

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт «Умные материалы и технологии»

УТВЕРЖДЕНО:  
Директор Института «Умные  
материалы и технологии»  
И.А. Курзина

Рабочая программа дисциплины

**Ферментативная и клеточная кинетика**

по направлению подготовки

**27.03.05 Инноватика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Tomsk International Science Program, с профессиональным модулем Молекулярная инженерия / Molecular Engineering**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Инженер**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
И.А. Курзина

Председатель УМК  
Г.А. Воронова

Томск – 2024

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 – Способен формулировать и анализировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний естественных, математических и технических наук, с учетом требований законодательства.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1. Знает основные положения и законы естественных, математических и технических наук, нормативы, регулирующие научную и производственную деятельность.

РООПК-1.2. Умеет анализировать исходные данные в профессиональных задачах на основе знаний естественных, математических и технических наук, нормативов, регулирующих научную и производственную деятельность.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Знать базовые теоретические основы ферментативной и клеточной кинетики.

– Освоить методы вычисления основных кинетических параметров работы ферментной системы клеток, динамических параметров клеточного размножения.

– Знать основы оценки воздействия абиотических факторов окружающей среды на ферментативные и клеточные процессы, способность излагать, критически анализировать и представлять базовую информацию в области экологии и охраны окружающей среды.

– Уметь выстроить дизайн эксперимента для оценок влияния факторов окружающей среды на ферментативные и клеточные кинетические процессы.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы Блока 1, Дисциплины (модули).

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 3, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Представленная дисциплина базируется на знаниях строения клеток и ферментов, принципов их функционирования, владении приемами математического моделирования, умении решать интегральные уравнения и другие задачи, имеющие отношение к динамическим и кинетическим моделям.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: математика, биология клетки, микробиология.

## **6. Язык реализации**

Английский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 22 ч.;

– семинарские занятия: 0 ч.;

– практические занятия: 28 ч.;

– лабораторные работы: 0 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## 8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1 Кинетика. Кинетика реакций первого порядка. Уравнение экспоненциального роста

Понятие кинетики. Кинетика реакций первого порядка: основные термины и специальные понятия. Уравнение экспоненциального роста и распада. Постоянная времени экспоненциальных процессов.

Тема 2 Катализ. Особенности строения белков как предельно совершенных биокатализаторов

Ферментативный катализ: понятие и определение через концепцию маршрутов реакций. Почему белки выбраны в качестве главных биокатализаторов. Особенности строения белков как предельно совершенных биокатализаторов.

Тема 3 Канонического уравнение Михаэлиса-Ментен. Параметры. Линеаризация Лайнуивера-Берка и прямой график Корниша-Бодена. Соотношение Холдейна

Ферментативная кинетика как стационарная кинетика. Вывод канонического уравнения Михаэлиса-Ментен для односубстратной реакции. Параметры уравнения Михаэлиса-Ментен, "максимальная скорость" и "константа Михаэлиса", биологический смысл. Определение параметров уравнения Михаэлиса-Ментен по экспериментальным данным. Линеаризация Лайнуивера-Берка и прямой график Корниша-Бодена. Уравнение Михаэлиса-Ментен для обратимой реакции, соотношение Холдейна.

Тема 4. Метод Кинга-Альтмана

Вывод уравнений стационарной скорости. Метод Кинга-Альтмана. Кинетические схемы ферментативных реакций и их представление в виде графов. Вывод уравнения стационарной скорости для двухсубстратной реакции с образованием тройного комплекса и упорядоченным связыванием субстратов. Варианты метода Кинга-Альтмана, простейшие правила упрощения графов кинетических схем, примеры применения: вывод канонического уравнения Михаэлиса-Ментен методом Кинга-Альтмана, уравнение для фермента с двумя идентичными активными центрами, уравнение для случая одновременного участия фермента в двух реакциях.

Тема 5. Ингибирование ферментативных реакций

Понятие об ингибировании ферментативных реакций. Схема Боттса-Моралеса. Конкурентное, бесконкурентное, неконкурентное и смешанное ингибирование, вывод уравнений стационарной скорости, их анализ. Постановка экспериментов по изучению кинетики ингибирования.

Тема 6. Двухсубстратный-двухпродуктный механизм ферментативных реакций

Обзор двухсубстратных-двухпродуктных механизмов ферментативных реакций. Схема Уонга-Хейнса. Механизм с образованием тройного комплекса и упорядоченным связыванием субстратов. Уравнение Михаэлиса-Ментен для данного механизма. Постановка соответствующих кинетических экспериментов. Механизм с образованием тройного комплекса и неупорядоченным связыванием субстратов. Механизм с замещением фермента.

Тема 7 Интегральная форма уравнения Михаэлиса-Ментен

Вывод интегральной формы уравнения Михаэлиса-Ментен. Линеаризация уравнения.

Тема 8 Зависимость скорости ферментативных реакций от различных параметров

Зависимость скорости ферментативных реакций от pH. Вывод уравнений стационарной скорости, функция Михаэлиса. Зависимость скорости ферментативных реакций от температуры. Кинетика денатурации (уравнение Вант-Гоффа). Кинетика Аррениуса.

