

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

  
КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ДЕПАРТАМЕНТ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
(ДО КФУ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

**Программа дисциплины**  
**Основы бионеорганической химии С2.ДВ.3**

Специальность: 020201.65 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Аналитическая химия

Квалификация выпускника: специалист

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Улахович Н.А.

**Рецензент(ы):**

Медянцева Э.П.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Амиров Р. Р.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 719017

Казань  
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Улахович Н.А. Кафедра неорганической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Nikolay.Ulakhovich@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Подготовка к научно-исследовательской и педагогической деятельности, связанной с изучением биохимических процессов, происходящих в организмах при участии ионов металлов. Сформировать представления о функциях металлов в организме, роли металлов в ферментативном катализе, влиянию их на конформацию биологических макромолекул, взаимодействию ионов металлов с нуклеиновыми кислотами и транспорте ионов металлов в организме, проницаемости природных мембран для катионов, водно-солевому обмену. На основе полученных теоретических основ обучающиеся должны получить представление о формах химических элементов в организмах и моделировать физиологические и патологические процессы в живом организме.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "С2.ДВ.3 Математический и естественнонаучный" основной образовательной программы 020201.65 Фундаментальная и прикладная химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2, 3 курсах, 4, 5 семестры.

Является курсом по выбору учебного цикла С2 "Математические и естественнонаучные дисциплины" профиля "Неорганическая и координационная химия". Дисциплина базируется на знаниях и умениях, выработанных при освоении общих профессиональных курсов в базовой части учебного цикла С3 "Неорганическая химия" (химия элементов, комплексные соединения, окислительно-восстановительные реакции) и "Органическая химия" (аминокислоты и белки). Полученные при освоении дисциплины знания и умения облегчают освоение дисциплин "Координационные соединения", "Биокоординационная химия" и других курсов по выбору вариативной части профиля подготовки "Неорганическая и координационная химия".

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	понимает роль естественных наук (химии в том числе) в выработке научного мировоззрения;
ПК-7 (профессиональные компетенции)	понимает необходимость и способен приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владеет ими на уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций;

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

функции неорганических ионов и комплексов металлов в живом организме

2. должен уметь:

ориентироваться в основных понятиях биологии и неорганической химии, в методах моделирования бионеорганических систем и живых клеток.

3. должен владеть:

навыками использования знаний в области бионеорганической химии для решения задач медицины, фармакологии, охраны окружающей среды.

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

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

**4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

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

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 4 семестре; зачет в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

**4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю**

**Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные понятия бионеорганической химии.	4	1	0	2	0	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Основные аспекты координационной химии применительно к бионеорганическим системам.	4	2	0	2	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Важнейшие биохимические молекулы как лиганды.	4	3	0	2	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Металлоферменты.	4	4	0	2	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов.	4	5	0	2	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты.	4	6	0	2	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
7.	Тема 7. Функции ДНК в организме и ее взаимодействие с низкомолекулярными эффекторами.	4	7	0	2	0	Творческое задание
8.	Тема 8. Ионы металлов и репликация ДНК.	4	8	0	2	0	Устный опрос
9.	Тема 9. Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью.	4	9	0	2	0	Тестирование
10.	Тема 10. Комплексы металлов с порфиринами и порфириноподобными веществами.	5	10	0	2	0	Письменное домашнее задание
11.	Тема 11. Цитохромы.	5	11	0	2	0	Устный опрос
12.	Тема 12. Витамин В12 (цианокобаламин).	5	12	0	2	0	Устный опрос
13.	Тема 13. Хлорофиллы ? пигменты живых организмов, фоторецепторы начальных стадий превращения световой энергии в процессе фотосинтеза.	5	13	0	2	0	Устный опрос
14.	Тема 14. Взаимодействие металлов с другими простетическими группами.	5	14	0	2	0	Устный опрос
15.	Тема 15. Транспорт железа(Ш) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина.	5	15	0	2	0	Устный опрос
16.	Тема 16. Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин.	5	16	0	2	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
17.	Тема 17. Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме.	5	17	0	2	0	Устный опрос
18.	Тема 18. Контрольная работа.	5	18	0	2	0	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	Зачет
	Итого			0	36	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Основные понятия бионеорганической химии.

###### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Основные понятия бионеорганической химии. Задачи бионеорганической химии. Связь с другими науками. Биокоординационная химия. Применение координационных соединений в медицине. Классификация металлов. Макро- и микроэлементы. Эссенциальные металлы. Биологическая активность химического элемента и его положения в периодической системе Д.И.Менделеева.

##### Тема 2. Основные аспекты координационной химии применительно к бионеорганическим системам.

###### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Основные аспекты координационной химии применительно к бионеорганическим системам. Понятие координационного и комплексного соединения. Пространственное строение координационных соединений. Химическая связь в координационных соединениях. Взаимное влияние лигандов в координационных соединениях. Концепция ЖМКО в координационной химии.

##### Тема 3. Важнейшие биохимические молекулы как лиганды.

###### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Важнейшие биохимические молекулы как лиганды. Аминокислоты. Их классификация. Заменяемые и незаменимые аминокислоты. Производные аминокислот. Полипептиды. Белки. Ферменты. Гормоны. Белки крови. Нуклеиновые кислоты и нуклеопротеиды. Углеводы, липиды и карбоновые кислоты. Вода и неорганические анионы.

##### Тема 4. Металлоферменты.

###### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Металлоферменты. Общие сведения. Металлоферментные комплексы и истинные металлоферменты. Катализируемые металлоферментами реакции (гидролитические реакции и окислительно-восстановительные реакции). Примеры металлоферментов и катализируемых ими реакций. Многоцентровые металлоферменты. Особенности строения металлсодержащего кластера. Способы участия металла в ферментативных реакциях.

##### Тема 5. Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов.

###### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов. Типы взаимодействия фермента с ионом металла и лигандом (субстратом). Комплексы с лигандом (субстратом), который выполняет роль мостика (ион металла участвует в катализе, не взаимодействуя непосредственно с ферментом). Комплексы, в которых ион металла либо полностью, либо частично связывает лиганд. Комплексы, где в качестве мостика выступает фермент. Ингибирующее действие некоторых металлов. Каталитическая активность и свойства иммобилизованных ферментов в присутствии ионов металлов. Активирующее влияние катионов металлов. Двойственный характер действия ионов металлов в зависимости от их концентрации.

#### **Тема 6. Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты.**

##### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты. Состав мононуклеотида. Пуриновые и пиримидиновые основания. Пентозы (дезоксирибоза). Нуклеозиды. Биологическая роль нуклеотитов: строительные блоки нуклеиновых кислот, обмен, аккумуляция и перенос энергии, простетические группы окислительно-восстановительных ферментов, катализаторы различных реакций обмена веществ. Правила Чаргаффа.

#### **Тема 7. Функции ДНК в организме и ее взаимодействие с низкомолекулярными эффекторами.**

##### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Функции ДНК в организме и ее взаимодействие с низкомолекулярными эффекторами. Первичная структура ДНК. Организация двойной спирали. Условие комплементарности. Взаимодействие ДНК с ионами металлов. Стабилизация пространственной структуры ДНК в присутствии металлов. Влияние ионов металлов на равновесие между различными формами ДНК и на переходы спираль ? клубок. Участие металлов в процессах мутагенеза и канцерогенеза. Центры связывания ионов металлов на поверхности нуклеиновых кислот.

#### **Тема 8. Ионы металлов и репликация ДНК.**

##### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Ионы металлов и репликация ДНК. Схема передачи структурной информации. Ионы металлов и транскрипция. Роль фермента РНК-полимеразы в процессе копирования кода ДНК. Активаторы РНК-полимеразы. Уровни повреждений нативной и денатурированной ДНК в присутствии ионов металлов. Потенциально генотоксичные металлы. Ионы металлов и трансляция. Конечная стадия в интерпретации кода ДНК для синтеза белка. Значение ионов металлов для процесса трансляции.

