,27	6,73	7,20

2. Для некоторой ферментативной реакции константа Михаэлиса равна 0,035 М, Скорость реакции при концентрации субстрата 0,11 М равна $1,15 \cdot 10^{-3} \text{ М} \cdot \text{с}^{-1}$. Определить максимальную скорость реакции.

3. α -Кетоглутарат является ингибитором реакции окисления метилглутамата, катализируемой метилглутаматдегидрогеназой. Определите тип ингибирования и константу ингибирования по данным, представленным в таблице:

$[\alpha\text{-Кетоглутарат}] \cdot 10^4 \text{ М}$	$[S]_0 \cdot 10^4 \text{ М}$	$V_0 \cdot 10^6 \text{ М} \cdot \text{мин}^{-1}$
0	1,00	1,67
	0,625	1,43
	0,500	1,33
	0,417	1,25
	0,264	1,00
0,6	1,67	1,67
	1,00	1,43
	0,625	1,18
	0,500	1,04
	0,330	0,83
3,0	5,00	1,56
	1,67	1,00
	1,00	0,77
	0,667	0,57
	0,500	0,45

4. Гидролиз 2-фосфоглицерата до фосфоенолпирувата, катализируемый енолазой протекает по механизму:



Найти выражение для начальной скорости методами графов и Фромма.

5. Гидролиз *n*-нитрофенилфосфата фосфатазой можно определить, измеряя скорость образования продукта *n*-нитрофенола. Используя стандартные условия (рН 7,0 и 25⁰С) с суммарным объемом инкубационной среды, равной 5 мл, которая содержала 1 мкмоль фосфатазы, были определены *K*_м и *V*_{max}. Они были равны, соответственно, 2,0 мМ и 5 мМ/мин. Определите величину скорости реакции, когда 10 мкмоль *n*-нитрофенилфосфата присутствуют в инкубационной пробе. Сходный субстрат, о-нитрофенилфосфат имеет *K*_м, равную 4 мМ при стандартных условиях. К какому из субстратов, *n*-нитрофенилфосфату или о-нитрофенилфосфату фермент имеет большее сродство?

Вариант № 2

1. На основании данных, приведенных в таблице, определить константу Михаэлиса и максимальную скорость реакции в отсутствии ингибитора. Принимая во внимание, что количество фермента одинаково в каждом варианте эксперимента, а ингибитор А и присутствуют в концентрации 10 мМ, определить для каждого ингибитора тип ингибирования и константу ингибирования *K*_i.

[S] ₀ , мМ	<i>V</i> ₀ , (моль/с) без ингибитора	<i>V</i> ₀ , (моль/с) ингибитор А	<i>V</i> ₀ , (моль/с) ингибитор В
1	2.5	1.17	0.77
2	4.0	2.1	1.25
5	6.3	4.0	2.0
10	7.6	5.7	2.5
20	9.0	7.2	2.86

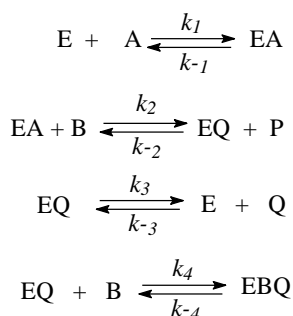
2. При изучении кинетики гидролиза ацетилхолина, катализируемого ацетилхолинэстеразой, было показано, что ферментативная реакция ингибируется субстратом с константой диссоциации неактивного комплекса, равной 3,2·10⁻² М. Найти значение концентрации субстрата, при которой скорость ферментативной реакции достигает максимального значения, если величина константы Михаэлиса, найденная при использовании низких концентраций субстрата, равна 2,6·10⁻⁴ М.