Тема 9 Контроль ферментативной активности

Контроль ферментативной активности. Кинетические модели кооперативности. Симметричная модель Моно-Уаймена-Шанже.

Тема 10 Деление клеток в нелимитированных условиях. Удельная скорость роста

Деление клеток в нелимитированных условиях. Описание кинетики деления клеток показательным уравнением с основанием два. Время удвоения. Каноническое дифференциальное уравнение размножения клеток в нелимитированных условиях. Удельная скорость роста. Понятие о периодической культуре клеток. Лаг-фаза, фаза экспоненциального роста, стационарная фаза, фаза деструкции.

Тема 11 Лимитирование роста, принцип Либиха. Уравнение Моно

Лимитирование роста, принцип Либиха в аспекте клеточного роста. Зависимость удельной скорости роста клеток от концентрации лимитирующего субстрата, уравнение Моно.

Тема 12 Ингибирование роста клеток

Ингибирование роста клеток. Уравнение Иерусалимского. Ингибирование субстратом.

Тема 13 Стехиометрия клеточного роста. Биомоль. Экономический коэффициент

Стехиометрия клеточного роста. Понятие биомоля. Использование биомоля и экономического коэффициента при расчетах потребности клеток в кислороде и в минеральных компонентах, примеры расчетов.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проработки списка дополнительных вопросов по темам дисциплины, лабораторной работы, решения задач и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет проводится в устной форме по билетам. Билет содержит один теоретический и один практический вопросы.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=35027>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

### а) основная литература:

– Плутахин Г. А. Биофизика : [учебное пособие для вузов по направлениям 111100 - "Зоотехния", 020800 - "Экология и природопользование", 110100 - "Агрохимия и агропочвоведение", 110200 - "Агрохимия" и специальности 111201 "Ветеринария"] / Г. А. Плутахин, А. Г. Кошаев. - Изд. 2-е, перераб. и доп.. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2012. - 1 онлайн-ресурс (239 с.) - ( Учебники для вузов. Специальная литература ) . URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4048](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4048)

– Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии : [учебное пособие для студентов, аспирантов и специалистов, желающих ознакомиться с современными основами математического моделирования в биологии]. Ч. 1 / Г. Ю. Ризниченко. - Москва [и др.] : R&C Dynamics (PXD), 2002. - 1 онлайн-ресурс (231 с.): ил.. URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2017/000554203/000554203.pdf>

– Математическое моделирование в биологии и химии. Новые подходы : Сб. науч. тр. / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т биофизики; Отв. ред. Р. Г. Хлебопрос. - Новосибирск : Наука : Сибирское отделение, 1992. - 219,[3] с.: ил.

– Биофизика: учеб. для студентов ВУЗов / В. Ф. Антонов и др.; под ред. В. Ф. Антонова. – М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2006. – 287 с.

– Бирюков В. В. Основы промышленной биотехнологии : [учебное пособие для вузов по специальностям "Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов" и "Машины и аппараты химических производств"] / В. В. Бирюков ; [ред. Л. И. Галицкая]. - М. : КолосС [и др.], 2004. - 294, [1] с.: ил. - ( Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений ) . URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000225725/000225725.pdf>

– Ризниченко Г. Ю. Биофизическая динамика продукционных процессов / Г. Ю. Ризниченко. – М. : Ин-т компьютерных исслед., 2004. – 463 с.

### б) дополнительная литература:

– Волькенштейн М. В. Биофизика / Волькенштейн М. В.. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 608 с.. URL: <https://e.lanbook.com/book/168433>. URL: <https://e.lanbook.com/img/cover/book/168433.jpg>

–Иванов И. В. Сборник задач по курсу основы физики и биофизики: Учебные пособия. – СПб. : Лань, 2012. – 128 с.

–Ризниченко Г. Ю. Математические модели биологических продукционных процессов / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. – М. : Изд-во Московского университета, 1993. Главы 2, 6.

–Рубин А. Б. Лекции по биофизике: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 160 с.

–Иванов И. В. Сборник задач по курсу основы физики и биофизики: Учебные пособия – СПб. : Лань, 2012. – 128 с.

### в) ресурсы сети Интернет:

– <http://elibrary.ru> – Научная электронная библиотека

– <http://lib.prometey.org> – Публичная электронная библиотека «Прометей»

– <http://www.scholar.ru> – Поиск научных публикаций

– <http://www.ccas.ru/razz/models.pdf> – Разжевайкин В.Н. Модели динамики популяций. Научное издание

– <http://www.xumuk.ru/biologhim/049.html> – Кинетика ферментативных реакций

– <http://lektsii.org/2-36171.html> – Ферментативная кинетика

– <http://www.studfiles.ru/preview/2074212/> – Основы ферментативной кинетики

– <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/kolman/98.htm> – Кинетика ферментативных реакций

–<https://core.ac.uk/download/pdf/79662825.pdf> – Огурцов А. Н. Кинетика ферментативных реакций

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

### 15. Информация о разработчиках

Дергал Фатех, БИ ТГУ