#### **Тема 9. Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью.**

##### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью. Биодоступность координационных соединений. Противоопухолевые препараты на основе комплексов платины(II) (цисплатин, карбоплатин) и платины(IV) (оксоплатин). Препараты на основе комплексных соединений других металлов (интеркаляторы). Зависимость противоопухолевой активности препаратов от геометрической конфигурации координационных соединений (внутринитевое сшивание с образованием хелата). Факторы, влияющие на противоопухолевую активность комплексов. Сравнительная токсичность онкопрепаратов.

#### **Тема 10. Комплексы металлов с порфиринами и порфириноподобными веществами.**

##### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Комплексы металлов с порфиринами и порфириноподобными веществами. Структура порфиринов. Гемоглобин и миоглобин. Транспорт кислорода гемоглобином эритроцитов. Удержание кислорода в мышцах миоглобином. Геометрия железопорфиринов. Схема координации в оксигенированном гемоглобине. Спиновое состояние железа(II) в окси- и дезоксигемоглобине. Образование связи при взаимодействии центрального атома с молекулой кислорода. Токсиканты гемического типа (монооксид углерода, оксиды азота, метиленовый синий). Образование карбоксигемоглобина. Метгемоглобинообразователи (окислители).

## **Тема 11. Цитохромы.**

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Цитохромы. Отщепление от пищевых веществ водорода. Процесс клеточного окисления. Образование молекул воды. Типы цитохромов. Структура цитохрома. Особенности химического связывания простетической части с белком. Цитохром оксидаза. Цитохромы а и а3. Гем А. Внутренняя симметрия молекулы цитохромоксидазы.

## **Тема 12. Витамин В12 (цианокобаламин).**

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Витамин В12 (цианокобаламин). Структура молекулы. Ее отличие от структуры гема в гемоглобине. Экваториальные и аксиальные лиганды. Производные витамина В12. Метилкобаламин ? метаболически активное соединение. Содержание в организмах кофермента витамина В12. Лигандное окружение кобальта в природном кофермента. Ферментативные реакции с участием кофермента В12. Восстановление рибонуклеотидов в дезоксирибонуклеотиды. Образование эритроцитов. Процессы трансметилирования.. Степень окисления кобальта в метилкобаламине.

## **Тема 13. Хлорофиллы ? пигменты живых организмов, фоторецепторы начальных стадий превращения световой энергии в процессе фотосинтеза.**

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Хлорофиллы ? пигменты живых организмов, фоторецепторы начальных стадий превращения световой энергии в процессе фотосинтеза. Типы хлорофиллов, Хлорофилл а. Отличие хлорофилла от гема. Структура хлорофилла. Ароматический характер макроциклической системы. Условия замещения атома иона магния в хлорофилле ионами 3d-металлов. Образование димеров и олигомеров в неполярных растворителях за счет взаимодействия С = О ? Mg. Конкуренция нуклеофилов за координационное место. Образование донорно-акцепторных комплексов за счет самоконденсации, а также за счет взаимодействия с внешними лигандами (донорами).

## **Тема 14. Взаимодействие металлов с другими простетическими группами.**

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Взаимодействие металлов с другими простетическими группами. Ферредоксины. Перенос электронов с участием ферредоксинов. Стоение ферредоксина. Лабильная и тиольная сера цистеина. Перенос электронов в процессах фотосинтеза, фиксации атмосферного азота, образования АТФ при участии ферредоксинов. Железосодержащие кластеры фотосинтезирующих бактерий. Резервы железа в организме. Сидерофоры - полиидентатные лиганды с высоким сродством к ионам железа (Ш). Захват железа из внешней среды. Спиновое состояние железа(Ш) в комплексах с сидерофорами и их пространственное строение. Ферритин ? нетоксичная форма железа(Ш) в организме. Состав ядер ферритина, находящихся в полипептидных цепях.

## **Тема 15. Транспорт железа(Ш) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина.**

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Транспорт железа(Ш) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина. Трансферрины. Источники трансферринов (лактоферрины, кональбумин и сывороточный трансферрин). Координационное окружение железа(Ш) в трансферрине. Специфичность трансферриновых частиц по отношению к ретикулоцитам. Транспорт кислорода в организмах беспозвоночных. Гемэритрин. Строение молекулы. Отличие от гемоглобина.

