МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ

ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ**

**И МЕТОДЫ БИОТЕХНОЛОГИИ**

Организационно-методические указания

Красноярск

ИПК СФУ

2013

Составитель П.В. Миронов

М 20 Математическое моделирование биотехнологических процессов: Методические указания к самостоятельной работе [Текст] / сост. П.В. Миронов. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 33 с.

Организационно-методические указания составлены в соответствии с учебным планом и программой по дисциплине «Математическое моделирование биотехнологических процессов». Пособие содержит тематический план лекций, семинарских занятий, контрольные вопросы; представлены источники основной и дополнительной литературы в соответствии с темами дисциплины. В пособие даны рекомендации для самостоятельного изучения теоретического курса дисциплины и подготовки к итоговому контролю. Методические указания по самостоятельной работе студентов содержат требования к содержанию, оформлению и порядку подготовки рефератов по темам дисциплины для самостоятельного изучения в соответствии с учебной программой.

Изложены указания по организации учебного процесса по дисциплине.

Предназначены для преподавателей, ведущих учебные занятия.

© Сибирский

федеральный

университет, 2013

**общие сведения**

Целью организационно-методических указаний по курсу «Математическое моделирование биотехнологических процессов » является обеспечение эффективного процесса обучения студентов на основе изучения теоретического материала, выполнения экспериментальных лабораторных работ, самостоятельной работы с литературой на основе рациональной организации процесса обучения.

Организационно-методические указания предназначены для ассистентов и старших преподавателей, ведущих лабораторные и практические занятия, доцентов и профессоров, читающих лекции по дисциплине.

Исходя из концепции совершенствования качества и повышения эффективности подготовки специалистов и приоритетных задач, стоящих перед Сибирским федеральным университетом, необходимо совершенствование собственно процесса обучения, развитие активных форм обучения и ориентирование студентов на углубленное и творческое освоение дисциплин в процессе аудиторного обучения, а также расширение объема самостоятельной компоненты обучения и повышения творческой активности.

Расширение спектра компонентов деятельности студентов в процессе обучения и увеличение объема внеаудиторных занятий делают необходимыми повышение активности студентов и развитие у них чувства ответственности и самоконтроля. Для этого необходимо наличие критериев и показателей оценки качества обучения, современных средств мониторинга качества подготовки специалистов в университете, включая внедрение системы объективных измерений оценки успеваемости студентов − балльно-рейтинговой системы оценки результатов обучения студентов. Необходимость развития этого подхода и новых форм учебно-методической деятельности в университетах РФ регламентирована Министерством образования и науки Российской Федерации в приказе № 215 от 29.07.2005 «Об инновационной деятельности высших учебных заведений по переходу на систему зачетных единиц». В основу разработки настоящих методических указаний положены рекомендации, разработанные ИМУ СФУ от 01.09.2008.

Настоящие организационно-методические указания по дисциплине «Математическое моделирование биотехнологических процессов» включают в себя указания и рекомендации по порядку преподавания разделов и тем курса в процессе его усвоения студентами, включающего аудиторное и самостоятельное изучение теоретического материала, выполнение лабораторных работ, оформление рефератов, проведение тестирования студентов, оценку эффективности обучения студентов на основе кредитно-модульной системы.

Результаты аттестации процесса обучения на основе кредитно-модульной системы используются для реализации академического рейтинга студентов. Ранжирование студентов по результатам рейтинга позволит поощрять наиболее успешных студентов и стимулировать к работе отстающих. Студенты, имеющие высокий рейтинг, получат академические льготы и преимущества, например, повышенную стипендию, путевки в летние школы и лагеря, возможность принять участие в стажировках и научных форумах.

Программа дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов» составлена в соответствии с Проектом федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования третьего поколения по укрупненной группе 020000 «Естественные науки» направления 020200.68 «Биология» для подготовки магистров по магистерской программе «Микробиология и биотехнология». Трудоемкость дисциплины: 2,0 зачетные единицы/72 часа.

**1. Общая характеристика дисциплины**

Дисциплина «Математическое моделирование биотехнологических процессов» относится к циклу М.3. – профессиональный цикл по направлению подготовки 020400.68 «Биология», программа подготовки магистров 020400.68.01 «Микробиология и биотехнология» укрупненной группы 020000 «Естественные науки».

Современные тенденции в развитии биотехнологии требуют повышения качества подготовки специалистов как на основе улучшения фундаментальной подготовки по инженерно-химическому циклу учебных дисциплин, так и в связи с необходимостью интенсификации и модернизации действующих производств, их укрупнения и комбинирования, развития экологически чистых и безотходных производств, создания энерго- и ресурсосберегающих технологий.

В настоящее время биологическая кинетика является основой управляемого количественного биосинтеза в биотехнологических процессах. В связи с этим целью настоящего курса является выяснение механизмов, определяющих скорости биологических процессов и влияния на эти процессы различных физических и химических факторов, а также изучение такого важного инструмента биологической кинетики, каким является математическое описание протекания биологических процессов во времени при использовании молекулярных представлений и принципов физической и химической кинетики.

 В результате освоения дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов » студенты приобретают

**знания:**

* основных областей и направлений развития биологической кинетики, её ферментативных реакций; механизмы влияния физических факторов на скорости роль в развитии биологии и биотехнологии;
* основных методом экспериментального изучения кинетических процессов и их математический анализ;
* механизмом ферментативного катализа, действие ингибиторов и активаторов ферментативных реакций и рост микроорганизмов.

**умения:**

* выбирать оптимальные условия функционирования ферментных систем и культур микроорганизмов;
* применять теоретические основы дисциплины для анализа конкретных задач;
* строить и анализировать простейшие математические модели биологических процессов.

В течение семестра студент выполняет работу по самостоятельному изучению одной из рекомендуемых тем и подготовке по ней реферата, сдает два коллоквиума и при этих условиях допускается к зачёту.

**2. Компетентностный подход при преподавании**

**дисциплины**

 Выпускник по направлению подготовки «Биология» со степенью (квалификацией) «магистр» в соответствии с целями основной образовательной программы и задачами профессиональной деятельности, указанными в проекте ФГОС ВПО - 3, должен обладать следующими компетенциями (дополнительно к компетенциям бакалавра).

Дисциплина «Математическое моделирование биотехнологических процессов » формирует следующие компетенциимагистров:

В результате освоения указанной магистерской программы выпускник должен обладать следующими компетенциями:

***а) общекультурные компетенции (ОК):***

ОК-1: способен к творчеству (креативность) и системному мышлению;

ОК-2: способен к инновационной деятельности;

ОК-3: способен к адаптации и повышению своего научного и культурного уровня;

***б) профессиональные (ПК) –*** общепрофессиональные:

ПК-2: знает и использует основные теории, концепции и принципы в избранной области деятельности, способен к системному мышлению.

ПК-3: самостоятельно анализирует имеющуюся информацию, выявляет фундаментальные проблемы, ставит задачу и выполняет полевые, лабораторные биологические исследования при решении конкретных задач по специализации с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств, демонстрирует ответственность за качество работ и научную достоверность результатов.

ПК-6: творчески применяет современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации.

