

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кафедра общей химии

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
по самостоятельной внеаудиторной работе**

Вариативная часть: **Биологически активные вещества и реакции в жизнедеятельности**

Специальность (код, название) **30.05.02 Медицинская биофизика**

Курс **1**

Семестр **2**

Уфа 2023

Рецензенты:

1. Главный врач ГБУЗ Республиканский кардиологический центр, к.м.н., Николаева И.Е.
2. Заведующий кафедрой общей физики Уфимского университета науки и технологий, д.ф.-м.н., профессор Балапанов М.Х.

Авторы:

доцент, к.х.н., Мунасипова Д.А.

зав. кафедрой, д. фарм.н., профессор Мещерякова С.А.

Утверждение на заседании кафедры общей химии «29» марта 2023 г., протокол №7.

Содержание

Гетерофункциональные соединения.	4
Гетероциклические соединения. Алкалоиды.	7
Липиды.	10

Тема: Гетерофункциональные соединения.

Цели изучения темы: сформировать знания реакционной способности гетерофункциональных кислот с учетом взаимного влияния функциональных групп как основу для изучения лекарственных средств и метаболитов аналогичной химической природы. Уметь проводить некоторые характерные и специфические качественные реакции.

Задачи: рассмотреть специфические свойства гетерофункциональных карбоновых кислот, обучить прогнозированию реакционной способности гетерофункциональных карбоновых кислот; изучить структуру и биологическую активность наиболее значимых производных гетерофункциональных соединений.

Обучающийся должен знать:

1. До изучения темы: базисные знания о химии карбоновых кислот;
2. После изучения темы: должен **знать**:
 - классификацию, номенклатуру, изомерию и способы получения гетерофункциональных карбоновых кислот;
 - общие и специфические свойства гетерофункциональных карбоновых кислот;
 - реакции нуклеофильного замещения у тригонального атома углерода, протекающие с разрывом связи С-ОН в карбоксильной группе.

В результате изучения темы обучающийся должен **владеть**: навыками составления химических уравнений, характеризующих способы получения и химические свойства гетерофункциональных карбоновых кислот, техникой химических экспериментов, проведения пробирочных реакций, навыками работы с химической посудой; навыками по постановке и проведению качественных реакций с органическими соединениями.

В результате освоения темы обучающийся должен **уметь**:

- использовать знания реакционной способности гетерофункциональных карбоновых кислот в синтезе лекарственных веществ;
- прогнозировать реакционную способность галогено-, гидрокси-, оксо- и фенолокислот как бифункциональных соединений;
- провести реакции, характеризующие химические свойства гетерофункциональных карбоновых кислот и на качественный функциональный анализ;

В результате изучения темы предусмотрено формирование следующих **компетенций**: УК-1, ОПК-1, ПК-4.

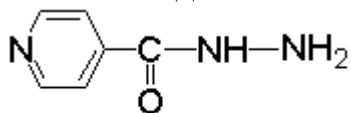
Задания для самостоятельной контактной работы обучающихся по указанной теме:

1. Номенклатура, изомерия и способы получения галогенокислот.
2. Химические свойства галогенозамещенных кислот:
 - а) кислотные свойства и их зависимость от числа атомов галогена и взаимного расположения галогена и карбоксильной группы;