3. Реакция восстановления пирувата, катализируемая лактатдегидрогеназой, ингибируется высокими концентрациями субстрата. Используя экспериментальные данные, представленные в таблице, определите тип ингибирования и вычислите кинетические и равновесные параметры реакции:

рН 6,8, *t*=27,5 °С, 0,05М фосфатный буфер, [НАДН+Н⁺]=1,29·10⁻⁵ М, [Е]=2·10⁻⁵ мг/мл

[S] ₀ ·10 ³ , М	<i>V</i> ₀ ·10 ⁶ , М/мин	[S] ₀ ·10 ³ , М	<i>V</i> ₀ ·10 ⁶ , М/мин
0,020	3,13	0,70	4,30
0,029	3,70	1,10	3,90
0,040	4,10	3,00	2,40
0,050	4,39	5,00	1,80
0,100	4,92	7,00	1,50
0,500	4,90	10,00	1,10

4. Используя методы графов и Фромма, найти кинетическое уравнение ферментативной реакции:



5. Вирус иммунодефицита кодирует протеазу, которая необходима для внедрения и созревания вируса. Протеаза катализирует гидролиз субстрата (пентапептид) с начальной скоростью 0,0035 моль/с. Концентрация пентапептида равна 0,045 М. Константа Михаэлиса фермента для данного субстрата равна 0,075 М. Производное пентапептида, в котором пептидная связь замещена на $-\text{CH}_2\text{NH}$, не гидролизуется протеазой и является ингибитором. В присутствии 2,5 мкМ ингибитора максимальная скорость равнялась 0,0093 моль/с, а начальная скорость составила 0,0030 моль/с. Определите тип ингибирования.

Вариант №3

1. Определите K_i по методу Диксона при двух концентрациях субстрата. При определении константы ингибирования для ионов ацетата, действующих на гидролитический фермент, были получены приведенные ниже данные (для уксусной кислоты и ацетата натрия соответственно). Какие заключения качественного и количественного характера можно сделать на основании этих данных? Реакцию проводили при 25° С в 0,1 М фосфатном буфере (рН 7,4), скорость реакции выражали числом микромолей субстрата, гидролизованного за 1 мин на 1 мг белка.

Концентрация субстрата 3 мМ									
Концентрация ацетата или ацетата натрия, М	0	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24
V реакции при добавлении ацетата	1,64	1,33	1,14	0,99	0,85	0,64	0,50	0,425	0,30
V реакции при добавлении ацетата натрия	1,64	1,33	1,15	1,00	0,89	0,81	0,735	0,675	0,625
Концентрация субстрата 5 мМ									
Концентрация ацетата или ацетата натрия, М	0	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24
V реакции при добавлении ацетата	2,1	1,79	1,59	1,40	1,23	1,08	0,83	0,61	0,42
V реакции при добавлении ацетата натрия	2,1	1,79	1,60	1,45	1,30	1,18	1,09	1,01	0,94

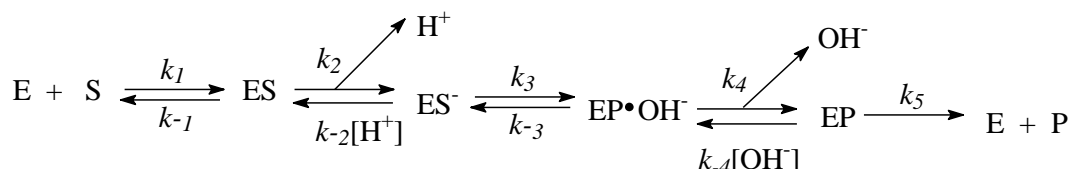
2. Вирус иммунодефицита кодирует протеазу, которая необходима для внедрения и созревания вируса. Протеаза катализирует гидролиз субстрата (пентапептид) с начальной скоростью 0,0035 моль/с. Концентрация пентапептида равна 0,045 М. Константа Михаэлиса фермента для данного субстрата равна 0,075 М. Определите V_{\max} фермента для пентапептида.

3. Найдите с помощью трех методов линеаризации величины V_{\max} , K_M , k_2 , исходя из данных, приведенных в таблице. Концентрация фермента $1,0 \cdot 10^{-9}$ М.