***в) в соответствии с видами деятельности:***

ПК-12: применяет методические основы проектирования и выполнения полевых и лабораторных биологических и экологических исследований с использованием современной аппаратуры и вычислительных комплексов (в соответствии с целями магистерской программы), генерирует новые идеи и методические решения.

ПК-13: самостоятельно использует современные компьютерные технологии для решения научно-исследовательских и производственно-технологических задач профессиональной деятельности, для сбора и анализа биологической информации.

**3. Связь с другими дисциплинами и образовательными**

**программами**

Дисциплина «Математическое моделирование биотехнологических процессов» относится кциклу М.3 (профессиональный цикл), вариативная часть, курс по выбору студента. Изучение данной дисциплины опирается на основные представления химии, биохимии, микробиологии и должно обеспечить правильное понимание развития биотехнологических процессов во времени, влияния на эти процессы различных химических и физических факторов. По целевому направлению и месту в учебных планах настоящий курс логически связывает между собой общенаучные, общехимические и общеинженерные дисциплины.

**4. Структура дисциплины**

 Курс «Математическое моделирование биотехнологических процессов» изучается в течение одного семестра (9) на первом году обучения в магистратуре.

Трудоемкость каждого вида учебной работ дисциплины в часах и зачетных единицах приведена в табл. 1. В трудоемкость засчитывается аудиторная нагрузка и самостоятельная работа студента.

Объем дисциплины и виды учебной работы представлены в табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид учебной работы | Всего, зачетныхединиц (часов) | Семестр |
| 10 |
| **Общая трудоемкость дисциплины** | **2,0 (72)** | **2,0 (72)** |
| Аудиторные занятия: | 0,83 (30) | 0,83 (30) |
| лекции | 0,28 (10) | 0,28 (10) |
| лабораторные работы (ЛР) | 0,42 (20) | 0,42 (20) |
| промежуточный контроль | 0,11 (4) | 0,11 (4) |
| Самостоятельная работа: | 1,17 (42) | 1,17 (42) |
| изучение теоретического курса (ТО) | 1,05 (38) | 1,05 (38) |
| реферат | 0,11(4) | 0,11(4) |
| **Вид итогового контроля (зачет, экзамен)** | зачет | зачет |

Трудозатраты по каждому разделу дисциплины с учетом объема аудиторной и самостоятельной работы студентов представлены в табл. 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Раздел дисциплины | Лекции(часы) | ПЗ(часы) | СР(часы) | Формируемые компетенции |
| 1 | Раздел 1. Основные понятия и принципы кинетики биологических процессов | 0,03 (1) | 0,08 (3) | 0,22 (8) | ОК-1, ОК-2, ОК-3; ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-12, ПК-13 |
| 2 | Раздел 2. Кинетика ферментативных процессов | 0,03 (1) | 0,08 (3) | 0,22 (8) |
| 3 | Раздел 3. Молекулярная ферментативная кинетика | 0,06 (2) | 0,17 (6) | 0,22 (8) |
| 4 | Раздел 4. Методы ферментативной кинетики | 0,03 (1) | 0,08 (3) | 0,11 (4) |
| 5 | Раздел 5. Кинетика микробиологических процессов | 0,06 (2) | 0,17 (6) | 0,17 (6) |
| 6 | Раздел 6. Непрерывное культивирование микроорганизмов | 0,03 (1) | 0,08 (3) | 0,17 (6) |
| 7 | ВСЕГО: | 0,22 (8) | 0,67 (24) | 1,11 (40) |

В ходе освоения дисциплины по мере продвижения по программе приобретаются знания, умения и компетенции (общенаучные, общепрофессиональные и инструментальные).

**5. Структура и методика преподавания**

**теоретического курса**

 Теоретический материал курса «Математическое моделирование биотехнологических процессов» необходимо рекомендовать студентам изучать последовательно, согласно приведённому в программе дисциплины, методических указаниях по самостоятельному изучению дисциплины, а также в этом пособии понедельному календарному графику (прил. 1).

РАЗДЕЛ 1. Основные понятия и принципы кинетики

БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Тема 1.* Предмет биологической кинетики. Особенности биологической кинетики, её различия с химической кинетикой

Введение. Предмет биологической кинетики. Характеристика основных направлений биологической кинетики. Значение биологической кинетики для биотехнологии. Особенности биологической кинетики, её различия с химической кинетикой

*Тема 2*. Основные положения и законы химической кинетики

Закон действующих масс; константа скорости химической реакции; константа равновесия; молекулярность и порядок химической реакции; основные принципы химической кинетики

*Тема 3.* Методы анализа кинетических результатов

Графическое изображение кинетических результатов. Методы определения скоростей химических реакций; метод эмпирического дифференцирования; интегральный метод; методы определения порядка реакции; компьютерные методы анализа кинетических результатов; влияние температуры на скорость химических реакций.

Раздел 2. Кинетика ферментативных процессов

*Тема 1.* Основные понятия ферментативной кинетики

Биологические катализаторы - ферменты; специфичность действия ферментов; активный центр фермента; фермент-субстратные комплексы; активированный комплекс; механизмы действия ферментов; модель Михаэлиса-Ментен

*Тема 2*. Методы определения параметров уравнения Михаэлиса-Ментен

Линеаризация уравнения Михаэлиса-Ментен: метод Лайнуивера-Бэр-ка; метод Вульфа-Августинсона-Идая; другие методы линеаризации уравнения Михаэлиса-Ментен; интегральная форма уравнения Михаэлиса-Ментен

*Тема 3.* Кинетика ингибирования ферментативных реакций

Понятие об ингибиторах ферментов; обратимые и необратимые ингибиторы; конкурентные ингибиторы; неконкурентные ингибиторы; бесконкурентные ингибиторы; специфическое и неспецифическое ингибирование; механизмы действия ингибиторов ферментативных реакций

*Тема 4.* Ингибирование ферментативных реакций избытком субстрата

Влияние избытка субстрата на скорость ферментативных реакций; влияние концентрации ионов водорода на скорость ферментативных реакций; активация ферментативных реакций; способы определения параметров уравнения Михаэлиса-Ментен в случае ингибирования избытком субстрата и ионами водорода

Раздел 3. Молекулярная ферментативная кинетика

*Тема 1.* Молекулярные механизмы ферментативного катализа

Теория индуцированного соответствия Кошланда; вклад энергети-ческих и энтропийных факторов в увеличение скорости ферментативных реакций; молекулярные механизмы влияния температуры на равновесие ферментативной реакции.