- б) повышенная подвижность галогена у α -углеродного атома; превращение галогенозамещенных кислот в гидрокси- и аминокислоты.
3. Номенклатура, изомерия и способы получения гидроксикислоты.
 4. Химические свойства гидроксикислот, как гетерофункциональных соединений.
 5. Отношение α , β , γ -гидроксикислот алифатического ряда к нагреванию.
 6. Фенолоксилоксины. Салициловая кислота. Получение и свойства как гетерофункционального соединения.
 7. Производные салициловой кислоты, являющиеся лекарственными средствами.
 8. Оксокислоты. Номенклатура и способы получения.
 9. Химические свойства оксокислот, как гетерофункциональных соединений.
 10. Ацетоуксусный эфир. Таутомерия и двойственная реакционная способность.
 11. Синтез карбоновых кислот и кетонов на базе ацетоуксусного эфира. Аминокислоты как бифункциональные соединения. Номенклатура, особенности строения.
 12. Классификация природных α -аминокислот, входящих в состав белков:
 - а) моноаминомонокарбоновые (глицин, аланин, валин, лейцин, изолейцин);
 - б) оксиаминокислоты (серин, треонин);
 - в) серусодержащие (цистеин, цистин, метионин);
 - г) ароматические (фенилаланин, тирозин);
 - д) моноаминодикарбоновые (аспарагиновая, глутаминовая);
 - е) диаминомонокарбоновые (орнитин, лизин, аргинин);
 - ж) гетероциклические (триптофан, гистидин); иминокислоты (пролин)
 13. Химические свойства аминокислот по карбоксильной группе.
 14. Химические свойства аминокислот по аминогруппе.
 15. Специфические реакции α -аминокислот:
 - а) диссоциация, изоэлектрическая точка;
 - б) образование хелатных соединений;
 - в) образование пептидной связи.
 16. Отношение к нагреванию α -, β -, γ -аминокислот.
 17. Другие биологически значимые аминокислоты и их производные: β -аминокислоты; β -лактамы антибиотики (пенициллины); γ -аминомасляная кислота (ГАМК);
 18. *n*-аминобензойная кислота (ПАБК) (анестезин, новокаин, новокаиномид); *n*-аминобензолсульфонокислота (сульфаниловая кислота); стрептоцид.
 19. Пептиды и их номенклатура. Особенности электронного строения пептидной связи.

Упражнения для самостоятельной внеаудиторной работы

1. В качестве медицинского препарата применяется оксибутират натрия. Напишите формулу этого соединения и предложите один из способов его получения. Какими химическими реакциями можно подтвердить наличие спиртового гидроксила и карбоксильной группы в молекуле оксикислоты?
2. Из этилацетата получите ацетоуксусный эфир. Как называется эта реакция?
3. Изониазид (гидразид изоникотиновой кислоты) обладает противотуберкулёзной активностью. Напишите схему реакции гидролиза изониазида в кислой среде:



изониазид

4. Напишите схему реакции окисления α -гидроксимасляной кислоты. Будет ли продукт реакции окисления взаимодействовать с гидроксиламином? Напишите реакцию.
 5. Напишите схему получения амида 2-аминомасляной кислоты из пропилена.
 6. Как отличить α -аланин, β -аланин и γ -аминомасляную кислоту?
 7. Напишите уравнения реакций взаимодействия аргинина с:
а) NaOH; б) HCl; в) CH₃COCl;
г) PCl₃; д) C₂H₅OH (H⁺); е) CH₃Cl.
 8. Напишите реакции декарбоксилирования *in vitro* следующих аминокислот:
а) серина; б) глутаминовой кислоты; в) гистидина.
- Назовите полученные соединения по систематической и тривиальной номенклатурам.
9. Какие продукты получаются при окислительном и неокислительном дезаминировании триптофана?

Формы контроля освоения заданий по самостоятельной аудиторной/внеаудиторной работе по данной теме: тестовые задания, контрольные вопросы, ситуационные задачи, протоколы, заключения, графологические структуры, реферативные сообщения.

Рекомендуемая литература

Основная:

1. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков, С. Э. Зурабян. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-3188-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970431887.html>

Дополнительная:

1. Учебное пособие по органической и биоорганической химии для самостоятельной работы студентов / И. Л. Филимонова, Г. А. Жолобова, А. С. Галактионова, М. С. Юсубов. - Томск : Издательство СибГМУ, 2010. - 69

с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/uchebnoe-posobie-po-organicheskoj-i-bioorganicheskoj-himii-dlya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-9572224/>

2. Василенко Ю. К. Биологическая химия / Ю. К. Василенко. - 3-е изд., Учебное пособие. - М. : МЕДпресс-информ, 2021. - 432 с. - ISBN 9785000309070. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/biologicheskaya-himiya-11956595/>

3. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия : учеб. пособие / под ред. Н. А. Тюкавкиной - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 176 с. - ISBN 978-5-9704-3189-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970431894.html>

4. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия : руководство к практическим занятиям : учеб. пособие / под ред. Н. А. Тюкавкиной - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. - 168 с. - ISBN 978-5-9704-3801-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970438015.html>

Тема: Гетероциклические соединения. Алкалоиды.

