

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е.А. Турилова

28 февраля 2025 г.

подписано электронно-цифровой подписью

## Программа дисциплины

### Биокоординационная химия

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: Химия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

## **Содержание**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Кутырева М.П. (Кафедра неорганической химии, Химический институт им. А.М. Бутлерова), Marianna.Kutyrava@kpfu.ru

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	Способен использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

на молекулярном уровне механизм взаимодействия биометаллов с биолигандами, а также общие закономерности реакция комплексообразования.

Должен уметь:

моделировать биологические и биохимические процессы с участием координационных соединений.

Должен владеть:

навыками применения результатов биокоординационной химии в токсикологии, медицине, диагностике заболеваний и создании новых лекарственных препаратов

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных (ПК-3).

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.16.04 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 04.03.01 "Химия (Химия)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

## 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 40 часа(ов), в том числе лекции - 40 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 32 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 семестре.

## 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)							Само- сто- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме		
1.	Тема 1. Введение в биокоординационную химию.	8	2	0	0	0	0	0	1	

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)							Само- стое- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме		
2.	Тема 2. Понятие о координационных соединениях.	8	2	0	0	0	0	0	0	1
3.	Тема 3. Координационные соединения с порфиринами.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
4.	Тема 4. Координационная химия гемоглобина и миоглобина.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
5.	Тема 5. Связь кислород-железо.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
6.	Тема 6. Роль аминокислотных остатков белка в окружении гема.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
7.	Тема 7. Цитохромы а, б и с.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
8.	Тема 8. Клеточное окисление.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
9.	Тема 9. Макрогетероциклические пигменты, участвующие в процессе фотосинтеза. Контрольная работа.	8	4	0	0	0	0	0	0	2
10.	Тема 10. Ферропротопорфирины.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
11.	Тема 11. Корреноиды.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
12.	Тема 12. Биокоординационная химия меди.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
13.	Тема 13. Биокоординационная химия цинка.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
14.	Тема 14. Связь между координацией иона металла и пептидазной активностью в карбоксипептидазе.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
15.	Тема 15. Молекулярная структура и область активного центра карбоангидразы.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
16.	Тема 16. Структура и реакционная способность металлофлавиновых комплексов.	8	2	0	0	0	0	0	0	2
17.	Тема 17. Взаимодействие ионов металлов с нуклеиновыми кислотами и составляющими их мономерами.	8	2	0	0	0	0	0	0	1
18.	Тема 18. Лекарственные препараты на основе координационных соединений металлов. Контрольная работа	8	4	0	0	0	0	0	0	1
	Итого		40	0	0	0	0	0	0	32

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Введение в биокоординационную химию.

Биокоординационная химия (БКХ) находится на границе между биоорганической и бионеорганической химии. В задачи БКХ входит: изучение на молекулярном уровне взаимодействия металлов с биолигандами, моделирование биологических и биохимических процессов, использование результатов БКХ в медицине, создание новых препаратов и установление механизма их действия. Применение координационных соединений в качестве лекарственных препаратов. Причины биологической активности координационных соединений. Металлы содержащие антибиотики. Макро- и микроэлементы. Биометаллы и биолиганды. Содержание микроэлементов в живых организмах.

##### Тема 2. Понятие о координационных соединениях.

Определение координационного соединения. Центральный атом (комплексообразователь) акцептор, лиганды - доноры электронов. Донорно-акцепторная связь. Электронейтральные, положительно (комплексный катион) или отрицательно (комплексный анион) заряженные координационные соединения. Ступенчатая диссоциация лигандов.

Координационные полизэфры. Хиральность. Классификация координационных соединений (по типу центрального атома, по заряду центрального атома, по типу координируемых лигандов, по характеру связывания). Важнейшие типы биокомплексов. Общие характеристики биокомплексов.

### **Тема 3. Координационные соединения с порфиринаами.**

Порфириновые соединения и их лиганды. Структура порфиринов из природных гемов. Влияние структуры порфиринов на их свойства. Важнейшие свойства порфиринов (наличие в молекуле координационной полости, ограниченной атомами азота (N4). Образование ферропротопорфирина (гема). Гемоглобин как продукт присоединения гема к особому белку (глобину). Порфириновый цикл содержит также хлорофилл - координационное соединение магния. Отличие гема от хлорофилла. Виды хлорофилла.

### **Тема 4. Координационная химия гемоглобина и миоглобина.**

Железопорфириновые комплексы гемоглобина и миоглобина и их октаэдрическая конфигурация. Влияние пи-взаимодействия на величину расщепления уровней в гемоглобине и миоглобине. Координационное число атома Fe(II) в гемоглобине при отсутствии кислорода, роль донорно-акцепторной связи с атомами азота протопорфирина, связь с третичным атомом азота проксимального имидазольного фрагмента гистидина. Характеристика координационного узла Fe(N)4NIm. Координационное место молекулярного кислорода.