*Тема 2*. Влияние температуры на скорость ферментативных реакций

Уравнение Аррениуса и ферментативная кинетика; молекулярные механизмы влияния температуры на скорость ферментативной реакции; влияние температуры на ингибирование ферментативных реакций

Раздел 4. Методы ферментативной кинетики

*Тема 1.* Экспериментальные методы ферментативной кинетики

Методы отбора проб и непрерывных наблюдений; химико-аналитические методы; хроматографические методы; электрохимические методы; оптические методы, манометрические методы; другие методы

*Тема 2.* Изучение кинетики быстропротекающих реакций

Методы быстрого потока; методы постоянного потока; методы остановленного потока; релаксационные методы

Раздел 5. Кинетика микробиологических процессов

*Тема 1.* Характеристика различных способов культивирования микроорганизмов

Поверхностное культивирование; глубинное периодическое культивирование; кривая роста; фазы роста; глубинное непрерывное культивирование

*Тема 2*. Способы определения количественных параметров роста по экспериментальным данным периодического культивирования

Определение удельной скорости роста; времени генерации; экономического коэффициента по биомассе и по продукту

*Тема 3.* Зависимость скорости роста культур микроорганизмов от концентрации лимитирующего субстрата

Кинетика микробного роста – модель Моно; методы определения констант уравнения Моно по экспериментальным данным периодического культивирования: метод Лайнуивера и Бэрка; метод Вульфа-Августинсона-Идая, др. методы

*Тема 4.* Ингибирование и активация роста микроорганизмов. Влияние температуры и рН на рост микроорганизмов

Конкурентное ингибирование роста микроорганизмов; неконкурентное ингибирование роста микроорганизмов; определение параметров уравнения Моно для случаев конкурентного и неконкурентного ингибирования; влияние температуры и рН на рост микроорганизмов

*Тема 5.* Интегральная форма уравнения роста культуры микроорганизмов

Вывод уравнения роста культуры микроорганизмов при условии утилизации субстрата в процессе роста; анализ уравнения роста культуры микроорганизмов в интегральной форме

Раздел 6. Непрерывное культивирование микроорганизмов

*Тема 1.* Непрерывное культивирование микроорганизмов. Классификация систем непрерывного культивирования

Понятие о непрерывном культивировании; условия непрерывного культивирования микроорганизмов; саморегулирующая способность микроорганизмов в процессах непрерывного культивирования; классификация систем непрерывного культивирования

*Тема 2*. Характеристика открытых систем непрерывного культивирования. Теория хемостатного культивирования

Открытые одноступенчатые гомогенно-непрерывные системы; понятие о хемостате и турбидостате; теория хемостатного культивирования: система кинетических уравнений, описывающих поведение непрерывной культуры (модель Моно); анализ модели Моно; стационарные режимы; хемостатная кривая; производительность хемостата по биомассе.

Каждый раздел учебного курса построен и структурирован таким образом, чтобы дать студентам максимальное представление о рассматриваемой тематике теоретического курса, помочь освоить методические приемы и навыки, применяемые в ключевых разделах современной биотехнологии.

Изучение теоретического материала проводится студентами по конспектам прослушанных лекций и разработанным конспектам лекций в электронном виде, представленным в качестве гипертекстового ресурса, который имеет сопровождение в виде демонстрационных презентаций для каждой главы и темы курса. Использование этих материалов следует настоятельно рекомендовать студентам при самостоятельном изучении разделов дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов».

В процессе освоения теоретического материала студенты заслушивают в соответствии с учебной программой лекционный материал, подготовленный преподавателем, который сопровождается демонстрационной презентацией с использованием мультимедийной техники и лицензионного ПО, закупленного по программе развития СФУ.

Студентам рекомендуется, используя разработанные в рамках дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов» методические указания по самостоятельной работе, заранее познакомиться с тематикой каждого последующего раздела и самостоятельно, освоив дополнительный теоретический материал по списку рекомендованных учебных и научных источников в программе курса, а также с использованием методических указаний по самостоятельной работе, приходить на лекции подготовленными к восприятию нового материала.

После прочтения лекции студентам рекомендуется самостоятельно воспроизвести ее содержание в виде конспекта с необходимыми схемами, основными определениями и выводами формул. В комплекте тестов в конце каждого раздела курса (модуля) приведены вопросы для самоконтроля усвоения материала, на которые студент должен ответить. В комплекте после каждой темы помещены тестовые вопросы, отвечая на которые обучаемый легко сможет понять, какой из изученных параграфов требует дополнительной проработки.

В конце семестра на консультациях основное внимание нужно уделить изучению наиболее сложных вопросов биотехнологии и теоретическому обоснованию основных понятий и подходов, используемых в биотехнологии. Студентам рекомендовано приходить на эти занятия подготовленными, предварительно изучив материал лекций и проработав основную и дополнительную литературу.

В ходе самостоятельной работы, если при прочтении лекции возникают вопросы, студент может проконсультироваться у преподавателя по электронной почте или на периодических очных консультациях. Рекомендуется проводить заочное общение с преподавателем (с помощью электронной почты, форумов в образовательно-информационной среде на сайте ИФБиБТ СФУ).

Наиболее успешным и заинтересованным студентам, обучающимся по данной дисциплине, предоставляется возможность включиться в научные исследования в рамках выполнения курсовых, дипломных работ, подготовки диссертаций бакалавров и магистров в лабораториях СФУ и академических институтов Красноярского научного центра, оснащенных новейшим научным оборудованием и приборами.

**6. Структура и методика преподавания**

**практических занятий**

Целью практикума, сопровождающего лекционный курс «Математическое моделирование биотехнологических процессов», является формирование у студентов представлений о возможностях и уровне биологических технологий и приобретение практических навыков в области основных направлений современной биотехнологии: генетической инженерии и молекулярном клонировании, новейших методах генетической диагностики, культуре растительных клеток и тканей, современных методах анализа целевых продуктов биотехнологии и ключевых принципах биоинженерии.

Теоретический материал, получаемый и усваиваемый студентами на лекциях и в ходе самостоятельной работы с учебной и научной литературой, закрепляется во время проведения практических занятий.

Для дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов» разработана тематика практикума, который посвящен различным разделам (модулям) дисциплины:

1. Кинетика ферментативных реакций: анализ начальных скоростей реакций.

1.1. Кинетическое описание двухстадийных ферментативных реакций

1.2. Определение кинетических параметров ферментативных реакций из экспериментальных данных

1.3. Влияние обратимых эффекторов (ингибиторов и активаторов) на кинетику ферментативных реакций

2. Применение интегральной формы уравнения Михаэлиса-Ментен для кинетического анализа ферментативных реакций

2.1. Интегральный анализ кинетики действия ферментов

2.2. Практическое применение интегрального метода.

3. Влияние температуры на кинетику ферментативных реакций

3.1. Зависимость кинетических и равновесных параметров ферментативных реакций от температуры

3.2. Изучение термодинамики конформационных изменений активных центров ферментов.

7. **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Условием успешной профессиональной деятельности выпускника СФУ и его дальнейшего карьерного роста является его профессиональная мобильность, умение самостоятельно получать новые знания, повышать квалификацию.

Учебной программой предусмотрено 55 % объема времени изучения материала на самостоятельную работу студентов. Данный вид работы является обязательным для выполнения. При самостоятельном выполнении различных видов заданий студент учится самостоятельно принимать решения, разбирать и изучать новый материал, работать с периодической научной литературой.

Самостоятельная работа включает:

– самостоятельное изучение теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы;

– подготовку к практическим занятиям;

– написание и защита реферата.

По каждому виду работы студент должен выполнить задания, приведенные в методических указаниях по самостоятельной работе и согласованные с преподавателем. Выполненные задания оформляются в соответствии с требованиями оформления студенческих текстовых документов и сдаются преподавателю в соответствии с графиком самостоятельной работы (прил. 3).

**7.1.** **Самостоятельное изучение теоретического материала**

При самостоятельном изучении теоретического курса студентам необходимо:

1) самостоятельно изучить темы теоретического курса в соответствие учебной программой дисциплины;

2) подготовить устные ответы на контрольные вопросы, приведенные ниже.