Цель изучения темы: сформировать знания о закономерностях химического поведения пятичленных гетероциклических соединений во взаимосвязи с их электронным строением.

Задачи рассмотреть классификацию, номенклатуру важнейших конденсированных систем и алкалоидов, обучить прогнозировать их химические свойства, изучить биологическую активность важнейших конденсированных систем и алкалоидов:

Для формирования умений обучающийся т должен **знать:** основные и нуклеофильные свойства азотсодержащих гетероциклов; особенности реакций электрофильного замещения у пятичленных гетероциклов с атомом азота и кислорода; причины появления лактим-лактамной таутомерии у гидроксипроизводных азотсодержащих гетероциклов.

В результате освоения темы обучающийся должен **уметь:**

- использовать знания реакционной способности гетероциклических соединений в синтезе лекарственных веществ; приводить уравнения реакций, связанных с основными и нуклеофильными свойствами азотсодержащих гетероциклов;

- приводить уравнения реакций электрофильного замещения для ароматических пятичленных гетероциклов с одним и двумя гетероатомами; показать явление лактим- лактамной таутомерии для гидроксипроизводных азотсодержащих гетероциклов;

- провести реакции, характеризующие химические свойства гетероциклов;

провести синтез заданного соединения.

В результате изучения темы обучающийсят должен **владеть:** навыками составления химических уравнений, характеризующих способы

получения и химические свойства пятичленных гетероциклических соединений, техникой химических экспериментов, проведения пробирочных реакций, навыками работы с химической посудой; навыками по постановке и проведению качественных реакций с органическими соединениями, химическими методами анализа веществ.

В результате изучения темы предусмотрено формирование следующих **компетенций** УК-1, ОПК-1, ПК-4.

Задания для самостоятельной контактной работы обучающихся по указанной теме:

1. Строение, номенклатура пятичленных гетероциклов с одним и с двумя гетероатомами. Ароматические представители:
 - а) пиррол, фуран, тиофен;
 - б) пиразол, имидазол, тиазол, оксазол.
2. Кислотно-основные свойства пиррола и азолов. Образование ассоциатов.
3. Реакции электрофильного замещения, ориентация замещения.
4. Особенности реакций нитрования и сульфирования ацидофобных гетероциклов.
5. Важнейшие представители пятичленных гетероциклов:
 - а) с одним гетероатомом:
 - фурфурол, фурацилин, индол, β -индолилуксусная кислота;
 - б) с двумя гетероатомами:
 - пиразолон-3 и лекарственные средства на его основе;
 - имидазол и его производные: гистидин, гистамин, бензимидазол, дибазол.
6. Строение, номенклатура шестичленных гетероциклов с одним и с двумя гетероатомами. Ароматические представители:
 - а) азины: пиридин, хинолин, изохинолин;
 - б) диазины: пиримидин, пиразин, пиридазин;
 - в) оксазин; тиазин.
7. Реакционная способность азинов и диазинов:
 - основные свойства;
 - реакции электрофильного замещения(S_E);
 - реакции нуклеофильного замещения(S_N);
 - нуклеофильные свойства;
 - окисление и восстановление пиридина;
8. Лактим-лактаманная таутомерия гидроксипроизводных пиридина, нуклеиновых оснований, барбитуровой кислоты.
9. Кето–енольная таутомерия барбитуровой кислоты, кислотные свойства.
10. Производные, применяемые в медицине:
 - а) пиридина: витамин РР, изониазид, фтивазид;
 - б) хинолина: хинозол, нитроксолин;
 - в) пиримидина: барбитураты (барбитал, фенобарбитал), тиамин (витамин В₁).
11. Группа пирана. Пироны; соли пирилия, их ароматичность.