### **Тема 5. Связь кислород-железо.**

Оксигенирование в гемоглобине иона железа(II). Переход комплекса Fe(N)4NIm из высокоспинового пирамидального состояния в низкоспиновое октаэдрическое искаженное состояние с координационным узлом Ft(N)4NIm(O2).. Переход конфигурации Fe(II) из одной в другую под влиянием кристаллического поля лигандов. Переход сигма-электронных пар имидазола и кислорода на вакантные eg - орбитали. Связь молекул O2 с Fe(II) за счет дативной пи-связи.

### **Тема 6. Роль аминокислотных остатков белка в окружении гема.**

Аминокислотные остатки, расположенные вблизи активного центра (в шестом координационном положении гема) и гидрофобное окружение этого центра. Замещение лиганда и структурные изменения в миоглобине. Относительная независимость спинового состояния комплекса в миоглобине от положения железа над плоскостью гема. Различия в химических сдвигах у дезоксимиоглобина и оксимиоглобина. Физиологические функции гемоглобина и миоглобина и эффективное потребление и расходование кислорода.

### **Тема 7. Цитохромы а, б и с.**

Соединения с белками железопорфиринов разных типов - цитохромы. Три класса цитохромов - а, б, с. Цитохром с, его строение и функции. Связь порфиринового кольца, с белком за счет ковалентных связей атомов кольца с остатком цистеина в молекуле белка. Окисление молекулярным кислородом остатка метионина в составе цитохрома. Спектры поглощения света цитохромами. Цитохром Р-450 и его связь с мембранными митохондрий.

### **Тема 8. Клеточное окисление.**

Перенос электронов цитохромом с цитохромом а и а3. Окисление молекулярным кислородом. Цитохромоксидаза, как сложный белковый комплекс, содержащий два атома меди и две молекулы уникального гема А. Свойства молекулы цитохромоксидазы (внутренняя симметрия, реакционный центр). Реакционный центр цитохромоксидазы (гемы и атомы меди). Биядерный комплекс, где два атома меди связаны через бидентатный остаток цистеина. Координация атома меди гетероциклическим атомом азота имидазола.

### **Тема 9. Макрогетероциклические пигменты, участвующие в процессе фотосинтеза. контрольная работа.**

Хлорофиллы, как группа пигментов, содержащихся в живых организмах, способных к фотосинтезу. Хлорофиллы, как фоторецепторы на начальных стадиях превращения световой энергии в процессе фотосинтеза. Хлорофилл а и его присутствие в растениях, образующих кислород в процессе фотосинтеза. Хлорофиллы - координационные соединения магния в отличие от порфиринов. Характерные свойства хлорофилла (способность образовывать донорно-акцепторные комплексы за счет самоконденсаций, и за счет взаимодействия с посторонними донорами или лигандами).

### **Тема 10. Ферропротопорфирины.**

Электронная структура и реакционная способность биокомплексов металлов. Общие характеристики биокомплексов и их классификация. Сидерохромы - транспортные формы железа. Комплексы щелочных металлов - ионофоры. Модели ионофоров и синтетические макроциклические лиганды. Металлопротеины. Модели металлоферментов. Характер действия ионов металлов и анионов на каталитическую активность ферментов. Типы взаимодействия фермента с ионами металла и лигандом. Активирующее влияние катионов металлов.

### **Тема 11. Корриноиды.**

Биологический синтез и распад корриноидов. Витамин В12 (цианкобаламин) и кофермент витамина В12 (аденозилкобаламин). Основные химические свойства. Сходство корринового цикла и порфиринового по отношению к иону кобальта (П). Строение витамина В12 как комплекса. Октаэдрическая координация кобальта в корриноидах. Искажения октаэдра в структуре кофермента. Влияние аксиальных лигандов на свойства корриноидов кобальта. Цис- и транс-влияние аксиальных лигандов на термодинамические параметры и на кинетику процессов с участием корриноидов кобальта. Кобальт(II) и кобальт(I) корриноиды. Роль остатка дезоксиаденозина. Участие метилкобаламина в процессах метилирования.

### **Тема 12. Биокоординационная химия меди.**

Координационное соединение меди(II) (гемоцианин) как переносчик кислорода и электронов. Строение координационного узла гемоцианина. Координационное число меди(II) в дезоксигемоцианине. Координация трех остатков гистидина. Атомы меди и мостиковые связи после присоединения молекулы кислорода. Изменение координации. Белки, содержащие медь (I), остатки тиолатных групп, имидазол и цистеин (пластицианин). Каталитический центр цитохромоксидазы как биядерный комплекс, в котором два атома меди связаны через бидентатный остаток цистеина.