**Контрольные вопросы**

1. Качественное исследование математических моделей биологических процессов. Элементы качественной теории динамических систем второго порядка (характеристика простейших математических моделей биологических процессов).

Простейшие кинетические математические модели биологических процессов как системы двух дифференциальных уравнений первого порядка (динамические системы). Понятие о фазовой траектории, фазовой плоскости, фазовом портрете динамических систем. Качественный анализ поведения динамических систем. Особые точки.

2. Построение фазового портрета системы. Исследование устойчивости особых точек. Основные типы состояний устойчивости.

Характер устойчивости и типы особых точек. Построение фазового портрета системы. Исследование устойчивости особых точек методом теории возмущений. Основные типы состояний устойчивости: устойчивый узел и неустойчивый узел; седло; центр; устойчивый и неустойчивый фокусы.

3. Анализ модели «хищник-жертва» (модель Вольтерра).

Система уравнений, описывающих поведение модели «хищник-жертва»; анализ устойчивости системы; зависимости численности популяций хищника и жертвы в замкнутой системе от времени.

4. Анализ устойчивости режимов хемостата.

Система уравнений для модели хемостата в безразмерных параметрах; анализ устойчивости хемостата; колебательные режимы концентраций биомассы и субстрата в хемостате.

Изучение теоретического материала проводится студентами по конспектам прослушанных лекции и разработанным конспектам лекций в электронном виде, представленным в качестве гипертекстового ресурса, который имеет сопровождение в виде демонстрационных презентаций для каждой главы и темы курса.

После прочтения лекции студентам рекомендуется самостоятельно воспроизвести ее содержание в виде конспекта с необходимыми схемами, основными определениями и выводами формул. В комплекте тестов в конце каждого раздела курса (модуля) приведены вопросы для самоконтроля, на которые студент должен ответить. После каждой темы помещены тестовые программы, отвечая на вопросы которых обучаемый легко сможет понять, какой из изученных параграфов требует дополнительной проработки.

В конце семестра на консультациях основное внимание должно уделяться изучению наиболее сложных вопросов биотехнологии и теоретическому обоснованию основных понятий и подходов, используемых в биотехнологии. Студентам рекомендовано приходить на эти занятия подготовленными, предварительно изучив материал лекций и проработав основную и дополнительную литературу.

В ходе самостоятельной работы, если при прочтении лекции возникают вопросы, студент может проконсультироваться у преподавателя по электронной почте или на периодических очных консультациях. Рекомендуется проводить заочное общение с преподавателем (с помощью электронной почты, форумов в образовательно-информационной среде на сайте ИФБиБТ СФУ ‒ www.bio.sfu-kras.ru).

Наиболее успешным и заинтересованным студентам, обучающимся по данной дисциплине, предоставляется возможность включиться в научные исследования в рамках выполнения курсовых, дипломных работ, подготовки диссертаций магистров в лабораториях СФУ и академических институтов Красноярского научного центра, оснащенных новейшим научным оборудованием и приборами.

Помимо основного материала компоненты учебно-методического комплекса «Математическое моделирование биотехнологических процессов » позволяют получить дополнительную информацию, которая касается изучаемого предмета и методико-организационных моментов обучения. Для самостоятельной работы по освоению теоретического материала также дан список литературы по модулям дисциплины.

Приступать к ознакомлению с содержанием дополнительных информационно-справочных материалов следует только после изучения соответствующего материала лекций, а также демонстрационных презентаций соответствующих глав и тем курса. Изучение рекомендованной дополнительной учебной и научной литературы позволит получить более полное представление о методологии и возможностях современной и новейшей биотехнологии; ознакомиться с описанием имеющихся промышленных биотехнологий, рынком и областями применения биотехнологических продуктов. Самостоятельная работа способствует развитию таких необходимых навыков, как решение поставленной перед студентом задачи, сбор и аналитический анализ литературных данных, умение сделать обоснованное заключение.

**7.2**. **Методические рекомендации для подготовки к практическим (семинарским) занятиям**

Для подготовки к практическим (семинарским) занятиям студенты предварительно изучают материал лекций и прорабатывают основную и дополнительную литературу по темам занятий. В процессе самостоятельного обучения студенты получают навыки работы с периодической и научной литературой, пользуются электронными базами данных и Интернет-ресурсами.

В ходе самостоятельной работы, если при прочтении лекции возникают вопросы, студент может проконсультироваться у преподавателя по электронной почте или на периодических очных консультациях. Рекомендуется проводить заочное общение с преподавателем (с помощью электронной почты, форумов в образовательно-информационной среде на сайте ИЕиГН СФУ).

1. Кинетика ферментативных реакций: анализ начальных скоростей реакций.

 Методы анализа кинетических результатов. Определение кинетических параметров ферментативных реакций из экспериментальных данных. Методы определения параметров уравнения Михаэлиса-Ментен.

2. Кинетика ферментативных реакций: Применение интегральной формы уравнения Михаэлиса-Ментен для кинетического анализа ферментативных реакций. Влияние ингибиторов на кинетику ферментативных реакций. Влияние температуры на кинетику ферментативных реакций

3. Кинетика микробиологических процессов: способы определения количественных параметров роста по экспериментальным данным периодического культивирования. Зависимость скорости роста культур микроорганизмов от концентрации лимитирующего субстрата: кинетика микробного роста (модель Моно). Ингибирование и активация роста микроорганизмов. Влияние температуры и рН на рост микроорганизмов. Интегральная форма уравнения роста культуры микроорганизмов

4. Непрерывное культивирование микроорганизмов. Теория хемостатного культивирования. Зависимости стационарных концентраций субстрата и биомассы от скорости разбавления. Ингибирование роста в условиях хемостатного культивирования. Определение параметров роста культуры микроорганизмов по экспериментальным данным хемостатного культивирования.

5. Аэрация при культивировании микроорганизмов. Влияние растворенного в среде кислорода на рост микроорганизмов. Модель абсорбции кислорода в биореакторе периодического действия при культивировании микроорганизмов и без микроорганизмов. Модель абсорбции кислорода в биореакторе непрерывного действия. Модели гидродинамики процессов аэробного культивирования

**7.3. Методические рекомендации по подготовке рефератов**

Для качественной подготовки рефератов студенты должны использовать не только материал лекций, но работать активно самостоятельно по разработанному списку основной и дополнительной литературы, а также использовать ресурсы Интернета. Студенты должны продемонстрировать умение самостоятельно представить выбранную тему в целостном, системном виде, последовательно раскрывая ее основные аспекты, и с соответствующими ссылками на степень научной изученности новейшей литературы по конкретной теме.

В процессе выполнения реферата у студента должны сформироваться следующие компетенции:

* применение методов научного познания;
* анализ различных фотобиологических явлений и процессов в биологических системах различной сложности;
* владение методологией обучения, постановки и разрешения проблем;
* способности к самоорганизации, организации и планированию;
* навыки работы с компьютером, умение использовать современные информационные технологии (справочные системы, Интернет и др.) для получения доступа к источникам информации, хранения и обработки данных;
* навыки управления информацией и приемы информационно-описательной деятельности;
* навыки грамотной письменной и устной речи.