12. Бензопироны: хромон, кумарин, флавоон и их гидроксипроизводные.
13. Конденсированные системы гетероциклов. Ароматичность, таутомерия пурина и его гидроксипроизводных: гипоксантина, ксантина и мочевиной кислоты. Кислотно-основные свойства. Ураты.
14. Метилированные ксантины: теофиллин, теобромин, кофеин. Получение, кислотно-основные свойства.
15. Пуриновые основания аденин, гуанин. Значение азотистых оснований в физиологии живых организмов и медицине.
16. Алкалоиды. Химическая классификация. Основные свойства, образование солей.
17. Алкалоиды группы пиридина: анабазин, никотин. Строение, химические свойства.
18. Алкалоиды группы хинолина: хинин. Строение, химические свойства.
19. Алкалоиды группы изохинолина и изохинолинофенантрена: папаверин, морфин, кодеин. Строение, химические свойства.
20. Алкалоиды группы тропана: атропин, кокаин. Строение, химические свойства.

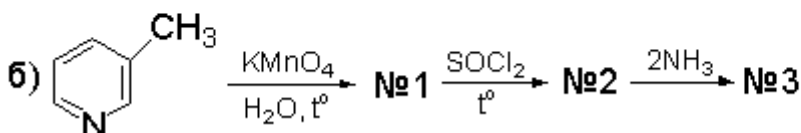
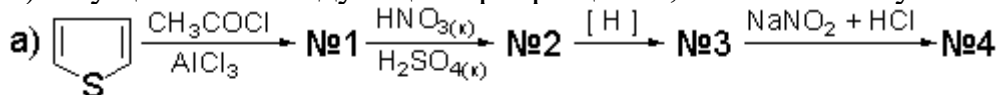
Упражнения для самостоятельной работы

- 1) Сравните реакционную способность тиофена и бензола в реакциях электрофильного замещения (S_E). Напишите для тиофена реакции:
 - а) нитрования; б) сульфирования; в) ацилирования; г) галогенирования.

Назовите полученные соединения.

- 2) Объясните, почему имидазол вступает в реакции с кислотами и щелочами? Напишите схемы этих реакций.

- 3) Осуществите следующие превращения, назовите полученные соединения:



- 4) Объясните, почему никотиновая кислота вступает в реакции с кислотами и щелочами? Напишите схемы этих реакций.

- 5) Напишите схемы реакций взаимодействия изохинолина со следующими соединениями:

- а) соляной и серной кислотами на холоду;
- б) иодистым этилом;
- в) амидом натрия;
- г) нитрующей смесью.

Назовите продукты реакций.

- 6) В состав каких природных соединений входит пурин? Какой качественной реакцией можно идентифицировать пурин и его производные?

- 7) Пурин является одновременно слабым основанием и слабой кислотой. Напишите схемы образования солей пурина с натрием и хлороводородной кислотой.

8) Гипоксантин (6-оксипурин) содержится во всех клетках тканей. Он может быть получен из 2,6,8-трихлорпурина действием гидроксида натрия. При этом образуется 2,8-дихлоргипоксантин. Последующим восстановлением получают ксантин. Напишите уравнения реакций перечисленных процессов.

9) Напишите таутомерные формы мочевой кислоты и уравнения реакций образования её солей.

Формы контроля освоения заданий по самостоятельной аудиторной/внеаудиторной работе по данной теме: тестовые задания, контрольные вопросы, ситуационные задачи, протоколы, заключения, графологические структуры, реферативные сообщения.

Рекомендуемая литература.

