

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

« 15 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Биокинетика и биореакторы
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 288 (8)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология
(код и наименование направления)

Направленность: Биотехнология (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Дисциплина «Биокинетика и биореакторы» является профильной дисциплиной направления 19.03.01 «Биотехнология». В процессе изучения дисциплины студенты осваивают теоретические основы биокинетики функционирования ферментов и роста клеточных культур, осваивают основные методы анализа и расчета биокинетических зависимостей роста клеток микроорганизмов и ферментативных реакций, изучают основные процессы, протекающие в биореакторах, а также рассматривают типовые конструкции биореакторов.

Целью преподавания дисциплины «Биокинетика и биореакторы» является формирование у студентов следующих профессиональных компетенций:

ПК-1.2 Способен выполнять научные исследования проводить экспериментальные разработки по отдельным разделам темы.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Объектом изучения дисциплины являются ферменты и культуры микроорганизмов, кинетические закономерности их функционирования, а также биореакторы, их типовые конструкции и принципы работы.

1.3. Входные требования

Освоение дисциплины «Биокинетика и биореакторы» строится на базе материала, изложенного в дисциплине «Научно-исследовательская работа студентов» (ПК 1.2)

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-1.2	ИД-1пк-1.2	Знать методы проведения экспериментальных исследований, необходимых для описания биокинетики функционирования ферментов или роста клеточных культур	Знает задачи исследования, методы проведения экспериментальных исследований.	Экзамен
ПК-1.2	ИД-2пк-1.2	Уметь проводить анализ научно-технической информации и математическую обработку данных, необходимых для описания биокинетики функционирования ферментов или роста клеточных культур в биореакторах	Умеет проводить обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований.	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-3пк1.2	Владеть навыками составления отчетов по исследованиям, связанным с описанием биокинетики функционирования ферментов или роста клеточных культур в биореакторах, а также с описанием типовых конструкций и принципов работы биореакторов	Владеет навыками проведения экспериментальных исследований, составления отчетов по выполненным исследованиям и разработкам.	Индивидуальное задание

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	126	72	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	18	18
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	86	52	34
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	126	72	54
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет	9		9
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	288	180	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
6-й семестр				

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 1. Кинетика ферментативных реакций	10	0	32	40
1.1. Химическая кинетика как физико-химическая основа биокинетики 1.2. Кинетический анализ двухстадийных ферментативных реакций, подчиняющихся уравнению Михаэлиса - Ментен 1.3. Кинетический анализ двухстадийных ферментативных реакций, не подчиняющихся уравнению Михаэлиса – Ментен 1.4. Применение интегральной формы уравнения скорости для кинетического анализа ферментативных реакций 1.5. Влияние температуры и рН на кинетику ферментативных реакций 1.6. Кинетика многосубстратных ферментативных реакций				
Раздел 2. Кинетика процессов в клеточных популяциях	8	0	20	32
2.1. Кинетика роста и отмирания клеточной популяции 2.2. Кинетика утилизации субстрата клеточной популяцией 2.3. Кинетика биосинтеза продукта клеточной популяцией 2.4. Ингибирование и активация роста клеточных культур 2.5. Микро и макрокинетика процессов роста клеточных популяций в биореакторах				
ИТОГО по 6-му семестру	18	0	52	72
7-й семестр				
Раздел 3. Теоретические основы функционирования биореакторов	6	0	8	12
3.1. Теоретические основы массопереноса кислорода и субстрата в биореакторах 3.2. Теоретические основы гидродинамики газожидкостных систем в биореакторах 3.3. Основы макрокинетики процессов в биореакторах 3.4. Контроль и управление процессом в биореакторе 3.5. Пенoгашение в биореакторе. Физические, химические и механические методы пенoгашения 3.6. Теоретические основы теплопереноса в биореакторах 3.7. Масштабирование биореакторов				
Раздел 4. Основные типы биореакторов для процессов получения биомассы и продуктов метаболизма	10	0	10	12
4.1. Основные типы биореакторов и их классификация.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
4.2. Биореакторы для твёрдофазного культивирования микроорганизмов: конструкции и принципы работы 4.3. Типовые конструкции эрлифтных биореакторов, основы массопереноса, теплопереноса и гидродинамики. 4.4. Типовые конструкции биореакторов с мешалкой в свободном объеме, основы массопереноса, теплопереноса и гидродинамики. 4.5. Типовые конструкции биореакторов с мешалкой в циркуляционном контуре, основы массопереноса, теплопереноса и гидродинамики. 4.6. Струйные биореакторы, принцип действия падающей струи, шахтный биореактор. 4.7. Мембранные биореакторы. Принцип действия мембраны.				
Раздел 5. Типовые конструкции биореакторов в экобиотехнологии	2	0	16	30
5.1. Биореакторы для очистки воздуха (биофильтры, биоскрубберы) 5.2. Биореакторы для очистки загрязненных почв 5.3. Аэробные биореакторы для очистки сточных вод (аэротэнки, биофильтры, окситэнки) 5.4. Анаэробные биореакторы для очистки сточных вод (метантэнки, септитэнки)				
ИТОГО по 7-му семестру	18	0	34	54
ИТОГО по дисциплине	36	0	86	126