Написание реферативного исследования требует самостоятельности и творческого подхода. Основной целью работы является раскрытие одной из тем, предложенных преподавателем или выбранных самим студентом по согласованию с преподавателем. Основа реферата выполняется с использованием учебной и научной литературы и обязательно подкрепляется материалами из научных статей журналов, которые доступны на сайтах научных баз данных, поисковых систем, издательств, в том числе и на сайте научной библиотеки СФУ (www.lib.sfu-kras.ru).

Рекомендации по написанию реферата и других письменных работ призваны организовать самостоятельную работу студента и помочь ему выполнить требования, предъявляемые кафедрой.

Студентам в рамках дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов » предоставляется право самостоятельно выбрать тему реферата из обозначенных преподавателем:

1. Химия каталитического действия ферментов
2. Специфичность действия ферментов
3. Скорости элементарных стадий в ферментативном катализе
4. Биокатализаторы на основе иммобилизованных ферментов
5. Биокатализаторы на основе иммобилизованных клеток
6. Макрокинетика реакций с иммобилизованными ферментами
7. Использование ферментов в органическом синтезе
8. Использование ферментов в аналитической химии
9. Носители и методы иммобилизации ферментов
10. Ферментативная кинетика и ингибирование
11. Влияние температуры на скорость и равновесие ферментативных реакций
12. Кинетика ферментативных реакций в открытых системах. Проточные реакторы идеального перемешивания
13. Инженерная энзимология: принципы конструирования биокатализаторов с необходимыми свойствами
14. Биокаталитические методы защиты окружающей среды.
15. Качественное исследование устойчивости биологических систем: анализ модели «хищник-жертва» (модель Вольтерра).
16. Качественное исследование устойчивости биологических систем: анализ устойчивости режимов проточного биореактора (хемостат).
17. Зависимость скорости роста культур микроорганизмов от концентрации лимитирующего субстрата: анализ схемы с необратимой трансформацией субстрата в клетке
18. Репликация, транскрипция, трансляция в кинетике роста микробных культур
19. Модель многосубстратного процесса микробного роста
20. Ингибирование и активация роста культур микроорганизмов
21. Кинетика ингибирования роста культур микроорганизмов продуктами ферментации
22. Периоды индукции на кинетических кривых роста микроорганизмов
23. Культивирование микроорганизмов в режиме хемостата: методы экспериментального определения параметров роста по стационарным состояниям в условиях неосложнённого роста
24. Культивирование микроорганизмов в режиме хемостата: методы экспериментального определения параметров роста в условиях ингибирования продуктами метаболизма

Симбиотические ассоциации микроорганизмов: кинетический анализ роста ассоциации культур двух микроорганизмов

Преподаватель, закрепляя за студентом тему реферата, выдает рекомендации по необходимой литературе, предоставляя также студенту самостоятельно провести поиск по базам данных в Интернете и в библиотеках, в том числе и на сайте научной библиотеки СФУ (www.lib.sfu-kras.ru).

Оформление реферата осуществляется в соответствии с имеющимися инструктивными материалами и ГОСТами (аналогично оформляются курсовые и дипломные работы, научные отчеты).

Рефераты оформляются в соответствии с требованиями оформления студенческих текстовых документов и сдаются преподавателю в соответствии с графиком самостоятельной работы (прил. 3).

###### Нормативные ссылки для оформления реферата:

ГОСТ 1.5‒93 Государственная система стандартизации РФ. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов.

ГОСТ 2.105‒95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.111‒68 Единая система конструкторской документации. Нормоконтроль.

ГОСТ 6.38‒90 Унифицированные системы документации. Система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов.

ГОСТ 7.1‒84 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу.Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 7.9‒95 (ИСО 214‒76) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования

ГОСТ 7.12‒93 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила.

ГОСТ 7.54‒88 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Представление численных данных о свойствах веществ и материалов в научно-технических документах. Общие требования

ГОСТ 8.417‒81 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин.

ГОСТ 13.1.002‒80 Репрография. Микрография. Документы для съемки. Общие требования и нормы.

ГОСТ 15.011‒82 Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок проведения патентных исследований.

ГОСТ 9327‒60 Бумага и изделия из бумаги. Потребительские форматы.

Реферат включает следующие структурные компоненты: Титульный лист; Содержание; Введение; Основная часть; Заключение; Обзор литературы, Библиографический список, Приложения.

Титульный лист оформляется аналогично титульному листу курсовой работы: указывают наименование высшего учебного заведения; факультет, кафедру, где выполнялась работа; название работы; фамилию и инициалы студента; ученую степень и ученое звание, фамилию и инициалы преподавателя; город и год выполнения работы. Нумерация страниц реферата начинается с титульного листа, но номер на титульном листе не ставится.

Реферат должен содержать сведения об объеме отчета, количестве иллюстраций, таблиц, приложений, количестве частей отчета, количестве использованных источников; перечень ключевых слов; текст реферата.

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-технической проблемы, основание и исходные данные для разработки темы реферата.

Содержание, представляющее собой обзор и анализ литературы, включает введение, наименование всех разделов, подразделов, заключение, список использованных источников. В данном разделе излагаются теоретические основы по выбранной тематике. Изложение должно вестись в форме теоретического анализа проработанных источников применительно к выполняемой теме логично, последовательно и грамотно. При необходимости данный раздел может состоять из отдельных подразделов. Из содержания теоретического обзора должно быть видно состояние изученности темы в целом и отдельных ее вопросов.

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам анализа литературы в ходе раскрытия заданной темы.

Список литературы должен содержать сведения об источниках, использованных при составлении отчета. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями.

Защита реферата проводится на 5-й неделе после изучения первых двух модулей в 9-м семестре и на14-й неделе изучения курса «Математическое моделирование биотехнологических процессов ». Для защиты реферата студент готовит презентационные материалы, оформленные в виде последовательности слайдов, демонстрируемых на экране для аудитории слушателей. Электронные презентационные материалы (ЭПМ) разрабатываются как средство сопровождения общения докладчика с аудиторией, при этом современные ЭПМ должны предоставлять докладчику возможность произвольно регулировать темп изложения материала, частоту смены слайдов, а также дополнять письменно или в устной форме сведения, представленные на слайдах. ЭПМ являются средством, предоставляющим возможность наглядного сопровождения образовательного и научного процесса с применением мультимедийных технологий, в том числе с использованием графических образов, что особенно важно при изучении дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов », поскольку появляется возможность понять на молекулярном уровне, например, с помощью специальных мультимедийных элементов, основные механизмы, лежащие в основе биологических процессов. С правилами применения интерактивных технических средств обучения при подготовке рефератов можно познакомиться в практическим руководстве «Интерактивные технические средства обучения». При подготовке рефератов рекомендуется использовать лицензионное программное обеспечение СФУ, которое представлено в каталоге.

**8. Реализация графика учебного процесса**

**и самостоятельной работы**

 Учебной программой предусмотрено 55 % объема времени изучения материала на самостоятельную работу студентов. Данный вид работы является обязательным для выполнения. При самостоятельном выполнении различных видов заданий студент учится самостоятельно принимать решения, разбирать и изучать новый материал, работать с периодической научной литературой.

Самостоятельная работа включает:

– самостоятельное изучение теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы;

– подготовку к практическим занятиям;

– написание и защита реферата.

