

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

САЕ Институт «Умные материалы и технологии»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор



И.А. Курзина

« 05 » 11 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Бионеорганическая химия

по направлению подготовки

19.03.01 Биотехнология

Направленность (профиль) подготовки:
«Молекулярная инженерия»

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

И.А. Курзина

Председатель УМК

Г.А. Воронова

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 – Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1. Демонстрирует способность применять законы математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязи при решении поставленной задачи;

ИОПК-1.2. Владеет методами теоретического и экспериментального исследования биологических и химических процессов, анализа и обработки экспериментальных данных.

2. Задачи освоения дисциплины

– Изучение химических основ образования комплексов низкомолекулярных природных веществ и биополимеров с ионами металлов;

– Формирование умений анализировать роль ионов металлов, с учетом их комплексообразующей способности, в выполнении биологических функций ферментов;

– Формирование навыков выявления взаимосвязи между биогенными свойствами и экотоксичностью химических элементов и их соединений и их фундаментальными химическими свойствами.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

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

Семестр 4, зачет.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Физическая химия», «Биохимия», «Органическая химия».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

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

– лекции: 18 ч.;

– семинарские занятия: 6 ч.;

– практические занятия: 0 ч.;

– лабораторные работы: 28 ч.

в том числе практическая подготовка: 34 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Основные понятия химии комплексных соединений

Общие сведения о комплексных соединениях. Комплексообразователь, лиганды, координационное число, дентатность и амбидентатность лигандов, внутренняя и внешняя сфера комплексного соединения. Классификация комплексов. Номенклатура. Изомерия комплексных соединений.

Тема 2. Химическая связь в комплексных соединениях

Метод валентных связей. Понятие о теории кристаллического поля. Энергия стабилизации. Эффект Яна-Теллера. Спектрохимический ряд. Объяснение магнитных свойств и электронных спектров поглощения комплексных соединений. Метод молекулярных орбиталей. Образование сигма- и пи- связей по методу молекулярных орбиталей.

Тема 3. Устойчивость комплексных соединений

Равновесия в растворах комплексных соединений. Константы образования - полная и ступенчатые. Использование справочных данных для вычислений параметров, характеризующих равновесия в растворах комплексных соединений. Хелатный эффект. Реакции с участием комплексных соединений.

Тема 4. Порфириновые комплексы металлов

Порфириновые циклы. Гем-белки. Гемоглобин и миоглобин. Реакции обмена лигандов. Накопление и перенос кислорода. Процесс дыхания. Окислительно-восстановительные реакции. Оксидоредуктазы. Цитохромы. Пероксидаза. Каталаза. Негемовые белки. Ферродоксины и рубредоксины.

Тема 5. Комплексообразование и биологические функции ферментов

Строение и действие ферментов. Понятие о механизме ферментативного катализа. Кофакторы. Коферменты. Биокаталитические процессы в живых системах. Фотосинтез. Механизм действия хлорофилла. Световая и темновая стадия фотосинтеза. Витамин В12. Корриновый цикл. Восстановление органических соединений и присоединение метильной группы. Карбоксипептидаза. Разрыв пептидной связи. Карбоангидраза. Процесс гидратации диоксида углерода. Нитрогеназа. Фиксация азота.

Тема 6. Особенности термодинамики биохимических процессов

Первый закон термодинамики и энергетическое обеспечение биохимических процессов. Углеводы, белки, липиды как источник энергии для живых организмов. Аденозинтрифосфат (АТФ). Второй закон термодинамики. Энтропия и информация. Энергия Гиббса. Самопроизвольные процессы. Химическое равновесие. Стационарное состояние открытых систем. Принцип И.Р. Пригожина. Гомеостаз. Энд- и экзэргонические биохимические реакции. Принцип энергетического сопряжения. Электронотранспортные цепи.

Тема 7. Химия элементов - органоенов

Классификация и распространение химических элементов в живых системах. Строение, химические свойства и роль элементов-органоенов и их соединений в растительном и животном мире. Водород, углерод, азот, фосфор, кислород, сера и их соединения. Строение и химические свойства галогенов и их соединений. Круговорот элементов-органоенов в природе.