## **Тема 16. Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин.**

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин. Строение координационного узла гемоцианина. Строение пластоцианина. Биохимические функции молибдена. Окислительно-восстановительные молибденсодержащие ферменты. Молибден-ксантиноксидаза. Фиксация молекулярного азота. Фермент нитрогеназа. Нитридный механизм фиксации молекулярного азота. Диазеновый механизм. Роль марганца в ферментативном катализе и в организме. Роль цинка в организме. Карбангидраза.

## Тема 17. Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме.

### практическое занятие (2 часа(ов)):

Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме. Ионный (натриевый насос). Ионофоры ? комплексообразователи щелочных металлов. Ионные ионофоры.

## Тема 18. Контрольная работа.

### практическое занятие (2 часа(ов)):

Контрольная работа по всем темам.

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основные понятия бионеорганической химии.	4	1	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
2.	Тема 2. Основные аспекты координационной химии применительно к бионеорганическим системам.	4	2	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Важнейшие биохимические молекулы как лиганды.	4	3	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
4.	Тема 4. Металлоферменты.	4	4	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов.	4	5	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
6.	Тема 6. Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты.	4	6	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
7.	Тема 7. Функции ДНК в организме и ее взаимодействие с низкомолекулярными эффекторами.	4	7	подготовка к творческому экзамену	2	творческое задание
8.	Тема 8. Ионы металлов и репликация ДНК.	4	8	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
9.	Тема 9. Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью.	4	9	подготовка к тестированию	2	тестирование

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
10.	Тема 10. Комплексы металлов с порфиринами и порфириноподобными веществами.	5	10	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
11.	Тема 11. Цитохромы.	5	11	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
12.	Тема 12. Витамин В12 (цианокобаламин).	5	12	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
13.	Тема 13. Хлорофиллы ? пигменты живых организмов, фоторецепторы начальных стадий превращения световой энергии в процессе фотосинтеза.	5	13	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
14.	Тема 14. Взаимодействие металлов с другими простетическими группами.	5	14	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
15.	Тема 15. Транспорт железа(Ш) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина.	5	15	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
16.	Тема 16. Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин.	5	16	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
17.	Тема 17. Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме.	5	17	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
18.	Тема 18. Контрольная работа.	5	18	подготовка к контрольной точке	2	контрольная точка
	Итого				36	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

компьютерные презентации лекций;

-контрольная работа 1;

-контрольная работа 2;

- коллоквиум по теме "Бионеорганическая химия и проблемы охраны окружающей среды".

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Основные понятия бионеорганической химии.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Основные понятия бионеорганической химии. Задачи бионеорганической химии. Связь с другими науками. Биокоординационная химия. Применение координационных соединений в медицине. Классификация металлов. Макро- и микроэлементы. Эссенциальные металлы. Биологическая активность химического элемента и его положения в периодической системе Д.И.Менделеева.

### **Тема 2. Основные аспекты координационной химии применительно к бионеорганическим системам.**

устный опрос , примерные вопросы:

Основные аспекты координационной химии применительно к бионеорганическим системам. Понятие координационного и комплексного соединения. Пространственное строение координационных соединений . Химическая связь в координационных соединениях. Взаимное влияние лигандов в координационных соединениях. Концепция ЖМКО в координационной химии.

### **Тема 3. Важнейшие биохимические молекулы как лиганды.**

устный опрос , примерные вопросы:

Металлоферменты. Общие сведения.Metalлоферментные комплексы и истинные металлоферменты. Катализируемые металлоферментами реакции (гидролитические реакции и окислительно-восстановительные реакции). Примеры металлоферментов и катализируемых ими реакций. Многоцентровые металлоферменты. Особенности строения металлсодержащего кластера. Способы участия металла в ферментативных реакциях.