Основная:

1. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков, С. Э. Зурабян. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-3188-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970431887.html>

Дополнительная:

1. Учебное пособие по органической и биоорганической химии для самостоятельной работы студентов / И. Л. Филимонова, Г. А. Жолобова, А. С. Галактионова, М. С. Юсубов. - Томск : Издательство СибГМУ, 2010. - 69 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/uchebnoe-posobie-po-organicheskoy-i-bioorganicheskoy-himii-dlya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-9572224/>

2. Василенко Ю. К. Биологическая химия / Ю. К. Василенко. - 3-е изд., Учебное пособие. - М. : МЕДпресс-информ, 2021. - 432 с. - ISBN 9785000309070. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/biologicheskaya-himiya-11956595/>

3. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия : учеб. пособие / под ред. Н. А. Тюкавкиной - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 176 с. - ISBN 978-5-9704-3189-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970431894.html>

4. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия : руководство к практическим занятиям : учеб. пособие / под ред. Н. А. Тюкавкиной - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. - 168 с. - ISBN 978-5-9704-3801-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970438015.html>

Тема: Липиды

Цель изучения темы: сформировать знания принципов строения и стереоизометрии важнейших низкомолекулярных биорегуляторов - терпенов и терпеноидов.

Задачи (рассмотреть, обучить, изучить):

Обучающийся должен знать:

1. До изучения темы: базисные знания о высших жирных карбоновых кислотах, строении и химических свойствах триацилглицеринов.
2. После изучения темы: обучающийся должен **знать**:
 - классификацию терпенов и терпеноидов;
 - изопреновое правило;
 - химические свойства гидроксильной, оксо- и карбоксильной групп.

В результате освоения темы обучающийся должен **уметь**:

приводить структуры ациклических и циклических терпенов и терпеноидов; выделять изопреновые звенья; приводить уравнения реакций, связанных с реакционной способностью функциональных групп терпеноидов; экспериментально проводить реакции, связанные с реакционной способностью функциональных групп терпеноидов; провести синтез заданного соединения.

В результате изучения темы обучающийся должен **владеть**:

навыками составления химических уравнений, характеризующих способы получения и химические свойства терпенов и терпеноидов, техникой химических экспериментов, проведения пробирочных реакций, навыками работы с химической посудой; навыками по постановке и проведению качественных реакций с органическими соединениями, химическими методами анализа веществ.

В результате изучения темы предусмотрено формирование следующих **компетенций** УК-1, ОПК-1, ПК-4.

Задания для самостоятельной контактной работы обучающихся по указанной теме:

1. Терпены. Терпеноиды. Изопреновое правило. Классификация.
2. Ациклические монотерпены (цитраль и его изомеры).
3. Моноциклические монотерпены (лимонен).
4. Ментан и его производные, применяемые в медицине: ментол, терпин.
5. Бициклические (α -пинен, борнеол, камфора) терпены. Синтез камфоры.
6. Дитерпены: ретинол (витамин А), ретиналь.
7. Тритерпены. Сквален, биогенетическая связь терпенов и стероидов.
8. Тетратерпены (каротиноиды), β -каротин (провитамин А).
9. Химические свойства терпеноидов, обусловленные следующими функциональными группами: производные по гидроксильной и карбонильной группам.
10. Классификация липидов.
11. Стероиды. Строение гонана (циклопентанопергидрофенантрена). Особенности стереохимии стероидов (цис- и транс- сочленение циклогексановых колец, 5α - и 5β -ряды).
12. Производные эстрана (эстрогенные вещества): эстрон, эстрадиол, эстриол.
13. Производные андростана (андрогенные вещества): тестостерон, андростерон.

14. Производные прегнана (кортикостероиды): дезоксикортикостерон, гидрокортизон, преднизолон.

15. Производные холана (желчные кислоты): холевая и дезоксихолевая кислоты. Гликохолевая и таурохолевая кислоты, их бифильный характер.

16. Производные холестана (стерины): холестерин и его эфиры, эргостерин, витамин D₂.

17. Агликоны сердечных гликозидов: дигитоксигенин, строфантин. Общий принцип строения сердечных гликозидов.

18. Химические свойства стероидов, обусловленные функциональными группами: производные по гидроксильной, карбонильной, карбоксильной группам.

19. Классификация липидов.

20. Особенности строения природных жирных кислот. Отдельные представители предельных и непредельных жирных кислот.