Изучение теоретического материала, излагаемого на лекциях, предусмотрено в течение 16 недель учебного семестра (прил. 1), а материалов, не вошедших в лекционный курс (прил. 1) в рамках самостоятельной работы также на протяжении 16 недель. Указанные сроки соответствуют графику чтения лекций по дисциплине «Математическое моделирование биотехнологических процессов ». Общее число лекционных часов – 8.

Преподаватель систематически оценивает самостоятельную работу студента.

График выполнения всех видов самостоятельной работы дан в прил. 1.

Теоретическое обучение, самоподготовка и самотестирование проводится регулярно в течение всего курса обучения.

Выдача заданий (ВЗ) и тем рефератов (ВРФ) происходит на 1-2-й неделе учебного процесса семестра.

Итоговый контроль проходит по окончании обучения в форме зачета.

1. **Методика применения кредитно-рейтинговой**

**системы**

Принципы применения кредитно-рейтинговой системы в дисциплине, цели и задачи (в соответствии с Положением СФУ«Об организации учебного процесса в СФУ с использованием зачетных единиц (кредитов) и балльно-рейтинговой системы», рассмотренном на Ученом совете 21 апреля 2008 г.). Данное положение разработано в соответствии с документами: приказом Минобразования России от 11.07.2002 № 2654 (О проведении эксперимента по введению рейтинговой системы оценки успеваемости), инструктивными письмами от 28.11.2002 14-52-988 ин/13 (О методике расчета трудоемкости ООП ВПО в зачетных единицах) и от 09.03.2004 № 15-55-357 ин/15 (О примерном положении об организации учебного процесса в вузе с использованием системы зачетных единиц), приказом Минобразования России от 20.05.2004 № 2274 (О реализации эксперимента по использованию зачетных единиц в учебном процессе), приказом Минобрнауки России от 13.06.2007 № 172 (Об ОУ ВПО, участвующих в инновационной деятельности по переходу на систему зачетных единиц), Руководством пользователя ECTS/DS, руководством по результатам обучения (Болонский процесс: середина пути / под науч. ред. В. М. Байденко. М. : ИЦПКПС, Российский новый ун-т, 2005. – 379 с.). Положение учитывает опыт и результаты инновационной деятельности институтов, вошедших в состав СФУ. Организация учебного процесса с использованием системы зачетных единиц (з. е.) и балльно-рейтинговой системы (БРС) характеризуется следующими особенностями:

* использование Европейской системы переноса и накопления зачетных единиц (кредитов ECTS) и БРС для оценки успешности освоения студентами учебных дисциплин;
* использование основных инструментов ECTS: учебного договора «Learning agreement», программы курсов «Course Catalogue», зачетной книжки «Transcript of Records».

Накопительная система ECTS используется для учебной программы дисциплины для подготовки магистров на основе ее длительности 2 года – 120 кредитов. Трудоемкость всех видов учебной работы устанавливается в зачетных единицах (1 з. е. = 36 академических часов в общей трудоемкости или 27 астрономических часов).

Зачетная единица (кредит) является условным параметром, рассчитываемым на основе реалистичных экспертных оценок совокупных трудозатрат среднего студента, необходимых для достижения целей обучения.

Рейтинговый регламент СФУ устанавливает следующее соотношение между оценками в баллах и их числовыми и буквенными эквивалентами (табл. 7).

Таблица 7

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Оценка в 100-балльной шкале | Оценка в традиционной шкале | Буквенные эквиваленты оценок в шкале ECTS(% успешно аттестованных) |
| 84–100 | 5 (отлично) | А (отлично) – 10 %В (очень хорошо) – 25 %С (хорошо) – 30 %D (удовлетворительно) – 25 %E (посредственно) – 10 % |
| 67–83 | 4 (хорошо) |
| 50–66 | 3 (удовлетворительно) |
| 0–49 | 2 (неудовлетворительно) | FX – неудовлетворительно, с возможной пересдачейF – неудовлетворительно, с повторным изучением дисциплины |

Студент считается аттестованным по дисциплине, если его средневзвешенная оценка за составляет семестр не менее 50 баллов. Максимальное количество баллов, которое студент может набрать за текущую и промежуточную аттестации (зачет, экзамен) по дисциплине в семестре, распределяется в пропорции:

* текущая работа – 50 баллов;
* итоговая аттестация – 50 баллов.

В течение семестра студент должен, как правило, освоить дисциплины в объеме 30 зачетных единиц, включая 100 % зачетных единиц / **Зачет**. При успешной сдаче зачета (не менее 50 баллов) в зачетной книжке студента указывается: в графе «Часы» – текущая нормативная трудоемкость дисциплины в з. е., соотнесенная с зачетом; в графе «Зачет» – слово «Зачтено». При дифференцированном зачете, предусмотренном стандартом по направлению (специальности), в графе «Зачет» проставляется оценка в 100-балльной шкале (не менее 50 баллов) и через дробь – оценка в четырехбалльной шкале. **Экзамен.** При успешной сдаче экзамена в зачетной книжке студента указывается: в графе «Часы» – вся нормативная трудоемкость дисциплины в з. е. в семестре; в графе «Оценка» – средневзвешенная оценка по дисциплине за семестр (не менее 50 баллов) через дробь – оценка в четырехбалльной шкале).

1. **Методика проведения промежуточной**

**и итоговой аттестации по дисциплине**

Курс «Математическое моделирование биотехнологических процессов» изучается в течение одного семестра ‒ 9-го на 1-м курсе магистратуры.

Основные принципы изучения курса «Математическое моделирование биотехнологических процессов» с помощью учебно-методического комплекса включают:

1. Студент изучает теоретический материал курса, используя электронный конспект лекций и, при необходимости, список рекомендуемой литературы. Для лучшего усвоения курса дан понедельный календарный график изучения курса на семестр, рекомендовано придерживаться этого графика.
2. После изучения нескольких разделов (модулей) теоретического курса студент готовит рефераты с учетом настоящих методических рекомендаций и осваивает самостоятельно дополнительные теоретические темы согласно разработанной программе дисциплины.

текущий контроль хода обучения по дисциплине «Математическое моделирование биотехнологических процессов» осуществляется в процессе практических занятий. Теоретические знания по разделам изучаемого материала проверяются на основе тестов, а также рефератов по тематике курса. Итоговым этапом контроля знаний студентов является устный зачет.

Сроки проведения указанных видов контроля приведены в прил. 3, где представлен график учебного процесса и самостоятельной работы студентов.

Промежуточный контрольстепени усвоения теоретического материала по дисциплине «Математическое моделирование биотехнологических процессов» осуществляется после изложения теоретического материала каждого модуля (прил. 3).