### **Тема 4. Металлоферменты.**

устный опрос , примерные вопросы:

Металлоферменты. Общие сведения. Metalлоферментные комплексы и истинные металлоферменты. Катализируемые металлоферментами реакции (гидролитические реакции и окислительно-восстановительные реакции). Примеры металлоферментов и катализируемых ими реакций. Многоцентровые металлоферменты. Особенности строения металлсодержащего кластера. Способы участия металла в ферментативных реакциях.

### **Тема 5. Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов.**

устный опрос , примерные вопросы:

Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов. Типы взаимодействия фермента с ионом металла и лигандом (субстратом). Комплексы с лигандом (субстратом), который выполняет роль мостика (ион металла участвует в катализе, не взаимодействуя непосредственно с ферментом). Комплексы, в которых ион металла либо полностью, либо частично связывает лиганд. Комплексы, где в качестве мостика выступает фермент. Ингибирующее действие некоторых металлов. Каталитическая активность и свойства иммобилизованных ферментов в присутствии ионов металлов. Активирующее влияние катионов металлов. Двойственный характер действия ионов металлов

### **Тема 6. Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты.**

устный опрос , примерные вопросы:

Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты. Состав моонуклеотида. Пуриновые и пиримидиновые основания. Пентозы (рибоза, дезоксирибоза). Нуклеозиды. Биологическая роль нуклеотитов: строительные блоки нуклеиновых кислот, обмен, аккумулялирование и перенос энергии, простетические группы окислительно-восстановительных ферментов, катализаторы различных реакций обмена веществ. Правила Чаргаффа.

### **Тема 7. Функции ДНК в организме и ее взаимодействие с низкомолекулярными эффекторами.**

творческое задание , примерные вопросы:

Функции ДНК в организме и ее взаимодействие с низкомолекулярными эффекторами. Первичная структура ДНК. Организация двойной спирали. Условие комплементарности. Взаимодействие ДНК с ионами металлов. Стабилизация пространственной структуры ДНК в присутствии металлов. Влияние ионов металлов на равновесие между различными формами ДНК и на переходы спираль ? клубок. Участие металлов в процессах мутагенеза и канцерогенеза. Центры связывания ионов металлов на поверхности нуклеиновых кислот.

### **Тема 8. Ионы металлов и репликация ДНК.**

устный опрос , примерные вопросы:

Ионы металлов и репликация ДНК. Схема передачи структурной информации. Ионы металлов и транскрипция. Роль фермента РНК-полимеразы в процессе копирования кода ДНК. Активаторы РНК-полимеразы. Уровни повреждений нативной и денатурированной ДНК в присутствии ионов металлов. Потенциально генотоксичные металлы. Ионы металлов и трансляция. Конечная стадия в интерпретации кода ДНК для синтеза белка. Значение ионов металлов для процесса трансляции.

### **Тема 9. Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью.**

тестирование , примерные вопросы:

Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью. Биодоступность координационных соединений. Противоопухолевые препараты на основе комплексов платины(II) (цисплатин, карбоплатин) и платины(IV) (оксоплатин). Препараты на основе комплексных соединений других металлов (интеркаляторы). Зависимость противоопухолевой активности препаратов от геометрической конфигурации координационных соединений (внутринитевое сшивание с образованием хелата). Факторы, влияющие на противоопухолевую активность комплексов. Сравнительная токсичность онкопрепаратов.

### **Тема 10. Комплексы металлов с порфиринами и порфириноподобными веществами.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Комплексы металлов с порфиринами и порфириноподобными веществами. Структура порфиринов. Гемоглобин и миоглобин. Транспорт кислорода гемоглобином эритроцитов. Удерживание кислорода в мышцах миоглобином. Геометрия железопорфиринов. Схема координации в оксигенированном гемоглобине. Спиновое состояние железа(II) в окси- и дезоксигемоглобине. Образование связи при взаимодействии центрального атома с молекулой кислорода. Токсиканты гемического типа (монооксид углерода, оксиды азота, метиленовый синий). Образование карбоксигемоглобина. Метгемоглобинообразователи (окислители).

