

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 03 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Математическое моделирование биореакторов
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 19.04.01 Биотехнология
(код и наименование направления)

Направленность: Биотехнология в освоении экономики замкнутого цикла
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины "Математическое моделирование биореакторов" является формирование компетенций в области математического моделирования и оптимизации основных процессов в биореакторах с использованием современных компьютерных методов, а также освоение элементов самостоятельной научно-исследовательской деятельности с использованием современных информационных технологий.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Объектом изучения дисциплины являются биореакторы разных типов. Предметом изучения являются математические модели основных биотехнологических процессов в биореакторах.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-1 ПК-2.1	Знает технологический режим природоохранных процессов и порядок выполнения технологических операций с учетом использования методов математического моделирования.	Знает технологический режим природоохранных процессов и порядок выполнения технологических операций в соответствии с технологическим регламентом биотехнологического производства	Собеседовани е

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-2 ПК-2.1	Умеет применять современные информационные технологии обработки полученных данных, отражающих параметры технологического процесса, использовать методы математического моделирования для оптимизации технологических процессов.	Умеет применять природоохранные технологии при очистке микроорганизмами-деструкторами почв, поверхностных и подземных вод от промышленных загрязнений, проводить лабораторные исследования. замеры. анализы, необходимые для применения технологическим процессом, применять современные информационные технологии обработки полученных данных, отражающих параметры технологического процесса, разрабатывать аппаратурно - технологические схемы производств	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.1	ИД-3 ПК-2.1	Владеет навыками управления природоохранными технологическими процессами при очистке микроорганизмами деструкторами почв, поверхностных и подземных вод от промышленных загрязнений, в том числе с применением методов математического моделирования.	Владеет навыками управления природоохранными технологическими процессами при очистке микроорганизмами деструкторами почв, поверхностных и подземных вод от промышленных загрязнений	Отчёт по практическом у занятию

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	44	44	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	24	24	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	64	64	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
4-й семестр				
Раздел 1. Основы моделирования биореакторов.	4	0	6	16
- Системный анализ в биотехнологии - Понятие модели. Математическая модель - Виды биореакторов и принципы их функционирования - Основы построения математической модели биореактора - Оптимизация сред для культивирования				
Раздел 2. Моделирование процессов в биореакторе	6	0	8	18
- Моделирование кинетики роста микроорганизмов в биореакторе периодического действия - Моделирование кинетики роста микроорганизмов в биореакторе непрерывного действия - Моделирование процессов биотрансформации и биокатализа - Моделирование гидродинамики в биореакторе - Моделирование теплообмена в биореакторе				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Раздел 3. Масштабирование биореакторов	2	0	2	6
- Основные проблемы масштабирования биореакторов - Подход к масштабированию на основе учета концентрации кислорода в среде - Подход к масштабированию на основе объемного коэффициента массопередачи				
Раздел 4. Основы применения цифровых технологий в биотехнологии	6	0	8	24
- Компьютерные системы контроля и управления биореактором - Сквозные цифровые технологии в биотехнологических производствах - Цифровые двойники биореакторов и их использование в научной и производственной деятельности - Основы биоинформатики				
ИТОГО по 4-му семестру	18	0	24	64
ИТОГО по дисциплине	18	0	24	64

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение кинетических параметров роста культуры микроорганизмов
2	Определение кинетических параметров роста культуры микроорганизмов в условиях ингибирования
3	Расчет массообменных характеристик в биореакторе
4	Расчет гидродинамических характеристик в биореакторе с использованием цифрового двойника биореактора
5	Использование систем сенсорики и промышленного интернета вещей для сбора данных биореактора
6	Использование технологий умного производства в сфере биотехнологий
7	Основные типы практических задач в биоинформатике

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Мошинский А. И. Математическое моделирование химико-технологических и биотехнологических процессов : учебник для направления бакалавриата и магистратуры Химическая технология. Москва : КНОРУС, 2021. 335 с. 21,0 усл. печ. л.	1
2	Федоренко Б. Н. Промышленная биоинженерия. Инженерное сопровождение биотехнологических производств : учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург : Профессия, 2017. 516 с. 42 усл. печ. л.	10
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		