$[S] \cdot 10^4$, моль/л	$V \cdot 10^5$, моль/(л мин)
---------------------------	-------------------------------

1,0	0,67
2,0	1,10
4,0	1,70
6,0	2,00
10	2,40
15	2,65
20	2,80

4. Гидролиз 2-фосфоглицерата до фосфоенолпирувата, катализируемый енолазой протекает по механизму:



Найти выражение для начальной скорости методами графов и Фромма.

5. Считая, что на катализатор не действует температура, объясните, скорость какой из реакций – с катализатором или без – будет более чувствительна к изменению температуры?

Вариант №4

1. Кофермент А является ингибитором реакции, катализируемой фосфат-ацетилтрансферазой: Ацетил-КоА + HPO_4^{2-} = ацетилфосфат + КоА.

В табл. приведены данные по влиянию КоА на начальную скорость реакции при вариации концентраций обоих субстратов. Определите тип ингибирования коферментом по отношению к ацетил-КоА и неорганическому фосфату и определите соответствующие константы ингибирования: рН 8,32; $t = 25^\circ\text{C}$, ионная сила 0,3 М, $[\text{E}]_0 = 5,0 \cdot 10^{-8}$ М

$[\text{КоА}]_0 \cdot 10^5, \text{ М}$	$[\text{Ас-КоА}]_0 \cdot 10^5, \text{ М}$	$[\text{фосфат}]_0 \cdot 10^2, \text{ М}$	$V_0 \cdot 10^5, \text{ М/мин}$
0	3,5	6,1	2,94
2,5	3,5	6,1	2,18
4,0	3,5	6,1	1,88
6,7	3,5	6,1	1,50
12,0	3,5	6,1	1,09
0	8,5	6,1	6,25
4,0	8,5	6,1	4,35
12,0	8,5	6,1	2,64
18,0	8,5	6,1	2,04
21,0	8,5	6,1	1,82
0	12,5	6,1	7,70
4,0	12,5	6,1	5,30
8,0	12,5	6,1	4,00
12,0	12,5	6,1	3,30
16,0	12,5	6,1	2,80
22,0	12,5	6,1	2,22
0	7,4	2,0	1,74
3,0	7,4	2,0	1,30
7,5	7,4	2,0	0,935
10,0	7,4	2,0	0,815
17,5	7,4	2,0	0,582
0	7,4	4,0	2,94
6,0	7,4	4,0	1,75
10,0	7,4	4,0	1,39

15,0	7,4	4,0	1,09
22,0	7,4	4,0	0,835
0	7,4	6,0	3,85
5,5	7,4	6,0	2,38
10,0	7,4	6,0	1,82
16,0	7,4	6,0	1,39
25,5	7,4	6,0	0,99

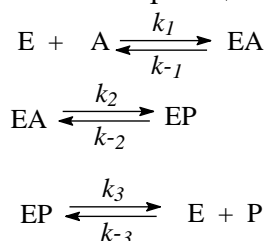
2. Сукцинат натрия окисляется в присутствии растворенного кислорода до фумарата натрия в присутствии фермента сукцинатаксидазы:

[S] ₀ , мМ	10,00	2,00	1,00	0,50	0,33
V ₀ , мкМ/с	1,17	0,99	0,79	0,62	0,50

Малонат является конкурентным ингибитором этой реакции. При начальной концентрации сукцината 1,0 мМ начальная скорость уменьшилась на 50 % в присутствии 30 мМ малоната. Определите значение константы Михаэлиса и максимальной скорости в отсутствие ингибитора. Покажите графически ожидаемое кинетическое поведение реакции в присутствии 30 мМ малоната.

3. Ингибитор ацетилхолинэстеразы связывается с ферментом, вызывая изменение максимальной скорости, но не изменяя K_М. Определите тип ингибирования и какая потребуется концентрация ингибитора для достижения 90 % ингибирования фермента, если константа диссоциации комплекса EI равна 2,9·10⁻⁴ М?