### **Тема 11. Цитохромы.**

устный опрос , примерные вопросы:

Цитохромы. Отщепление от пищевых веществ водорода. Процесс клеточного окисления. Образование молекул воды. Типы цитохромов. Структура цитохрома с. Особенности химического связывания простетической части с белком. Цитохром оксидаза. Цитохромы а и а<sub>3</sub>. Гем А. Внутренняя симметрия молекулы цитохромоксидазы.

### **Тема 12. Витамин В12 (цианокобаламин).**

устный опрос , примерные вопросы:

Витамин В12 (цианокобаламин). Структура молекулы. Ее отличие от структуры гема в гемоглобине. Экваториальные и аксиальные лиганды. Производные витамина В12. Метилкобаламин ? метаболически активное соединение. Содержание в организмах кофермента витамина В12. Лигандное окружение кобальта в природном коферменте. Ферментативные реакции с участием кофермента В12. Восстановление рибонуклеотидов в дезоксирибонуклеотиды. Образование эритроцитов. Процессы трансметилирования.. Степень окисления кобальта в метилкобаламине.

### **Тема 13. Хлорофиллы ? пигменты живых организмов, фоторецепторы начальных стадий превращения световой энергии в процессе фотосинтеза.**

устный опрос , примерные вопросы:

Хлорофиллы ? пигменты живых организмов, фоторецепторы начальных стадий превращения световой энергии в процессе фотосинтеза. Типы хлорофиллов, Хлорофилл а. Отличие хлорофилла от гемма. Структура хлорофилла. Ароматический характер макроциклической системы. Условия замещения атома иона магния в хлорофилле ионами 3d-металлов. Образование димеров и олигомеров в неполярных растворителях за счет взаимодействия C = O ? Mg. Конкуренция нуклеофилов за координационное место. Образование донорно-акцепторных комплексов за счет самоконденсации, а также за счет взаимодействия с внешними лигандами (донорами).

#### **Тема 14. Взаимодействие металлов с другими простетическими группами.**

устный опрос , примерные вопросы:

Взаимодействие металлов с другими простетическими группами. Ферредоксины. Перенос электронов с участием ферредоксинов. Стоение ферредоксина. Лабильная и тиольная сера цистеина. Перенос электронов в процессах фотосинтеза, фиксации атмосферного азота, образования АТФ при участии ферредоксинов. Железосодержащие кластеры фотосинтезирующих бактерий. Резервы железа в организме. Сидерофоры - полидентатные лиганды с высоким сродством к ионам железа (Ш). Захват железа из внешней среды. Спиновое состояние железа(Ш) в комплексах с сидерофорами и их пространственное строение. Ферритин ? нетоксичная форма железа(Ш) в организме. Состав ядер ферритина, находящихся в полипептидных цепях.

#### **Тема 15. Транспорт железа(Ш) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина.**

устный опрос , примерные вопросы:

Транспорт железа(Ш) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина. Трансферрины. Источники трансферринов (лактоферрины, кональбумин и сывороточный трансферрин). Координационное окружение железа(Ш) в трансферрине. Специфичность трансферриновых частиц по отношению к ретикулоцитам. Транспорт кислорода в организмах беспозвоночных. Гемэритрин. Строение молекулы. Отличие от гемоглобина.

#### **Тема 16. Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин.**

устный опрос , примерные вопросы:

Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин. Строение координационного узла гемоцианина. Строение пластоцианина. Биохимические функции молибдена. Окислительно-восстановительные молибденсодержащие ферменты. Молибден-ксантинооксидаза. Фиксация молекулярного азота. Фермент нитрогеназа. Нитридный механизм фиксации молекулярного азота. Диазеновый механизм. Роль марганца в ферментативном катализе и в организме. Роль цинка в организме. Карбангидраза.

#### **Тема 17. Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме.**

устный опрос , примерные вопросы:

Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме. Ионный (натриевый насос). Ионофоры ? комплексообразователи щелочных

#### **Тема 18. Контрольная работа.**

контрольная точка , примерные вопросы:

Контрольная работа

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Примеры билетов к контрольной работе 1

Билет 1.