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчёт констант скоростей химических реакций
2	Определение кинетических параметров ферментативных реакций из экспериментальных данных
3	Определение кинетических параметров ингибирования ферментативных реакций
4	Нахождение значений рК по кривым рН - зависимостей ферментативных реакций
5	Дискриминация механизмов многосубстратных ферментативных реакций
6	Методы определения кинетических параметров роста клеточной популяции
7	Определение кинетических параметров отмирания клеточной популяции
8	Определение кинетических параметров утилизации субстрата клеточной популяцией
9	Определение кинетических параметров биосинтеза продукта клеточной популяцией

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
10	Корреляционные зависимости и экспериментальные методы для оценки коэффициента массопередачи кислорода в системе газ-жидкость в биореакторе
11	Расчёт гидродинамических характеристик эрлифтного биореактора
12	Расчёт массообменных характеристик эрлифтного биореактора
13	Расчёт гидродинамических характеристик барботажного биореактора с мешалкой
14	Расчёт массообменных характеристик барботажного биореактора с мешалкой
15	Пути интенсификации процессов массопереноса в биореакторах
16	Расчёт процесса пневмодиспергирования несмешивающихся с водой органических жидкостей в биореакторе
17	Основные типы биореакторов в биотехнологии

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.

В ходе практических занятий студентам предлагается решить задачи, связанные с расчетами биокинетических зависимостей функционирования ферментов, роста клеточных популяций, а также связанные с расчетами основных процессов, протекаемых в биореакторах.

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. 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.
4. При самостоятельной работе следует уделить внимание решению задач по изучаемой теме.

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	Биотехнология: теория и практика : учебник для вузов / Н. В. Загоскина [и др.]. - Москва: Оникс, 2009.	33
2	Варфоломеев С. Д. Биокинетика : практический курс : учебное пособие для вузов / С. Д. Варфоломеев, К. Г. Гуревич. - Москва: ФАИР-ПРЕСС, ГРАНД, 1999.	46
3	Т. 1. - Москва: , БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - (Прикладная экобиотехнология : учебное пособие для вузов : в 2 т.; Т. 1).	17
4	Т. 2. - Москва: , БИНОМ. Лаб. знаний, 2015. - (Прикладная экобиотехнология : учебное пособие : в 2 т.; Т. 2).	16
5	Федоренко Б. Н. Промышленная биоинженерия. Технологическое оборудование биотехнологических производств: Инженерное сопровождение биотехнологических производств / Б. Н. Федоренко. - Санкт-Петербург: Профессия, 2016.	4
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Биологическая очистка производственных сточных вод : процессы, аппараты и сооружения / С. В. Яковлев [и др.]. - Москва: Стройиздат, 1985.	5
2	Бирюков В. В. Основы промышленной биотехнологии : учебное пособие для вузов / В. В. Бирюков. - М.: КолосС, Химия, 2004.	86
3	Кафаров В. В. Моделирование биохимических реакторов / В. В. Кафаров, А. Ю. Винаров, Л. С. Гордеев. - Москва: Лесн. пром-сть, 1979.	16
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Биологическая очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов / С. В. Степанов [и др.]. - Москва: Изд-во АСВ, 2017.	1
2	Моделирование аэрационных сооружений для очистки сточных вод / Л. Н. Брагинский [и др.]. - Ленинград: Химия, 1980.	1
3	Расчет биотехнологических процессов очистки воды с применением аэротенков : методические указания к самостоятельным работам / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Сост. Д. А. Казаков, В. В. Вольхин, Л. Д. Аснин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2016.	5