Тема 8. Химия ионов металлов жизни

Свойства и биологическая роль ионов металлов жизни (Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Co, Si, Zn, Mo). Натрий и калий. Дисбаланс ионов N^+ и K^+ во внутри- и межклеточных

жидкостях и его значение для функции клеток. Роль магния в ферментативных процессах. Роль кальция в формировании костной ткани. Свойства d-элементов.

Тема 9. Биологическое действие p-элементов и их соединений

Источники загрязнения воды токсичными веществами. Роль элементов токсикантов в загрязнении окружающей среды. Источники загрязнения. Биологическая роль бора. Соединения бора, применение в медицинской практике: борная кислота, бура. Химические основы их антисептического действия. Применение соединений алюминия в медицине: алюмокалиевые квасцы, ацетат алюминия. Химические основы их антисептического и вяжущего действия, антацидного действия гидроксида алюминия. Применение оксида алюминия в фармации. Токсичные элементы p-семейства элементов. Краткая характеристика типов связи в их соединениях, некоторые физические свойства: растворимость, летучесть, влияние их на токсичность. Бор, таллий. Химические основы их токсического действия. Антидоты, применяемые при отравлении, соединениями этих элементов. Биологическая роль углерода, роль гидрокарбонат-ионов в постоянстве pH крови. Оксид углерода (IV) конечный продукт метаболизма. Биологическая роль кремния. Применение неорганических соединений углерода в медицине: оксид углерода (IV) (карбоген), гидрокарбонат натрия. Антисептическое и вяжущее действие ацетата гидроксисвинца, его химические основы. CO_2 – экстракты в фармацевтической практике. Оксид углерода (II), химические основы его токсического действия. Цианиды, их свойства; химические основы токсического действия. Антидоты, применение при отравлении цианидами, химизм их детоксицирующего действия. Биологическая роль олова и свинца. Применение соединений свинца, олова в фармации (PbO , $\text{PbOHCH}_3\text{COO}$, SnCl_2 и др.). Химические основы их лечебного действия. Химические основы токсического действия соединений олова и свинца. Детоксиканты, применяемые при отравлениях соединениями свинца. Биологическая роль азота и фосфора. Лекарственные неорганические соединения азота и фосфора. Фосфатная буферная система крови. Фосфорорганические соединения, химические основы их токсического действия. Биологическая роль мышьяка, сурьмы и висмута. Лекарственные неорганические соединения мышьяка (оксид мышьяка (III) – мышьяковистый ангидрид; гидроарсенат натрия); висмута (нитрат гидроксисвисмута (III)), химические основы его антисептического и вяжущего действия. Мышьяк как антиметаболит йода, селена, фосфора. Токсическое воздействие соединений мышьяка и сурьмы на организм. Действие соединений висмута на амино- и карбоксипептидазы. Биологическая роль кислорода, озона, воды, пероксида водорода. Лекарственные соединения кислорода, пероксида водорода; химические основы антисептического и дезодорирующего действия водорода пероксида. Химические основы токсического действия озона и пероксидных соединений, их роль в образовании свободных радикалов, старении и развитии опухолевых процессов. Биологическая роль серы. Сероводород, его лечебное действие при желудочно-кишечных заболеваниях и при заболеваниях опорно-двигательной системы. Применение натрия и магния сульфатов в качестве солевых слабительных.

Тема 10. Биологическое действие d- и s-элементов и их соединений

Молибден – металл жизни, его роль в биологических процессах. Применение соединений хрома в фармации (дихромата калия в фарманализе, хромовой смеси в лабораторной практике). Токсическое действие соединений хрома (III) и его химические основы. Биологическая роль марганца. Применение перманганата калия в медицине и фармации, химические основы его антисептического действия. Токсическое действие на организм марганца и его соединений. Биологическая роль железа. Железосодержащие белки и ферменты. Гемоглобин, миоглобин, цитохромы. Биологическая роль кобальта, витамин B12; биологическая роль никеля. Химические основы лечебного действия лекарственных препаратов – элементов семейства железа. Биологическое действие