**10.3. Перечень контрольных вопросов**

Составленный в УМКД перечень контрольных вопросов ранжирован по основным разделам (модулям) дисциплины:

1. Характеристика предмета биологической кинетики. Особенности биологической кинетики в сравнении с химической кинетикой.
2. Основные понятия кинетики: механизм реакции, скорость реакции, константа скорости реакции, константа равновесия, порядок реакции.
3. Связь константы скорости химической реакции с термодинамическими параметрами.
4. Основные принципы химической кинетики: зависимость скорости реакции от концентрации реагентов; принцип сохранения общей концентрации вещества в реакциях; метод стационарных концентраций (метод Боденштейна); принцип независимости протекания реакций.
5. Методы определения начальных скоростей реакций и их зависимостей от концентрации реагентов. Интегральный метод.
6. Методы определения порядка реакции.
7. Влияние температуры на скорость химических реакций. Уравнение Аррениуса. Графический метод определения энергии активации химических реакций.
8. Основные понятия ферментативной кинетики: понятие о биокатализаторах-ферментах; активный центр фермента; субстрат; фермент-субстратный комплекс; активированный комплекс; специфичность действия ферментов.
9. Характеристика ингибиторов и активаторов ферментативных реакций.
10. Механизмы действия биологических катализаторов – ферментов.
11. Зависимость скорости ферментативных реакций от концентрации субстрата. Модель Михаэлиса-Ментен. Графические методы определения параметров уравнения Михаэлиса-Ментен.
12. Интегральная форма уравнения Михаэлиса-Ментен. Графический метод определения констант уравнения Михаэлиса-Ментен в координатах его интегральной формы.
13. Кинетика ингибирования ферментативных реакций. Классификация ингибиторов. Механизмы действия ингибиторов.
14. Особенности действия конкурентных и неконкурентных ингибиторов ферментативных реакций. Графические методы определения констант уравнения Михаэлиса-Ментен при конкурентном и неконкурентном ингибировании.
15. Ингибирование ферментативных реакций избытком субстрата. Графические методы определения констант уравнения Михаэлиса-Ментен при ингибировании избытком субстрата.
16. Кинетика влияния концентрации водородных ионов на скорость ферментативных реакций. Механизмы влияния рН на ферментативную активность.
17. Основные положения теории индуцированного соответствия Кошланда.
18. Вклад энергетических и энтропийных факторов в увеличении скорости ферментативных реакций.
19. Влияние температуры на равновесие и скорость ферментативных реакций.
20. Уравнение Аррениуса в ферментативной кинетике.
21. Влияние температуры на ингибирование ферментативных реакций.
22. Характеристика методов ферментативной кинетики: метод отбора проб и метод непрерывных наблюдений.
23. Химико-аналитические методы, хроматографические методы, электрохимические методы, оптические методы, манометрические методы.
24. Методы изучения быстропротекающих реакций: методы «быстрого потока», «остановленного потока», релаксационные методы.
25. Характеристика различных способов культивирования микроорганизмов. Периодическое глубинное и непрерывное глубинное культивирование. Кинетика роста микроорганизмов в периодических условиях.
26. Кривая роста микроорганизмов. Характеристика фаз роста.
27. Уравнение роста в экспоненциальной фазе. Понятие об удельной скорости роста. Выход биомассы, экономический коэффициент. Понятие о времени удвоения биомассы (период генерации).
28. Модель Моно в кинетике роста микробной биомассы. Принцип узкого места в кинетике микробного роста. Экспериментальные приёмы определения констант уравнения Моно в условиях периодического глубинного культивирования.
29. Способы определения количественных параметров роста микробных популяций по экспериментальным данным периодического культивирования.
30. Модели роста микробных популяций, отражающие ход кривой роста. Модель Ферхюльста. Уравнение роста микроорганизмов в интегральной форме.
31. Характеристика процессов ингибирования и активации роста микроорганизмов. Модели Моно, учитывающие конкурентное и неконкурентное ингибирование роста.
32. Графические методы определения констант уравнения Моно при конкурентном и неконкурентном ингибировании.
33. Ингибирование роста микроорганизмов в условиях избытка субстрата и продуктами метаболизма.
34. Влияние температуры и концентрации водородных ионов на рост микроорганизмов.
35. Характеристика систем непрерывного культивирования. Условия непрерывного культивирования. Саморегулирующая способность микроорганизмов в условиях непрерывного культивирования.
36. Открытые одноступенчатые гомогенно-непрерывные системы. Принцип работы хемостата и турбидостата.
37. Кинетика хемостатного культивирования. Стационарные режимы. Теория хемостатного культивирования: система уравнений, описывающая зависимости стационарных концентраций биомассы, субстрата и продукта метаболизма от скорости разбавления (протока).
38. Производительность хемостата по биомассе. Оптимизация производительности хемостата.
39. Определение количественных параметров неосложнённого роста по экспериментальным данным стационарных состояний хемостатного культивирования. Расчётные методы. Графические методы.
40. Ингибирование избытком субстрата в условиях хемостатного культивирования. Зависимости стационарных концентраций субстрата и биомассы в хемостате от скорости разбавления в условиях ингибирования избытком субстрата.
41. Ингибирование роста продуктами метаболизма в условиях хемостатного культивирования. Зависимости стационарных концентраций субстрата и биомассы в хемостате от скорости разбавления в условиях конкурентного ингибирования продуктом метаболизма.
42. Методы определения параметров роста по экспериментальным данным хемостатного культивирования в условиях конкурентного ингибирования продуктом метаболизма

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

## Основная и дополнительная литература, информационные ресурсы

1. Математическая биология [Текст] = Mathematical Biology : перевод с английского / Д. Мюррей ; под науч. ред. Г. Ю. Ризниченко. - М. : Регулярная и хаотическая динамика ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2009.   **Том 1** : Введение = An Introduction. - 2009. - 774 с. : ил. - Библиогр.: с. 705-748. - Предм. указ.: с. 749-766.- Имен. указ.: 767-774. - **ISBN**978-5-93972-743-3.
2. Ферментативные процессы в биотехнологии [Текст] : монография / А. М. Безбородов, Н. А. Загустина, В. О. Попов ; отв. ред. Л. И. Воробьева ; Российская академия наук [РАН]. Институт биохимии им. А.Н.Баха. - Москва : Наука, 2008. - 335 с. : ил. - Списки лит. в конце гл. - **ISBN**978-5-02-035661-0

**Дополнительная**

1. Арзамасцев, А.А. Математические модели биологических и биотехнологических объектов// Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки, 2009. – Т. 14. – Вып. 5. – С. 951-981.
2. Безбородов, А.М. Ферментативные процессы в биотехнологии : монография / А. М. Безбородов, Н. А. Загустина, В. О. Попов ; отв. ред. Л. И. Воробьева ; Российская академия наук [РАН]. Институт биохимии им. А.Н.Баха. - Москва : Наука, 2008. - 335 с.
3. Березин, И. В. Иммобилизованные ферменты : учеб. Пособие для вузов / И. В. Березин. - Кн. 7. - М. : Высшая школа, 1987. – 159 с.
4. Березин, И. В. Инженерная энзимология : учебное пособие для вузов / И. В. Березин. - Кн. 8. - М. : Высшая школа, 1987. – 143 с.
5. Варфоломеев, С. Д. Биокинетика / С. Д. Варфоломеев, К. Г. Гуревич. - М. : Фаир-Пресс, 1999. – 720 с.
6. Варфоломеев, С. Д. Биотехнология. Кинетические основы микробиологических процессов / С. Д. Варфоломеев, С. В. Калюжный. - М. : Высшая школа, 1990. - 296 с.
7. Варфоломеев, С. Д. Кинетические методы в биохимических исследованиях / С. Д. Варфоломеев, М. Н. Зайцев. - М. : МГУ, 1982. - 345 с.
8. Варфоломеев, С. Д. Химическая энзимология / С. Д. Варфоломеев. - М.: МГУ, 2005. – 408 с.
9. Гордеева, Ю.Л. Моделирование периодического процесса микробиологического синтеза с нелинейной кинетикой роста микроорганизмов / Ю.Л. Гордеева, Ю.А. Ивашкин, Л.С. Гордеев // Вестник Астраханского государственного технического университета. - № 1. - 2011. - С. 37-42.
10. Загоскина, Н.В. Биотехнология: теория и практика / Л.В. Назаренко, Е.А. Калашникова, Е.А. Живухина – М.: ОНИКС, 2009. – 493 с.
11. Курский, М. Д. Биохимическая кинетика / М. Д. Курский, С. А. Костерин, В. К. Рыбальченко. – Киев : Высш. шк., 1987. - 262 с.
12. Ленинджер, А. Основы биохимии : в 3 т. / А. М. Ленинджер. - Мир, 1985.
13. Романовский, Ю. М. Математическое моделирование в биофизике / Ю. М. Романовский, Н. В. Степанова, Д. С. Чернавский. - М. : Наука, 1985. - 343 с.
14. Рубин, А. Б. Биофизика. Гл. I. Кинетика биологических процессов / А. Б. Рубин. - М. : Высшая школа, 2003. - 350 с.