1	Алексеев Г. В., Бриденко И. И., Кравцова Е. В. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии : учебное пособие. Санкт-Петербург : ГИОРД, 2018. 158 с. 10 усл. печ. л.	3
2	Процессы и аппараты биотехнологии: ферментационные аппараты : учебное пособие для вузов / Винаров А. Ю., Гордеев Л. С., Кухаренко А. А., Панфилов В. И. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Юрайт, 2020. 273 с. 17,13 усл. печ. л.	1
2.2. Периодические издания		
1	S. U. Ahmed, P. Ranganathan, A. Pandey, S. Sivaraman. Computational fluid dynamics modeling of gas dispersion in multi impeller bioreactor. Journal of Bioscience and Bioengineering. Volume 109. Issue 6. 2010. Pages 588-597.	1
2	T. Reshma Mohan, M.S. Mohan Kumar, Lakshminarayana Rao. An integrated hydrodynamic-biokinetic model to optimize the treatment processes in a laboratory-scale, pilot-scale, and full-scale bioreactor. Journal of Water Process Engineering. Volume 49. 2022. 103108.	1
2.3. Нормативно-технические издания		
1	ГОСТ Р 57079-2016. BIOTEХНОЛОГИИ. Классификация биотехнологической продукции.	1
2	ГОСТ Р 57700.22-2020. Компьютерные модели и моделирование. Классификация	1
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Ушева Н. В., Моизес О. Е., Митянина О. Е., Кузьменко Е. А. Математическое моделирование химико-технологических процессов Томск : ТПУ, 2014	https://elib.pstu.ru/Record/lan62934	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Коробова Л. А., Бугаев Ю. В., Черняева С. Н., Сафонова Ю. А. Математическое моделирование. Практикум. Воронеж : ВГУИТ, 2017	https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106788	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Ушанов С. В., Ушанова В. М. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. СибГУ им. академика М. Ф. Решетнева, 2018	https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-147471	локальная сеть; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Elsevier "Freedom Collection"	https://www.elsevier.com/
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Мультимедийный класс. Проектор потолочного крепления Panasonic PT-W 430 Da-LII E Cosmopolition Electrol 147 Операционная система?264	1
Практическое занятие	Персональные компьютеры	5

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Математическое моделирование биореакторов»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	19.04.01. Биотехнология
Направленность (профиль) образовательной программы:	Биотехнология в освоении экономики замкнутого цикла
Квалификация выпускника:	«Магистр»
Выпускающая кафедра:	Химии и биотехнологии
Форма обучения:	Очная

Курс: 2

Семестр: 4

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачёт: 4 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Математическое моделирование биореакторов» является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (4-го семестра учебного плана). В дисциплине предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, практическим работам на семинарах и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий	Рубежный		Итоговый
	УО	ПЗ	Т/КР	Зачёт
Усвоенные знания				
Знает технологический режим природоохранных процессов и порядок выполнения технологических операций с учетом использования методов математического моделирования.	УО			
Освоенные умения				
Умеет применять современные информационные технологии обработки полученных данных, отражающих параметры технологического процесса, использовать методы математического моделирования для оптимизации технологических процессов.		ПЗ1	КР	
Приобретенные владения				
Владеет навыками управления природоохранными технологическими процессами при очистке микроорганизмами деструкторами почв, поверхностных и подземных вод от промышленных загрязнений, в том числе с применением методов математического моделирования.		ПЗ2		

С – собеседование по теме семинара; УО – устный опрос; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ПЗ – практическое задание;

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме проводимого семинара. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации. Творческая активность студента на семинарах оценивается в баллах по каждому разделу учебного модуля.

Шкала и критерии оценки активности студента на семинаре приведены ниже.