### **Тема 13. Биокоординационная химия цинка.**

Координационные соединения ионов цинка с лигандами, содержащими донорные атомы кислорода и азота. Цинк, как составная часть, входящая в состав активного центра многих ферментов (карбонгидраза, карбоксипептидаза, алкогольдегидрогеназа). Строение активного центра карбоксипептидазы. Длины связей металл-лиганд координационного центра карбоксипептидазы, сопоставимость с длинами связей для комплексов цинка с аминокислотами. Геометрия координации цинка.

### **Тема 14. Связь между координацией иона металла и пептидазной активностью в карбоксипептидазе.**

Роль ионов цинка(II) в механизме гидролиза пептидов под действием карбоксипептидазы. Цинк-гидроксильный и цинк-карбонильный механизмы. Влияние замещения цинка в карбоксипептидазе на другие металлы. Меньшая специфичность иона металла по сравнению с гемовыми структурами. Структура кристаллического фермента. Взаимосвязь между координационным окружением и d-электронной конфигурацией металла и пептидазной активностью. Координация иона металла в карбоксипептидазе с атомом кислорода карбонильной группы субстрата.

### **Тема 15. Молекулярная структура и область активного центра карбоангидразы.**

Активный центр карбоангидразы С, содержащий ион цинка(II) и его пространственное расположение в гидрофобной полости. Участие в координации атомов азота имидазольных колец, гистидина-93 и гистидина-95, атом азота гистидина-117. Вода как четвертый лиганд в тетраэдрическом комплексе. Искажение области активного центра. Координационные позиции марганца(II), кобальта(II), меди(II) и ртути(II) с позициями цинка(II) в карбоангидразы С.

### **Тема 16. Структура и реакционная способность металлофлавиновых комплексов.**

Установление структуры возможных комплексов флавина с металлами. Их устойчивость и физические свойства. Координация ионов металлов гетероциклом флавина по нескольким положениям. Получение комплексов флавохинона с "жесткими" или "умеренно мягкими" ионами металлов в неводных средах. Липофильные производные флавина. Роль флавина в биохимических окислительно-восстановительных процессах. Взаимодействие флавина с комплексами металлов по одноэлектронному механизму. Флавопротеины, имеющие в качестве акцептора железосодержащий белок.

### **Тема 17. Взаимодействие ионов металлов с нуклеиновыми кислотами и составляющими их мономерами.**

Электронодонорные атомы азота и кислорода, как центры координации атомов металлов в гетероциклических основаниях. Термодинамика реакций металлов с различными центрами связывания. Устойчивость комплексов металлов с основаниями (нуклеозидами и нуклеотидами). Структура координационных соединений металлов с нуклеозидами и нуклеотидами. Взаимодействие ДНК с ионами металлов. Ионы металлов и репликация ДНК. Ионы металлов и транскрипция. Ионы металлов и трансляция. Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью. Пространственная структура, макроскопические и биохимические свойства ДНК как результат взаимодействия с ионами металлов, присутствующими в клетке. Влияние ионов металлов на стабилизацию структуры ДНК и переходы спираль-клубок.

### **Тема 18. Лекарственные препараты на основе координационных соединений металлов. Контрольная работа**

Биокоординационная химия как раздел науки обеспечивающий моделирование биологических и биохимических процессов. Использование результатов биокоординационной химии в медицине, диагностике заболеваний. Создание новых лекарственных препаратов на основе знаний биокоординационной химии и установление механизма их действия. Контрольная работа.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержен приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

База данных. Химический каталог. Металлоферменты - [http://www.ximicat.com/ebook.php?file=bender\\_bio.djv&page=56](http://www.ximicat.com/ebook.php?file=bender_bio.djv&page=56)  
Бионеорганическая химия - <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/dobrinina/all.pdf>

Бионеорганическая химия. Фонд знаний - <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:01342:article>

Взаимодействие металлов с биомолекулами - <http://biomolecula.ru/>

Основные направления исследований биокоординационных соединений в Бионеорганической химии - <http://www.bsu.by/Cache/pdf/363423.pdf>