4	Яковлев С. В. Биологические фильтры / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. - Москва: Стройиздат, 1982.	4
---	---	---

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Новосибирский государственный университет, факультет естественных наук. Мультимедийный курс "Физико-химические основы биокатализа в иллюстрациях". чл. корр РАН, проф. д.х.н. Лаврик О.И.	https://fen.nsu.ru/fen.phiml?topic=meth	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Процессы и аппараты биотехнологии: ферментационные аппараты : учебное пособие для вузов / А. Ю. Винаров [и др.] ; под редакцией В. А. Быкова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 274 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-53	https://urait.ru/bcode/454396	сеть Интернет; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Современная аппаратура и методы исследования биологических систем : метод. указания по самостоятельной работе/сост. : Т. Г. Волова, Е. И. Шишацкая. – Красноярск : 2012	http://bio.sfu-kras.ru/page/565	сеть Интернет; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
--------------	---------------------------------

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	1
Практическое занятие	Компьютерный класс Персональные компьютеры "Декада"	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
«Биокинетика и биореакторы»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 19.03.01. Биотехнология

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** Биотехнология

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Химии и биотехнологии

Форма обучения: Очная

Курс: 3 **Семестр:** 6,7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 8 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану: 288 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 6 семестр
Зачёт: 7 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Биокинетика и биореакторы» 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 двух семестров (6 и 7-го семестра учебного плана). В дисциплине предусмотрены аудиторские лекционные, 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, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, практических и лабораторных работ 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	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	Зачет	Экзамен
Усвоенные знания						
3.1 Знать методы проведения экспериментальных исследований, необходимых для описания биокинетики функционирования ферментов или роста клеточных культур		ТО1				ТВ1 ТВ2
Освоенные умения						
У.1 Уметь проводить анализ научно-технической информации и математическую обработку данных, необходимых для описания биокинетики функционирования ферментов или роста клеточных культур в биореакторах		ТО2		КР1 КР4		
Приобретенные владения						
В.1 Владеть навыками составления отчетов по исследованиям, связанным с описанием биокинетики функционирования ферментов или роста клеточных культур в биореакторах, а также с описанием типовых конструкций и принципов работы биореакторов		ТО3		КР2 КР3 КР5 ИЗ		

С – собеседование по теме; *ТО* – коллоквиум (теоретический опрос); *КЗ* – кейс-задача (индивидуальное задание); *ОЛР* – отчет по лабораторной работе; *Т/КР* – рубежное

тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена в 6 семестре и зачета в 7 семестре, проводимые 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 практического занятия. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме контрольных работ и выполнения индивидуального задания.

2.2.1. Рубежная контрольная работа

Контрольные работы предусмотрены по блокам тем при изучении дисциплины. В 6 семестре предусмотрены три контрольных работы: после изучения тем 1.1–1.2 (КР1), после изучения тем 1.3–1.6 (КР2), после изучения тем 2.1–2.5 (КР3), в 7 семестре предусмотрено две контрольных работы: после изучения тем 3.1–3.7 (КР4), после изучения тем 4.1–4.7 (КР4).

Типовые задания контрольной работы №1.

1. В биотехнологическом процессе используют ферментативную реакцию, осложнённую конкурентным ингибированием. Предложите кинетическую схему ферментативного процесса. Вывод кинетического уравнения. Предложите методику расчёта кинетических параметров по экспериментальным данным.

2. В биотехнологическом процессе используют ферментативную реакцию, осложнённую конкурентным ингибированием. Получили зависимость $K_m^{каж} = f(I)$, уравнение, выражающее эту зависимость:

$$K_m^{каж} = 0.265 \cdot I + 0.000025$$

Найдите K_m , K_I . (16)

3. Что такое модель связывания фермента и субстрата ключ-замок и модель индуцированной подгонки?