платиновых металлов. Токсикологическое значение соединений никеля. Биологическая роль меди: медьсодержащие белки и ферменты – оксигеназы и гидроксилазы. Химические основы участия меди в тканевом дыхании. Химические основы лечебного меди, серебра и золота. Токсикологическое значение соединений меди и серебра. Химические основы токсического действия на организм. Биологическая роль и лечебное действие соединений золота. Биологическая роль цинка, цинксодержащие ферменты, их роль в гидролитических процессах. Лекарственные препараты цинка и ртути. Химические основы бактерицидного и прижигающего действия соединений ртути. Химические основы вяжущего, подсушивающего и антисептического действия цинка оксида. Токсическое действие соединений кадмия, ртути; химические основы их токсичности. Противоядия, применяемые при отравлении соединениями ртути и кадмия. Биогенные элементы s-семейства. Биологическая роль s-элементов в различных биохимических процессах в живом организме. Возможность взаимодействия s-элементов с биолигандами, исходя из специфики их электронного строения. Лечебное действие некоторых соединений s-элементов. Лекарственные препараты. Ионный обмен – важнейший процесс определяющий поведение ионов s-элементов в клетках и тканях. Роль s-элементов в регуляции многих биохимических процессов клетки. Избирательная проницаемость клеточной мембраны. Перенос ионов (облегченная диффузия и активный транспорт). Ионофоры. Токсичные элементы s-семейства.

Тема 11. Вещества - экотоксиканты

Ранжирование веществ по токсичности на основе соотношения «доза-реакция». Опасные загрязняющие вещества: избыточные азотные удобрения, соединения тяжелых металлов (ртути, свинца, кадмия, олова, меди, никеля); моно- и полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ), полихлорированные бифенилы (ПХБ), дибензодиоксины (ПХДД), дибензофураны (ПХДФ) и др. Радионуклиды. Наиболее распространенные экотоксиканты: O_3 , CO , NO , NO_2 , SO_2 , SO_3 . Загрязнение соединениями серы. Загрязнение соединениями азота. Загрязнение водоемов биогенными элементами. Загрязнение метаном. Загрязнение монооксидом углерода. Характеристика взаимосвязи между химическими свойствами указанных соединений и их экотоксичностью.

Тема 12. Механизмы действия экотоксикантов и методы защиты

Молекулярные, клеточные и другие механизмы токсичности (взаимодействие с ДНК, белками, липидами, ферментами). Ингибиторы ферментов обратимого действия. Экотоксичность метилртути, метилкадмия, оловоорганических соединений. Биоаккумуляция экотоксикантов в водных пищевых цепях. Методы защиты: антидоты, замена токсичных веществ нетоксичными, утилизация отходов, перевод технологий на методы «зеленой химии». Источники поступления экотоксикантов: O_3 , CO , NO , NO_2 , SO_2 , SO_3 в биосферу. Механизмы действия соединений серы. Кислотные дожди и их воздействие на экосистемы. Участие NO в разрушении O_3 в верхних слоях атмосферы. Загрязнение водной среды ионами NH_4^+ и NO_3^- . Эвтрофирование водоемов. Роль фосфора в процессе эвтрофирования. Токсичность нитритов и нитратов. Участие выбросов CH_4 в атмосферу в усилении парникового эффекта. Разная роль O_3 в различных слоях атмосферы.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости и оценивания отчетов по выполненным лабораторным работам, выполнению тестовых заданий и реферата, 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 в четвертом семестре проводится в форме устного опроса. Продолжительность зачета 1 час.

Оценочные материалы 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=34281>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

в) План практических занятий и лабораторных работ по дисциплине.

г) Методические указания по проведению практических/лабораторных занятий.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Слесарев В. И. Химия : основы химии живого : [учебник для вузов по естественнонаучным направлениям и специальностям] / В. И. Слесарев. - Изд. 3-е, испр.. - СПб. : Химиздат, 2005. - 782, [2] с.: ил.

– Яцимирский К. Б. Введение в бионеорганическую химию / К. Б. Яцимирский. ; АН Украинской ССР Ин-т физической химии им. Л. В. Писаржевского. - Киев : Наукова думка, 1976. - 142, [2] с.: ил.

– Чистяков Ю. В. Основы бионеорганической химии : [учебное пособие для вузов, обучающихся по специальности 020101 - "Химия"] / Ю. В. Чистяков. - Москва : КолосС [и др.], 2007. - 538, [1] с.: ил.