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Основной теоретический материал предметадается в часы лекционных занятий. На лекциях преподаватель систематически и последовательно раскрывает содержание научной дисциплины, вводит в круг научных интересов, ставит вопросы для исследования. Нельзя ограничиться регулярным посещением только лекций, так как центр тяжести в усвоении знаний, в формировании умений и навыков лежит в последующей самостоятельной работе. Студенты должны постоянно готовиться к лекциям. В этой работе могут помочь учебники, список которых преподаватель называет на первых занятиях. Помимо рекомендуемой литературы, лектор дает программу дисциплины, в которой изложены основные разделы и вопросы для контроля знаний.</p> <p>Лекция закладывает основы научных знаний, знакомит с основными современными научно-теоретическими положениями, с методологией данной науки. На лекции осуществляется общение студенческой аудитории с высококвалифицированными лекторами, учеными, педагогами, специалистами в определенной отрасли науки. Лекция вызывает эмоциональный отклик слушателей, развивает интерес и любовь к будущей профессии. Лектор использует на лекциях не только материал учебников, но и привлекает много дополнительных сведений, изложенных в научных работах (монографиях или статьях) или в его собственных исследовательских трудах. Студент не в состоянии глубоко осмыслить весь представленный в лекциях материал, не посещая лекционных занятий. Поэтому важно не пропускать лекции, готовиться к ним (заранее посмотреть тему лекции, почитать учебники, отметить для себя ключевые моменты, составить вопросы лектору) и напряженно, активно работать в течение всего учебного занятия. Страйтесь не опаздывать на лекцию: в первые минуты занятий объявляется тема, план лекции. Чтобы легче запомнить излагаемый материал, необходимо его понять, разобраться в системе научных понятий, которую дает лектор. Пути изложения лекции могут быть различными. Иногда преподаватель выбирает индуктивный путь, т.е. вначале излагает конкретные факты, обобщает их, раскрывает сущность понятия, дает его определение. Другой путь образования понятий - дедуктивный: лектор вначале определяет научное понятие, а потом дает объяснения, приводит конкретный фактический материал. Если уловить путь изложения материала, то становится легче понять мысль преподавателя и проникнуть в содержание лекции. Обращайте внимание на определение понятий. Рекомендуется для их усвоения составлять глоссарий (словарь). Во время слушания лекций должна быть психологическая установка на запоминание основных идей лекции. Слушание лекций - это сложный психологический процесс, в который вовлечена вся личность слушающего: его сознание, воля, память, эмоции. Это не пассивное состояние человека, а напротив, состояние активной, напряженной деятельности.</p> <p>Слушание учебной лекции - это необходимое, но не достаточное условие сознательного и прочного усвоения знаний. Лекцию необходимо записать - только тогда лекция станет источником для дальнейшей самостоятельной работы. Конспектирование лекций - это сложное дело, требующее умений и опыта. Некоторые стараются записать лекцию полностью, слово в слово, не вдумываясь в содержание материала, опираясь только на свою память. Сплошная запись возможна только в том случае, если преподаватель диктует лекционный материал. Но диктовка делает изложение однообразным и утомительным, и методика высшей школы не рекомендует такой способ изложения. Стремление записать лекцию слово в слово отвлекает слушателя от обдумывания лекционного материала. Недаром студенты говорят, что трудно совместить и запись, и обдумывание.</p> <p>Если лекцию записывать очень коротко, отдельными штрихами, то записи не могут быть материалом для повторения. В излишне краткой записи трудно разобраться уже некоторое время спустя. Для записи возьмите общую тетрадь и сделайте поля для различных заметок во время записи: например, знак восклицания (отметка особых важных моментов), знак вопроса (что-то не поняли и к данному положению надо вернуться).</p>