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня творческого подхода к решению задач, определенных компетенциями
-------------	-------------------------	---

5	Максимальный уровень	Приведен детально обоснованный выбор варианта решения проблемы, вынесенной на обсуждение, убедительно доказаны преимущества предложения в ходе интерактивной дискуссии.
4	Средний уровень	Представлены предложения по использованию методов математического моделирования в рамках решения проблемы, вынесенной на обсуждение, в ходе интерактивной дискуссии удалось в основном отстоять представленные предложения по совершенствованию процесса.
3	Минимальный уровень	Проявлено участие в интерактивной дискуссии по решению проблемы, выдвинутой на обсуждение
2	Минимальный уровень не достигнут	Не представлены собственные предложения по решению проблемы, выдвинутой на обсуждение, не было участия в интерактивной дискуссии

Оценка по 4-х бальной шкале включается в итоговый оценочный лист по дисциплине для оценивания уровня освоения **знания**.

Тематика примерных практических занятий:

1. Определение кинетических параметров роста культуры микроорганизмов
2. Определение кинетических параметров роста культуры микроорганизмов в условиях ингибирования
3. Расчет массообменных характеристик в биореакторе
4. Расчет гидродинамических характеристик в биореакторе с использованием цифрового двойника биореактора
5. Использование систем сенсорики и промышленного интернета вещей для сбора данных биореактора
6. Использование технологий умного производства в сфере биотехнологий
7. Основные типы практических задач в биоинформатике

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты рубежной контрольной работы и отчета по индивидуальному практическому заданию.

2.2.1. Отчет по индивидуальному практическому заданию

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в виде сдачи отчета по индивидуальному практическому заданию, всего предусмотрено два практических задания на одного студента. В ходе самостоятельной работы каждый студент выполняет индивидуальное комплексное задание, связанное с методами математического моделирования в биотехнологии. Оценка по 4-х бальной шкале включается в

итоговый оценочный лист по дисциплине для оценивания уровня освоения умения (ПЗ1) и владения (ПЗ2).

Шкала и критерии оценки уровня освоения владения по результатам выполнения практического задания приведены ниже.

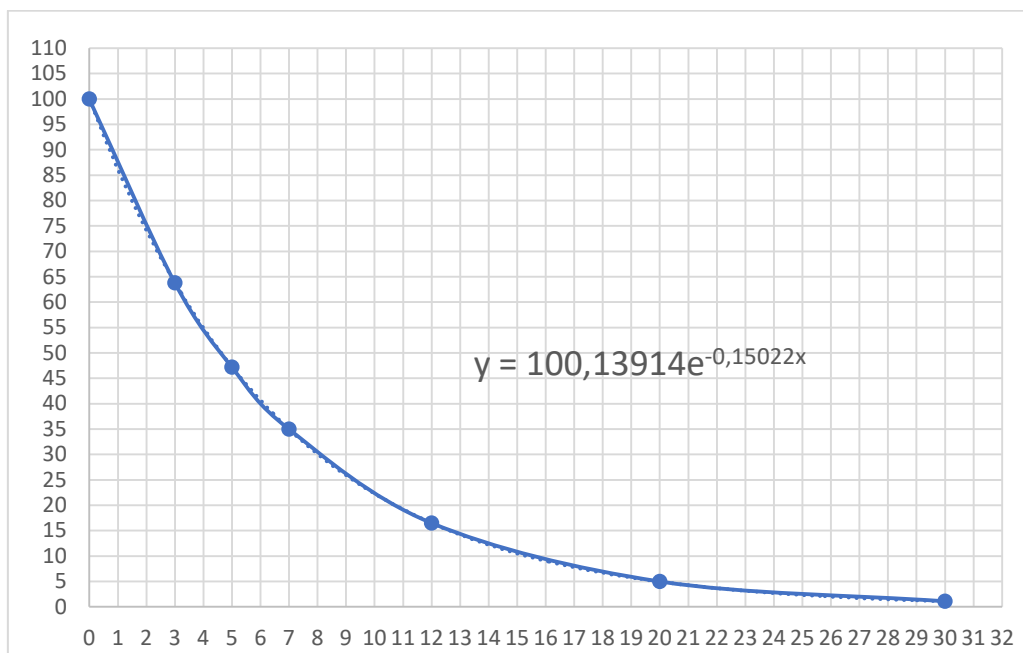
Балл	Уровень усвоения	Критерии оценивания уровня приобретенных владений
5	Максимальный уровень	В ходе выполнения практического задания корректно использованы методы математического моделирования, проведены верные расчеты, выявлен высокий уровень научной обоснованности объяснения полученных результатов.
4	Средний уровень	Выполнены все выше перечисленные этапы, предусмотренные индивидуальным заданием, но выявлен ряд неточностей в расчетах.
3	Минимальный уровень	Выполнены основные этапы предусмотренные индивидуальным заданием, но выявлен ряд существенных неточностей, в целом влияющих на результаты расчетов.
2	Минимальный уровень не достигнут	Не выполнены в полном объеме этапы, предусмотренные индивидуальным заданием.