**Электронные ресурсы**

Электронно-библиотечная система Book.ru: <http://www.book.ru/>

Электронно-библиотечная система elibrary: <http://elibrary.ru/>

Электронно-библиотечная система «Университетская книга online»: <http://www.biblioclub.ru/>

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Приложение 1

**Структура и содержание модулей дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов »**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Наименование раздела, срок его реализации | Перечень тем лекционного курса, входящих в раздел | Перечень практических и семинарских занятий, входящих в раздел | Перечень самостоятельных видов работ, входящих в раздел, их конкретное наполнение | Реализуемые компетенции | Умения | Знания |
| 1 | Раздел 1. Основные понятия и принципы кинетики биологических процессов1-2 неделя | Тема: 1.1, 1.2, 1.3 | Семинары по темам: 1.1, 1.2, 1.3 | Изучение теоретического материала Темы 1.1, 1.2, 1.3 | ОК-1, ОК-2, ОК-3; ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-12, ПК-13 | уметь**:**выбирать оптимальные условия функционирования ферментных систем и культур микроорганизмов;применять теоретические основы дисциплины для анализа конкретных задач;строить и анализировать простейшие математические модели биологических процессов.В течение семестра студент выполняет работу по самостоятельному изучению одной из рекомендуемых тем и подготовке по ней реферата, сдает два коллоквиума и при этих условиях допускается к зачёту. | знать:основные области и направления развития биологической кинетики, её роль в развитии биологии и биотехнологии;основные методы экспериментального изучения кинетических процессов и их математический анализ;механизмы ферментативного катализа, действие ингибиторов и активаторов ферментативных реакций; механизмы влияния физических факторов на скорости ферментативных реакций и рост микроорганизмов |
| 2 | Раздел 2. Кинетика ферментативных процессов 3-4 неделя | Тема: 2.1, 2.2, 2.4, 2.4 | Семинары по темам: 2.1, 2.2, 2.4, 2.4 | Изучение теоретического материала Темы 2.1-2.4 |
| 3 | Раздел 3. Молекулярная ферментативная кинетика5-8 неделя | Тема: 3.1, 3.2 | Семинары по темам: 3.1, 3.2 | Изучение теоретического материала Темы 3.1, 3.2Подготовка презентации реферата |
| 4 | Раздел 4 . Методы ферментативной кинетики9-10 неделя | Тема: 4.1, 4.2 | Семинары по темам: 4.1, 4.2, 4.3 | Изучение теоретического материала Темы: 4.1, 4.2, 4.3Подготовка презентации реферата |
| 5 | Раздел 5. Кинетика микробиологических процессов11-14 неделя | Тема: 5.1, 5.2 | Семинары по темам: 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 | Изучение теоретического материала Темы: 5.1- 5.5Подготовка презентации реферата |
| 6 | Раздел 6. Непрерывное культивирование микроорганизмов15-16 неделя | Тема: 6.1, 6.2 | Семинары по темам: 6.1 | Изучение теоретического материала Темы 6.1 |

Приложение 2

**Трудоемкость модулей и видов учебной работы в относительных единицах по дисциплине**

**«Математическое моделирование биотехнологических процессов », образовательной программы 020200.68**

**«Биология» Института фундаментальной биологии и биотехнологии, 10-й семестр**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Название модулей дисциплины | Срок реализации модуля | Текущая работа (50 %), | Аттестация(50 %) | Итого |
| Виды текущей работы | Сдача зачета |
| Посещаемость лекций | Работа на семинарском занятии | Реферат | Промежуточный контроль |
| 1. | Всего зачетных единиц |  | 8 | 30 | 4 | 8 | 50 | 100 |
| 1.1 | Раздел 1. Основные понятия и принципы кинетики биологических процессов  | 1-2 неделя | 1 | 3 |  |  | 4 |
| 1.2 | Раздел 2. Кинетика ферментативных процессов  | 3-4 неделя | 1 | 6 |  |  | 7 |
| 1.3 | Раздел 3. Молекулярная ферментативная кинетика | 5-8 неделя | 2 | 6 |  | 4 | 12 |
| 1.4 | Раздел 4 . Методы ферментативной кинетики | 9-10 неделя | 1 | 6 |  |  | 7 |
| 1.5 | Раздел 5. Кинетика микробиологических процессов | 11-14 неделя | 2 | 6 |  |  | 8 |
| 1.6 | Раздел 6. Непрерывное культивирование микроорганизмов | 15-16 неделя | 1 | 3 | 4 | 4 | 12 |

Приложение 3

ГРАФИК

учебного процесса и самостоятельной работы студентов

по дисциплине: Математическое моделирование биотехнологических процессов

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование** **дисциплины** | **Семестр** | **Число часов аудиторных занятий** | **Форма****контроля** | **Часов на самостоятельную работу** | **Недели учебного процесса семестра** |
| **Всего** | **По видам** | **Всего** | **По видам** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** |
| 1 | Математическое моделирование биотехнологичес-ких процессов | 9 | 32 | Лекции – 8 | Зачет | 40 | ТО – 8 | ТО |  |  |  |  | ТО |  |  |  | ТО |  |  |  | ТО |  |  |
| Практические - 24 |
| ПЗ-24 |  | ПЗ | ПЗ | ПЗ | ПЗ |  | ПЗ | ПЗ | ПЗ |  | ПЗ | ПЗ | ПЗ |  | ПЗ | ПЗ |
| РЕФ- 4 | ВТР |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ЗР | ЗР | ЗР |
| ПК |  |  |  |  |  |  | ПК |  |  |  |  |  |  |  |  | ПК |

**Условные обозначения:** ТО – изучение теоретического курса; ПК – промежуточный контроль; ВТР – выбор темы реферата; ЗР – защита реферата (выступление).

Заведующий кафедрой:

 «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2013 г. Т.Г. Волова

Директор Института фундаментальной биологии

и биотехнологии СФУ, профессор В.А. Сапожников

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2013 г.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**