21. Биологическая роль ненасыщенных жирных кислот.

22. Простые липиды. Триацилглицерины. Воски. Твины.

23. Нейтральные жиры и их состав. Простые и смешанные триглицериды.

24. Зависимость физико-химических свойств жира от жирнокислотного состава (консистенция, температура плавления, йодное число).

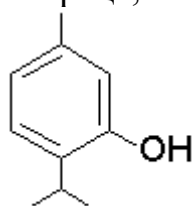
25. Сложные липиды. Фосфолипиды: лецитины, кефалины, фосфатидилсерин. Строение и биологическая роль.

26. Некоторые свойства омыляемых липидов и их структурных компонентов (реакции гидролиза, присоединения, окисления).

Упражнения для самостоятельной внеаудиторной работы

1. Выделите в структуре бета –каротина (провитаминаА) изопреновые звенья.

2. Относится ли тимол, содержащийся в эфирных маслах душицы и чабреца, к изопреноидам?

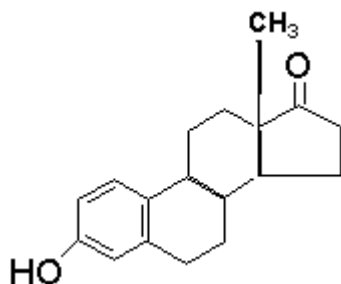


ТИМОЛ

3. Напишите схему синтеза камфоры из α-пинена. Почему камфора обладает оптической активностью? Сколько пространственных изомеров камфоры существует?

4. Получите терпингидрат из лимонена. Как это соединение применяется в медицине?

5. К какой группе стероидов принадлежит вещество, структура которого приведена? Назовите его. Напишите для этого соединения реакцию с:



- а) гидроксидом натрия;
б) гидросульфитом натрия.

6. Какая из двух гидроксильных групп эстрадиола ацилируется при взаимодействии с эквимольным количеством бензоилхлорида в щелочной среде?
7. Как называются ацилированные производные холестерина? Приведите пример такого соединения.
8. Напишите уравнение реакции взаимодействия хелевой кислоты с глицином. Назовите полученное соединение и укажите биологическую роль.
9. Напишите схему реакции этерификации глицерина соответствующими кислотами для получения диолеоиллинолеоилглицерина.
10. Дайте определение йодному числу и рассчитайте его для трилиноленоилглицерина, который содержится в льняном масле.
11. Напишите схему гидролитического расщепления пальмитоилдистеароилглицерина в кислой среде.
12. схему гидролиза 1-олеоил-2-пальмитоил-3-стеароилглицерина в присутствии гидроксида натрия. Назовите продукты реакции.

Формы контроля освоения заданий по самостоятельной аудиторной/внеаудиторной работе по данной теме: тестовые задания, контрольные вопросы, ситуационные задачи, протоколы, заключения, графологические структуры, реферативные сообщения.

Рекомендуемая литература.

Основная:

1. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков, С. Э. Зурабян. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-3188-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970431887.html>

Дополнительная:

1. Учебное пособие по органической и биоорганической химии для самостоятельной работы студентов / И. Л. Филимонова, Г. А. Жолобова, А. С. Галактионова, М. С. Юсубов. - Томск : Издательство СибГМУ, 2010. - 69 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/uchebnoe-posobie-po-organicheskoy-i-bioorganicheskoy-himii-dlya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-9572224/>
2. Василенко Ю. К. Биологическая химия / Ю. К. Василенко. - 3-е изд., Учебное пособие. - М. : МЕДпресс-информ, 2021. - 432 с. - ISBN 9785000309070. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/biologicheskaya-himiya-11956595/>

3. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия : учеб. пособие / под ред. Н. А. Тюкавкиной - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 176 с. - ISBN 978-5-9704-3189-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970431894.html>

4. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия : руководство к практическим занятиям : учеб. пособие / под ред. Н. А. Тюкавкиной - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. - 168 с. - ISBN 978-5-9704-3801-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970438015.html>