Типовые задания контрольной работы №2.

1. В биотехнологическом процессе, осложнённом ингибированием субстратом по механизму тройного неактивного комплекса (случай, описанный в задаче №1) получили зависимость при высоких концентрациях субстрата $1/V = f(S)$, уравнение, выражающее эту зависимость:

$$1/V = 277777,8 \cdot S + 41,67$$

Найдите значения K'_S и V_m (16)

2. При изучении влияния pH на ферментативную реакцию получили значения кажущихся констант Михаэлиса и кажущейся максимальной скорости реакции ($K_{кажm}$ и $V_{кажm}$). Как определить значения констант диссоциации ионогенных форм фермента (K'_a , K'_b , K_a , K_b) графическим способом (графики в каких координатах необходимо построить и как с их помощью найти константы)?

3. Опишите принципы влияния температуры на скорость ферментативных реакции, приведите уравнение Аррениуса. Почему скорость ферментативных реакций имеет температурный оптимум?

Типовые задания контрольной работы №3.

1. Опишите кинетические закономерности биodeградации токсичного субстрата, приведите уравнение для расчета скорости биodeградации?

2. Приведите кинетическую схему двухсубстратной ферментативной реакции, протекающей по механизму «пинг-понг».

3. Приведите кинетическую схему двухсубстратной ферментативной реакции, протекающей по механизму тройного комплекса.

Типовые задания контрольной работы №4.

1. Нарисуйте типовую конструкцию и опишите принципы работы эрлифтного биореактора (2б)
2. Рассчитайте газосодержание в барботажной трубе элифтного биореактора, если газосодержание в циркуляционной зоне равно 0,62, а дополнительное газосодержание, вводимое барботером, равно 0,33. (1б)
3. Рассчитайте приведенную скорость жидкости в циркуляционном контуре, если приведенная скорость жидкости в барботажной трубе эрлифтного биореактора составляет 0,48 м/с. В реакторе, диаметром 1,7 м, расположена одна труба, диаметром 0,8 м. (2б)
4. В реакторе установлена турбинная мешалка в свободном объеме 0,25 м в диаметре. Расход воздуха на аэрацию 80,5 м³/ч. Рассчитайте, какую минимальную скорость вращения мешалки можно установить, чтобы биореактор функционировал в нормальном режиме без захлебывания жидкости. (1б)

Типовые задания контрольной работы №5.

1. Опишите три основных модели массопереноса кислорода.
2. Рассчитайте удельную скорость роста биомассы в биореакторе (выполняется модель Моно) по следующим данным: концентрация лимитирующего субстрата 9,5 кг/м³; максимальная удельная скорость роста микроорганизмов 0,52 ч⁻¹; константа насыщения субстратом 32 кг/м³.
3. Рассчитайте скорость абсорбции кислорода в биореакторе при концентрации кислорода, равной 30% от равновесной, если измеренный $K_L a = 0,071 \text{ ч}^{-1}$, равновесная концентрация кислорода равна 0,011 г/л.
4. Рассчитайте приведенную скорость газа в биореакторе по следующим данным: расход воздуха подаваемого на аэрацию 5,6 м³/с; площадь сечения 8,1 м².

Каждое задание контрольной работы оценивается в баллах от 1 до 4-х. За выполнение задания могут быть поставлены дробные баллы с точность до десятых. Шкала перевода баллов контрольной работы в оценки приведены в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1. Шкала и критерии оценки результатов контрольной работы

Процент набранных баллов	Оценка	Уровень освоения
95% и выше	5	Максимальный уровень
От 75% включительно до 95%	4	Средний уровень
От 50% включительно до 75%	3	Минимальный уровень
Ниже 50%	2	Минимальный уровень не достигнут

Результаты контрольных работ по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации: в 6 семестре результаты КР1 учитываются как

компонент "умения", результаты КР2 и КР3 учитываются как компонент "владения"; в 7 семестре результаты КР4 учитываются как компонент "умения", результаты КР5 учитываются как компонент "владения".