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	Самостоятельная работа при изучении дисциплин включает: - чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины; - знакомство с Интернет-источниками; - подготовку к различным формам контроля (тесты, контрольные работы, коллоквиумы); - подготовку и написание рефератов; - выполнение контрольных работ; - подготовку ответов на вопросы по различным темам дисциплины в той последовательности, в какой они представлены. Планирование времени, необходимого на изучение дисциплин, студентам лучше всего осуществлять весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение материала. При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы; проводить поиски в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем. При подготовке к контрольной работе необходимо прочитать соответствующие страницы основного учебника. Желательно также чтение дополнительной литературы.
зачет	На зачете определяется качество и объем усвоенных студентами знаний, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановки цели и выбору путей ее достижения, а также умение работать с нормативными документами в рамках дисциплины. Он может проводиться в устной или письменной формах. Форму проведения определяет кафедра. Подготовка к зачету - процесс индивидуальный. Тем не менее, существуют некоторые правила, знания которых могут быть полезны для всех. Залогом успешной сдачи зачета является систематическая работа над учебной дисциплиной в течение семестра. Подготовку желательно вести, исходя из требований программы учебной дисциплины. Целесообразно пошаговое освоение материала, выполнение различных заданий по мере изучения соответствующих содержательных разделов дисциплины. Если, готовясь к зачету, вы испытываете затруднения, обращайтесь за советом к преподавателю, тем более что при систематической подготовке у вас есть такая возможность. Готовясь к зачету, лучше всего сочетать повторение теоретических вопросов с выполнением практических заданий. Требования к знаниям студентов определены федеральным государственным образовательным стандартом и рабочей программой дисциплины. Цель зачета - проверка и оценка уровня полученных студентом специальных познаний по учебной дисциплине и соответствующих им умений и навыков, а также умения логически мыслить, аргументировать избранную научную позицию, реагировать на дополнительные вопросы, ориентироваться в массиве информации, дефиниций и категорий. Оценке подлежат правильность и грамотность речи студента, если зачет проводится в устной форме, а также его достижения в течение семестра. Дополнительной целью зачета является формирование у студентов таких качеств, как организованность, ответственность, трудолюбие, самостоятельность. Таким образом, проверяется сложившаяся у студента система знаний по дисциплине, что играет большую роль в подготовке будущего специалиста, способствует получению им фундаментальной и профессиональной подготовки. При подготовке к зачету важно правильно и рационально распланировать свое время, чтобы успеть на качественно высоком уровне подготовиться к ответам по всем вопросам. Во время подготовки к зачету студенты также систематизируют знания, которые они приобрели при изучении основных тем курса в течение семестра. Это позволяет им уяснить логическую структуру дисциплины, объединить отдельные темы в единую систему, увидеть перспективы ее развития. Самостоятельная работа по подготовке к зачету во время сессии должна планироваться студентом, исходя из общего объема вопросов, вынесенных на зачет, так, чтобы за предоставленный для подготовки срок он смог равномерно распределить приблизительно равное количество вопросов для ежедневного изучения (повторения). Важно, чтобы один последний день (либо часть его) был выделен для дополнительного повторения всего объема вопросов в целом. Это позволяет студенту самостоятельно перепроверить усвоение материала.

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 04.03.01 "Химия" и профилю подготовки "Химия".

*Приложение 2*  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
**Б1.В.ДВ.16.04 Биокоординационная химия**

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: Химия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

**Основная литература:**

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: учебник / Н. С. Ахметов. - 13-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 744 с. - ISBN 978-5-507-45394-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/267359> (дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Металлы в живых организмах: учебное пособие / Н.А.Улахович, Э.П.Медянцева, С.С.Бабкина, М.П.Кутырева, А.Р.Гатаулина. - Казань: Казанский университет, 2012. - 103 с.
3. Улахович Н.А., Медянцева Э.П., Бабкина С.С., Кутырева М.П., Гатаулина А.Р. Металлы в живых организмах: учебное пособие для лекционного курса 'Основы бионеорганической химии'. - Казань: КФУ, 2012. - 102 с. - Текст : электронный. - URL: <http://kpfu.ru/docs/F618940371/%CC%E5%F2%E0%EB%FB%20%E2%20%E6%E8%E2%FB%F5%20%EE%F0%E3%E0%ED%> (дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: открытый.

**Дополнительная литература:**

1. Северин, Е. С. Биохимия : учебник / под ред. Е. С. Северина. - 5-е изд. , испр. и доп. - Москва : ГЭОТАР- Медиа, 2019. - 768 с. - ISBN 978-5-9704-4881-6. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970448816.html> (дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа : по подписке.
2. Киселев Ю.М., Добрынина Н.А. Химия координационных соединений. - Москва: Издательство Академия, 2007. - 343 с.
3. Третьяков Ю.Д. Неорганическая химия. Химия элементов. Т. 1 / Ю.Д.Третьяков, Л.И.Мартыненко, А.Н.Григорьев, А.Ю.Цивадзе. - Москва: Изд-во МГУ, ИКЦ 'Академкнига', 2007. - 538 с.
4. Неорганическая химия: в 3 т.: учебник. для студентов вузов, обучающихся по направлению 510500 'Химия' и специальности 011000 'Хими / [А. А. Дроздов, Ю. Д. Третьяков]; под. ред. Ю. Д. Третьякова. - Москва: Академия, 2004- Т.1: Физико-химические основы неорганической химии. 2004. - 233 с.
5. Комплексы металлов : учебное пособие для лекционного курса 'Химия комплексных соединений'. Казань : [Казанский университет], 2014 . - 97 с.
6. Федотов, М. А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости : монография / М. А. Федотов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 384 с. - ISBN 978-5-9221-1202-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2151> (дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Приложение 3*  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.16.04 Биокоординационная химия

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая  
перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: Химия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.