1. В чем отличие денатурации белков и ДНК?
2. Какие вы знаете цинксодержащие ферменты?
3. Какие два типа комплексов Михаэлиса выделяются в ферментативных процессах с участием марганца.

#### Билет 2.

1. В чем отличие истинных металлоферментов от металлоферментных комплексов?
2. Функции марганца в организме.
3. В чем отличие строения молекул витамина B12 и B12.

#### Билет 3

1. Функции в организме метилкобаламина.
2. Что такое дыхательные ферменты? Приведите примеры.
3. Как происходит транспорт железа в организме?

#### Билет 4

1. Перечислите возможные варианты участия металлов в ферментативных реакциях.
2. Каковы возможные центры связывания металла с нуклеиновой кислотой?
3. Каков механизм действия креатинкиназы и пируваткиназы?

#### Примеры билетов к контрольной работе 2

##### Билет 1.

1. Что определяет форму полипептидной цепи?
2. В чем отличия ионных и нейтральных ионофоров?
3. Вторичная структура белков.

##### Билет 2.

1. Третичная структура белков.
2. За счет чего возможен в организме перенос ионов через мембраны против градиента концентрации.
3. Как происходит комплексообразование ионов магния с АТФ?

##### Билет 3

1. Структура аминокислот.
2. Четвертичная структура белков.
3. Функция натрия в организме.

##### Билет 4

1. Реакция конденсации аминокислот. Приведите примеры.
2. Что является источником энергии в ионном (натриевом) насосе?
3. Какие вы знаете синтетические ионофоры?

#### Контрольные вопросы к коллоквиуму

1. Что такое жизненно необходимые (эссенциальные) металлы.
2. Перечислите функции кальция в организме и механизм его обмена.
3. Доза - ответная кривая для примесных металлов.
4. Пороговые концентрации химических элементов для сельскохозяйственных растений
5. Формы, в которых азот поглощается растениями
6. Функции азота в растениях.
7. Функции фосфора в растениях.
8. Признаки недостаточности калия в растениях
9. Доза - ответная кривая для токсичных металлов.
10. Какие металлы влияют на морфологические формы растений?
11. Какие химические элементы участвуют в фотосинтезе?
12. Какие химические элементы участвуют в углеводородном обмене и образовании органических кислот?
13. Взаимодействие аминокислот с металлами.
14. Взаимодействие белков с металлами.
15. Назовите функции магния в организме и признаки нарушения магниевого обмена

## Контрольные вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Гидролитические реакции, катализируемые металлоферментами.
2. Марганец как активатор ферментов - трансфераз.
3. Основные признаки живой материи. Второй закон термодинамики для биологических систем.
4. Варианты участия металла в ферментативных реакциях.
5. Феррифоры: функции и строение.
6. Миоглобин: строение и функции в организме.
7. Окислительно-восстановительные реакции, катализируемые металлоферментами.
8. Модели процесса мягкой фиксации азота.
9. Классификация металлов по их роли в организме.
10. Классификация биогенных минералов.
11. Марганец. Свойства и функции в организме.
12. Пептиды: строение, взаимодействие с металлами.
13. Кобальт, функции в организме.
14. Реакции, катализируемые металлоферментами.
15. Моделирование в бионеорганической химии.
16. Мягкая фиксация азота с участием нитрогеназы.
17. Прикладные аспекты бионеорганической химии.
18. Функции кальция и магния в организме.
19. Вторичная структура нуклеиновых кислот, правила Чаргаффа.
20. Типы миграции химических элементов.
21. Металлоферменты, классификация. Многоцентровые ферменты.
22. Гемоглобин, строение и функции в организме.
23. Понятие "кластер" в бионеорганической химии, типы связей, геометрия кластера. Концепция ЖМКО.
24. Дыхательные гемсодержащие ферменты, их функции.
25. Аминокислоты как природные лиганды, классификация и свойства.
26. Роль воды в организме и ее обмен.
27. Белки, структура и взаимодействие с металлами.
28. Транспорт железа в организме: негеминные железопротеиды.
29. Ферменты, строение и свойства.
30. Взаимодействие металлов с нуклеиновыми кислотами.
31. Нуклеиновые кислоты, строение и свойства.
32. Роль минеральных веществ в организме и их обмен.
33. Натрий, калий, свойства и функции в организме.
34. Комплексы металлов как противоопухолевые препараты.
35. Ионный насос.
36. Оксигемоглобин, строение и функции в организме.
37. Ионофоры, свойства и классификация. Нейтральные ионофоры.
38. Комплексообразование магния с АТФ и его роль в организме.
39. Карбоксилатные ионофоры. Транспорт ионов с помощью нейтральных ионофоров.
40. Функции геминных соединений железа в организме.