2.2.2. Выполнение индивидуального задания.

Рубежный контроль для комплексного оценивания приобретенных владений в 7 семестре осуществляется в виде защиты индивидуального творческого задания в форме реферата. В ходе самостоятельной работы каждый студент выполняет индивидуальное комплексное задание в форме реферата по определенному типу биореактора. Защита рефератов проходит в форме доклада с презентацией. Оценка по 4-х бальной шкале включается в итоговый оценочный лист по дисциплине для оценивания уровня освоения владения в 7 семестре.

Шкала оценивания результатов защиты индивидуального задания приведена в таблице 2.2.2.

Таблица 2.2.2. Шкала оценивания результатов защиты реферата

Балл	Уровень усвоения	Критерии оценивания
5	Максимальный уровень	Представлены все разделы, требуемые в реферате, приведены примеры типовых реакторов, описаны принципы действия, дана классификация и сферы применения, реферат защищен в срок, отсутствуют ошибки или неточности представляемого материала.
4	Средний уровень	Представлены все разделы, требуемые в реферате, описаны принципы действия, дана классификация и сферы применения, приведены примеры типовых реакторов, реферат защищен в срок, допущены небольшие ошибки или неточности представляемого материала.
3	Минимальный уровень	Представлены только основные разделы, требуемые в реферате, приведены примеры типовых реакторов, реферат защищен в срок или с небольшим опозданием, присутствуют ошибки или неточности представляемого материала.
2	Минимальный уровень не достигнут	Не выполнены условия, предусмотренные минимальным уровнем.

Примеры темы индивидуальных заданий

1. Реакторы для промышленного культивирования дрожжей
2. Анаэробные мембранные биореакторы
3. Барабанные биофильтры для очистки сточных вод
4. Биореакторы для ремедиации почв
5. UASB-реакторы
6. Вихревые биореакторы
7. Шахтные биореакторы

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача индивидуального задания и сдача контрольных работ. В 6 семестре процедура аттестации проводится в форме экзамена, в 7 семестре в форме зачета.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации в форме экзамена в 6 семестре.

Оценивание на экзамене проводится по 4-бальной шкале в форме интегральной оценки с учётом результатов рубежного контроля и ответа на вопросы экзаменационного билета ТВ1 и ТВ2.

Теоретические вопросы, выносимые на экзамен:

1. Химическая кинетика как основа биокинетики. Кинетический эксперимент. Закон действующих масс, порядок реакции. Кинетические схемы простых и сложных реакций.
2. Основные понятия биокинетики. Ферменты как биокатализаторы, строение ферментов
3. Кинетическое описание двухстадийных ферментативных реакций. Кинетическая схема Михаэлиса-Ментен.
4. Методы определения кинетических параметров ферментативных реакций по экспериментальным данным.
5. Конкурентное обратимое ингибирование. Кинетическая схема. Вывод кинетического уравнения. Определение кинетических параметров.
6. Неконкурентное обратимое ингибирование. Кинетическая схема. Вывод кинетического уравнения. Определение кинетических параметров
7. Бесконкурентное обратимое ингибирование. Кинетическая схема. Вывод кинетического уравнения. Определение кинетических параметров
8. Практическое применение ингибиторов ферментативных реакций.
9. Активаторы ферментативных реакций. Неконкурентная активация. Кинетическая схема. Вывод кинетического уравнения. Определение кинетических параметров
10. Активаторы ферментативных реакций. Бесконкурентная активация. Кинетическая схема. Вывод кинетического уравнения. Определение кинетических параметров