Примеры индивидуальных практических заданий:

Пример 1.

При изучении кинетики ферментативной реакции первого порядка при действии α -амилазы получены следующие данные, представленные в виде кинетической кривой. Определите по ней

- а) скорости реакции при времени 5 мин от начала процесса графическим и аналитическим (с помощью производной) методами;
- б) величину константы скорости реакции;
- в) время полупревращения.



Пример 2.

Влияние оксамата натрия на скорость реакции, катализируемой лактатдегидрогеназой из *Lactobacillus plantarum*, изучали следующим образом: к пяти кюветам добавляли 0,1 мл 15мМ раствора оксамата натрия. Во все кюветы добавляли разное количество пирувата натрия в качестве субстрата, конечный объем доводили до 2,9 мл. Определить тип ингибирования и кинетические параметры процесса.

время, мин	оптическая плотность									
	объем пирувата, мл, без оксамата					объем пирувата, мл, с оксаматом				
	0,02	0,03	0,05	0,1	0,2	0,02	0,03	0,05	0,1	0,2
1	0,8	0,804	0,776	0,772	0,726	0,788	0,803	0,803	0,78	0,76
2	0,776	0,768	0,721	0,633	0,583	0,776	0,784	0,776	0,729	0,683
3	0,75	0,727	0,668	0,544	0,46	0,764	0,765	0,748	0,681	0,608
4	0,724	0,692	0,617	0,46	0,35	0,753	0,745	0,721	0,627	0,532

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Рубежная контрольная работа введена для оценивания освоения умений, включенных в дисциплинарные части компетенций. Шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены ниже.

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
5	Максимальный уровень	Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала. Отчет по контрольной работе оформлен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.

4	Средний уровень	Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении отчета по контрольной работе.
3	Минимальный уровень	Студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, отчет по контрольной работе имеет недостаточный уровень качества оформления.
2	Минимальный уровень не достигнут	Студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также не способен пояснить полученный результат.

Результаты рубежных контрольных работ по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

Пример заданий для рубежной контрольной работы:

1. В ферментативной реакции распада амилозы скорость реакции составила $0,00056$ моль/(л*мин) при исходной концентрации субстрата $0,001$ моль/л, константа Михаэлиса составляет $0,0035$ моль/л. Определите максимальную скорость ферментативной реакции.
2. В ферментативной реакции распада белка под действием протеазы были определены константы: максимальная скорость реакции составила $0,56$ усл.ед, константа Михаэлиса $0,0041$ М. Какая скорость реакции достигается при концентрации субстрата $0,002$ М?

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Промежуточный контроль по дисциплине проводится в форме зачета без дополнительного аттестационного испытания. Оценивание проводится по 4-балльной шкале в форме интегральной оценки с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля

в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Оценка усвоенных знаний вносится в оценочный лист как интегральный результат интегральной оценки текущего контроля активности на семинарах. Оценка освоения умений вносится в оценочный лист как интегральный результат рубежного контроля (рубежная контрольная работа и Практическое задание №1). Оценка освоения владений вносится в экзаменационный лист как итог оценивания по 4-балльной шкале результатов защиты Практического задания №2. По четырем оценкам, внесенным в экзаменационный лист, вычисляется среднеарифметическое значение и после округления до целого числа определяется оценка по дисциплине.

Оценочный лист по дисциплине «Математическое моделирование биореакторов»

№ п/п	Фамилия. И.О.	Оценка					
		Знания (УО)	Умение		Владение (ПЗ2)	Среднее арифметическое	По дисциплине
			ПЗ1	КР			