## Примеры билетов для зачета

### Билет 1

1. Белки, структура и взаимодействие с металлами.
2. Транспорт железа в организме: негеминные железопротеиды.

## Билет 2

1. Ионифоры, свойства и классификация. Нейтральные ионифоры.
2. Комплексообразования магния с АТФ и его роль в организме.

## Билет 3

1. Окислительно-восстановительные реакции, катализируемые металлоферментами.
2. Марганец как активатор ферментов - трансфераз.

## Билет 4

1. Пептиды: строение, взаимодействие с металлами.
2. Кобальт, функции в организме.

### 7.1. Основная литература:

1. Улахович Н.А., Медянцева Э.П., Бабкина С.С., Кутырева М.П., Гатаулина А.Р. Металлы в живых организмах. [Электронный ресурс]. - 2012. (Учебное пособие для лекционного курса 'Основы бионеорганической химии')  
[http://kpfu.ru/docs/F618940371/%CC%E5%F2%E0%EB%EB%FB%20%E2%20%E6%E8%E2%FB%F5%](http://kpfu.ru/docs/F618940371/%CC%E5%F2%E0%EB%EB%FB%20%E2%20%E6%E8%E2%FB%F5%/)
2. Ауэрман Т. Л. Основы биохимии: Учебное пособие / Т.Л. Ауэрман, Т.Г. Генералова, Г.М. Сусянок. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 400 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=460475>
3. Биометаллоорганическая химия. Под ред. Жауэна Ж.; Пер. с англ. [Электронный ресурс] : . ? Электрон. дан. ? М. : 'Лаборатория знаний' (ранее 'БИНОМ. Лаборатория знаний'), 2015. ? 505 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=66354](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=66354)
4. Третьяков Ю.Д. Неорганическая химия. Химия элементов: учебник в 2 томах. Т.1 / Ю.Д.Третьяков, Л.И.Мартыненко, А.Н.Григорьев, А.Ю.Цивадзе. - М.: Изд-во МГУ; ИКЦ 'Академкнига', 2007. - 537 с.

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Биохимия : Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 655500 'Биотехнология' / В.П. Комов, В.Н. Шведова. - М. : Дрофа, 2004. - 639 с.
2. Бондарев В. П. Концепции современного естествознания: Учебник / В.П. Бондарев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 512 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=317298>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

1. А.В. Скальный, И.А. Рудаков Биоэлементы в медицине. - <http://chemistry-chemists.com/forum/viewtopic.php?f=15&t=35&p=11328#p11328>
2. Бионеорганическая химия - [www.chem.msu.su/rus/teaching/dobrinina/all.pdf](http://www.chem.msu.su/rus/teaching/dobrinina/all.pdf)
3. Основные направления исследований биokoординационных соединений в Бионеорганической химии - [www.bsu.by/Cache/pdf/363423.pdf](http://www.bsu.by/Cache/pdf/363423.pdf).
4. Бионеорганическая химия. Фонд знаний ? Ломоносов? - [www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:01342:article](http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:01342:article)
5. Взаимодействие металлов с биомолекулами - <http://biomolecula.ru/>
6. База данных. Химический каталог. Металлоферменты - [www.ximicat.com/ebook.php?file=bender\\_bio.djv&page=56](http://www.ximicat.com/ebook.php?file=bender_bio.djv&page=56)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Основы бионеорганической химии" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный проектор

Система интерактивного опроса.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 020201.65 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Аналитическая химия .

Автор(ы):

Улахович Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Медянцева Э.П. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.