11. Кинетика ферментативных реакций при ингибировании субстратом. Кинетическая схема и вывод уравнения для механизма полностью неактивного тройного комплекса.
12. Кинетика ферментативных реакций при ингибировании субстратом. Кинетическая схема и вывод уравнения для механизма частично активного тройного комплекса. Определение кинетических параметров.
13. Кинетика ферментативных реакций при ингибировании субстратом. Определение кинетических параметров при присоединении нескольких молекул субстрата.
14. Кинетика ферментативных реакций при активации субстратом. Кинетическая схема и вывод уравнения. Определение кинетических параметров.
15. Кинетика ферментативных реакций при $[E]_0 > [S]_0$. Кинетическая схема и вывод уравнения. Определение кинетических параметров.
16. Интегральная форма уравнения Михаэлиса-Ментен. Кинетическая схема и вывод уравнения. Определение кинетических параметров методом Уокера-Шмидта
17. Ингибирование продуктом реакции. Кинетическая схема и вывод уравнения. Определение кинетических параметров.
18. Инактивация фермента в ходе реакции. Кинетическая схема и вывод уравнения. Определение кинетических параметров.
19. Влияние pH на скорость ферментативных реакций. Кинетическая схема, вывод кинетического уравнения. Методы определения кинетических параметров реакции.
20. Влияние температуры на кинетические параметры ферментативных реакций.
21. Кинетика многосубстратных ферментативных реакций. Кинетическая схема и вывод уравнения двухсубстратной ферментативной реакции, функционирующей по механизму тройного комплекса.
22. Кинетика многосубстратных ферментативных реакций. Кинетическая схема и вывод уравнения двухсубстратной ферментативной реакции, функционирующей по механизму пинг-понг.
23. Кинетика роста клеточных популяций. Кривая роста. Уравнение Моно, вывод уравнения Моно, физический смысл констант.
24. Кинетика неосложнённого роста клеточных популяций. Кривая роста. Кинетическая схема процесса. Вывод уравнения Моно. Определение параметров роста культуры. Определение параметров уравнения Моно
25. Кинетика утилизации субстрата и отмирания клеточной популяции. Основные типы уравнений.
26. Кинетика биосинтеза продукта клеточной популяцией. Основные типы уравнений.

Таблица 2.4.1. Шкала оценивания результатов ответов на теоретические вопросы экзамена.

Балл	Уровень усвоения	Критерии оценивания
5	Максимальный уровень	Студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.
4	Средний уровень	Студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.
3	Минимальный уровень	Студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.
2	Минимальный уровень не достигнут	При ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.

2.4.2. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций в 6 семестре

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 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 освоения знаний вносится в оценочный лист как интегральный результат ответов на вопросы экзаменационного билета. Оценка освоения умений

вносится в оценочный лист как итог оценивания по 4-бальной шкале результатов выполнения контрольной работы №1. Оценка освоения владений вносится в оценочный лист как итог оценивания контрольной работы №2 и 3.

Оценочный лист по дисциплине «Биокинетика и биореакторы» в 6 семестре

№ п/п	Фамилия. И.О.	Оценка				Итоговая оценка
		Знания (ТВ1 и ТВ2)	Умения (КР1)	Владения (КР2 и КР3)	Среднее арифметическое	

По трем оценкам, внесенным в оценочный лист, вычисляется среднеарифметическое значение по 4-бальной шкале и после округления определяется отметка по дисциплине в 6 семестре.

2.4.3. Процедура промежуточной аттестации в 7 семестре

Промежуточная аттестация в 7 семестре проводится в форме зачета без дополнительного аттестационного испытания с учетом текущего и рубежного контроля.

2.4.4. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций в 7 семестре

При оценке уровня сформированности компетенций 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 освоения знаний вносится в оценочный лист как интегральный результат текущего контроля в семестре. Оценка освоения умений вносится в оценочный лист как итог оценивания по 4-бальной шкале результатов выполнения контрольной работы №4. Оценка освоения владений вносится в оценочный лист как среднеарифметическое оценивания по 4-бальной шкале результатов выполнения контрольной работы №5 и выполнения индивидуального задания. По трем оценкам, внесенным в оценочный лист, вычисляется среднеарифметическое значение по 4-бальной шкале и после округления определяется отметка зачете.

Оценочный лист по дисциплине «Биокинетика и биореакторы»

№ п/п	Фамилия И.О.	Оценка				Зачет по дисциплине	
		Знания (ТО)	Умения (КР4)	Владения			Среднее арифметическое
				КР5	ИЗ		

В случае среднеарифметической отметки 3,7 или выше ставится зачет по дисциплине, в случае отметки ниже 3,7 ставится незачет по дисциплине.