4. Используя метод графов или Фромма, найти кинетическое уравнение ферментативной реакции:



5. Измеряли начальную скорость ферментативной реакции как функцию концентрации субстрата в отсутствие и присутствии ингибитора и получили следующие данные:

[S] ₀ , М	V ₀ , моль мин ⁻¹	V ₀ , моль мин ⁻¹
	без ингибитора	в присутствии ингибитора
0,0001	33	17
0,0002	50	29
0,0005	71	50
0,001	83	67
0,002	91	80
0,005	96	91
0,01	98	95
0,02	99	98
0,05	100	99
0,1	100	100

- 1) Чему равна V_{max} в отсутствие ингибитора?
- 2) Чему равна K_М в отсутствие ингибитора?
- 3) При [S]₀=4·10⁻⁴ М какова будет скорость в отсутствие ингибитора?

- 4) При $[S]_0 = 4 \cdot 10^{-4}$ М какова будет скорость в присутствии ингибитора?
- 5) В отсутствие ингибитора, какая часть фермента будет связана с субстратом, если $[S]_0 = 4 \cdot 10^{-4}$ М?

Вариант №5

1. Получены следующие результаты ферментативного разложения тиамин в отсутствие и в присутствии ингибитора о-аминобензил-4-метилтиазолинхлорида, концентрацией $2,0 \cdot 10^{-5}$ М:

$[S]_0$, мМ	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00
$V_0 \cdot 10^6$, М/мин	0,746	0,992	1,120	1,260	1,360
$V_0^{\text{инг}} \cdot 10^6$, М/мин	0,136	0,285	0,618	0,758	1,290

Определите значения V_{max} и K_M и тип ингибирования. Рассчитайте константу образования неактивного комплекса.

2. Для реакции гидролиза эфира, конкурентно ингибируемой ионами магния были получены следующие данные: константа Михаэлиса 10^{-3} М, константа ингибирования 10^{-4} М, максимальная скорость 1 М/с.

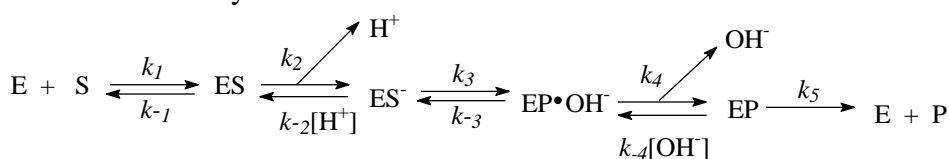
- Определите, сколько времени потребуется на снижение концентрации субстрата с 10^{-5} М до 10^{-6} М в отсутствие ингибитора

- Определите, сколько времени потребуется на снижение концентрации субстрата с 10^{-5} М до 10^{-6} М в присутствии 10^{-4} М ингибитора

3. рН-Зависимость гидролиза амида N-ацетил-L-фенилаланина, катализируемого химитрипсином, имеет вид колоколообразной кривой. Используя экспериментальные данные, вычислите значения pK ионогенных групп фермент-субстратного комплекса, контролирующих ферментативную реакцию ($t = 25^\circ \text{C}$; $[S]_0 = (0,35 - 3,5) \cdot 10^{-2}$ М, $[E] = (2,0 - 5,0) \cdot 10^{-5}$ М

pH	5,71	6,34	6,87	7,62	7,92	8,49	8,81	9,05	9,08	9,35	9,95
$k_{\text{кат}} \cdot 10^2$, с ⁻¹	0,6	1,4	3,6	4,3	4,6	3,9	3,9	2,8	2,4	2,6	1,2

4. Гидролиз 2-фосфоглицерата до фосфоенолпирувата, катализируемый енолазой протекает по механизму:



Найти выражение для начальной скорости методами графов и Фромма.