– Проблемы фиксации азота. Неорганическая и физическая химия. Биохимия / Г. Хенрици-Оливэ, С. Оливэ, А. Е. Шилов [и др.] ; ред. Р. Харди, Ф. Боттомли, Р. Бернс ; пер. с англ. Л. А. Никоновой, Л. А. Сырцовой ; под ред. А. Е. Шилова, Г. И. Лихтенштейна. - 734 с.: ил.

б) дополнительная литература:

– Бабков А. В.. Химия в медицине : учебник / А. В. Бабков, О. В. Нестерова ; под редакцией В. А. Попкова.. - Москва : Юрайт, 2023. - 403 с URL: <https://urait.ru/bcode/511450>

– Манорик П. А. Разнолигандные биокоординационные соединения металлов в химии, биологии, медицине / П. А. Манорик; АН Украины, Ин-т физ. химии им. Л. В. Писаржевского. - Киев : Наук. думка, 1991. - 270,[2] с.: ил.

– Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов : [учебник для вузов по медицинским, биологическим, агрономическим, ветеринарным, экологическим специальностям] / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Берлянд, А. З. Книжник] ; под ред. Ю. А. Ершова. - Изд. 6-е, испр.. - М. : Высшая школа, 2007. - 559, [1] с.: ил.

– Ленский А. С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию : [Учебное пособие для медицинских специальностей вузов] / А. С. Ленский. - М. : Высшая школа, 1989. - 255,[1] с.: ил.

в) ресурсы сети Интернет:

- Journal of Inorganic Biochemistry – <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-inorganic-biochemistry>
- Bioinorganic Chemistry and Applications – <https://www.hindawi.com/journals/bca/>
- JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry – <https://www.springer.com/journal/775>

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
 - Microsoft Office Standard 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, 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

Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий, объектов физической культуры и спорта с перечнем основного оборудования	Адрес (местоположение) учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий, объектов физической культуры и спорта (с указанием площади и номера помещения в соответствии с документами бюро технической инвентаризации)
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория № 115 Оборудование: Графическая станция, процессор Intel i5, 16Гб оперативной памяти, монитор 24 дюйма Демонстрационный экран Мультимедиа-проектор Учебная мебель: рабочие места по количеству обучающихся (аудиторные столы, стулья); рабочее место преподавателя (стол, стул); аудиторная доска	634050, Томская область, г. Томск, пр-кт Ленина, 36, стр.7 (29 по паспорту БТИ) Площадь 40,9 м²
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория № 133 Весы лабораторные высокого (II) класса точности. Центрифуга. рН-метр / иономер ИТАН. Столы лабораторные. Стол. Штатив лабораторный. Дистиллятор. Лабораторная посуда. Пипетки. Вибромагнитная установка. Химические реактивы. ПК с принтером. Стол приборный. Стулья. Шкаф для хранения реактивов. Установка титровальная. Экран Projecta SlimScreen. Проекционный экран Da Life Cosmopolitan Electrol. Весы HR-200 (210г, 0,1мг), A&D в комплекте с гирей. Центрифуга ОПН 8 с ротором РУ 180Л. Центрифуга ОПН-12 с	634050, Томская область, г. Томск, пр-кт Ленина, 36, стр.7 (68 по паспорту БТИ) Площадь 42,3 м²

ротором РУ 180Л. Нагревательная плита ES HS3030OM. Потенциостат-гальваностат "IPC Pro-M". Колбонагреватель ES-4110 1000 мл. Магнитная мешалка ПЭ 6100 с подогревом.	
Учебная аудитория для самостоятельной работы, индивидуальных консультаций. Аудитория № 121^А Учебная мебель: рабочие места по количеству обучающихся (аудиторные столы, стулья); рабочее место преподавателя (стол, стул)	634050, Томская область, г. Томск, пр-кт Ленина, 36, стр.7 (86 по паспорту БТИ) Площадь 23,8 м²

15. Информация о разработчиках

Коротченко Наталья Михайловна, канд. хим. наук, доцент каф. неорганической химии ХФ ТГУ.