5. Рассчитайте концентрацию неконкурентного ингибитора, необходимую для 90%-подавления ферментативной активностью, если константа ингибирования равна $2,9 \cdot 10^{-4}$ М.

Вопросы, выносимые на зачет с оценкой

(проводится в виде собеседования по вопросам преподавателя)

1. Что понимается под скоростью химической реакции?
2. Как определяется скорость химической реакции?
3. В чем преимущества использования начальной скорости в ферментативном катализе? Как она определяется?
4. Дифференциальные методы определения порядка реакции.
5. Интегральные методы определения порядка реакции.

6. В чем заключается сущность метода квазистационарного приближения?
 7. В чем заключается сущность метода квазиравновесного приближения?
- Проанализировать кинетическую схему Михаэлиса-Ментен. Вывести уравнение методом квазистационарного приближения.
8. Вывести уравнение Михаэлиса-Ментен методом квазиравновесного приближения.
 9. Физический смысл константы Михаэлиса.
 10. Метод определения кинетических параметров уравнения Михаэлиса-Ментен в координатах Лайнуивера-Берка, Иди-Хофсти, Вульфа-Хейнса).
 11. Метод определения кинетических параметров уравнения Михаэлиса-Ментен в координатах Иди-Хофсти.
 12. Метод определения кинетических параметров уравнения Михаэлиса-Ментен в координатах Вульфа-Хейнса.
 13. Кинетическая схема обратимого конкурентного ингибирования, вывод кинетического уравнения методом квазистационарного приближения. Преобразование кинетического уравнения в координатах Лайнуивера-Берка.
 14. Определение кинетических характеристик ферментативной реакции с обратимым конкурентным ингибированием.
 15. Метод Диксона для определения константы ингибирования.
 16. Кинетический признак ферментативных реакций с обратимым конкурентным ингибированием.
 17. Кинетическая схема обратимого бесконкурентного ингибирования. Вывод кинетического уравнения методом квазистационарного приближения. Преобразование кинетического уравнения в координатах Лайнуивера-Берка.
 18. Определение кинетических характеристик ферментативной реакции с обратимым бесконкурентным ингибированием. Кинетический признак ферментативных реакций с обратимым бесконкурентным ингибированием.
 19. Определение кинетических характеристик ферментативной реакции с обратимым бесконкурентным ингибированием.
 20. Кинетическая схема обратимого неконкурентного ингибирования. Вывод кинетического уравнения методом квазистационарного приближения.
Преобразование кинетического уравнения в координатах Лайнуивера-Берка.
 21. Определение кинетических характеристик ферментативной реакции с обратимым неконкурентным ингибированием. Кинетический признак ферментативных реакций с обратимым неконкурентным ингибированием.
 22. Что такое граф? Вершина? Ветвь? База? Базовое дерево? Базовый определитель?
 23. Как определяется скорость ферментативной реакции через базовые определители?
 24. Свойства графа.
 25. Правила вычисления базовых определителей по методу Фромма.
 26. В каких случаях для анализа схем ферментативных реакций целесообразнее использовать диаграммный метод?
 27. Что называют дугой? Чему равна дуга? Что принимается за вход? Выход? Как определяется скорость по диаграммному методу?
 28. Кинетическая схема ингибирования субстратом. Анализ кинетической схемы диаграммным методом. Определение кинетических характеристик реакции
 29. Кинетическая схема ингибирования продуктом реакции. Анализ кинетической схемы диаграммным методом. Интегрирование уравнения скорости. Приведение уравнения к координатам Уокера-Шмидта.
 30. Кинетическая схема ферментативной реакции с ионизацией активного центра фермента, содержащего две ионогенные группы. Вывод кинетического уравнения диаграммным методом. Определение кинетических характеристик и констант протонирования активного центра.
 31. Уравнение Аррениуса.

- 32. Энергетические профили ферментативных реакций.
- 33. Особенности температурного влияния на скорость ферментативной реакции.
Уравнение Эйринга, его использование для определения активационных параметров.