

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УКРАИНЫ  
ЗАПОРОЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ОРГАНИЧЕСКОЙ И БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

---



**ПРАКТИКУМ**

для самостоятельной подготовки студентов специальностей  
**222 «Медицина»**  
к практическим занятиям по биорганической химии

**Модуль 1. Биорганическая химия**

Студента(ки) \_\_\_ группы I курса медицинского факультета

---

Ф.И.О.

Запорожье  
2016

Практикум для самостоятельной подготовки студентов к практическим занятиям по биоорганической химии составили:

**Коваленко С.И.** – д.фарм.н., профессор

**Прийменко Б.А.** – д.фарм.н., професор

**Гнатов Н.И.** – к.фарм.н., доцент

**Кандыбей К.И.** – к.фарм.н., доцент

**Воскобойник А.Ю.** – к.фарм.н., доцент

**Антипенко Л.Н.** – к.фарм.н., старший преподаватель

**Казунин М.С.** – к.фарм.н., старший преподаватель

**Билый А.К.** - к.фарм.н., старший преподаватель

**Холодняк С.В.** - ассистент

Под общей редакцией заведующего кафедрой органической и биоорганической химии д.фарм.н., профессора **Коваленко С.И.**

Рецензенты:

Заведующая кафедрой биологической химии и лабораторной диагностики д.х.н., профессор **Александрова Е.В.**

Заведующий кафедрой токсикологической и неорганической химии д.фарм.н., профессор **Панасенко А.И.**

**ПЛАН**  
**ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ МОДУЛЯ 1**  
*«Биоорганическая химия»*

№ п/п	Тема практического занятия	Часы
1	Классификация. Принципы номенклатуры. Пространственное строение органических молекул.	2
2	Электронное строение химических связей и взаимное влияние атомов в органических молекулах. Исследование кислотных и основных свойств. Понятие про механизмы химических реакций.	2
3	Алифатические и ароматические углеводороды.	2
4	Галогенпроизводные и гидроксипроизводные углеводородов, их тиоаналоги и амины. Строение, номенклатура, химические свойства.	2
5	<b><i>Контроль содержательного модуля I: «Теоретические основы строения и реакционной способности органических соединений, алифатических и ароматических углеводородов, галогено- и гидроксипроизводных углеводородов, их тиоаналогов и аминов.»</i></b>	2
6	Исследование химических свойств альдегидов и кетонов. Биологически важные карбонильные соединения. Реакции нуклеофильного присоединения (A <sub>N</sub> ).	2
7	Структура, свойства и биологическое значение карбоновых кислот. Гетерофункциональные производные карбоновых кислот (гидрокси-, оксо-, фенолокислоты).	2
8	Полифункциональные производные алифатических и ароматических соединений.	2
9	Омыляемые липиды (жиры, фосфолипиды, воска)	2
10	Неомыляемые липиды: простагландины, терпены, стероиды. Строение, номенклатура, химические свойства.	2
11	<b><i>Контроль содержательного модуля II: «Гетерофункциональные органические соединения – метаболиты и родоначальники важнейших групп лекарственных препаратов. Карбонильные соединения. Карбоновые кислоты и их функциональные производные.»</i></b>	
12	Протеиногенные аминокислоты и их свойства.	2
13	Структурная организация, физико-химические свойства белков. Реакции осаждения белков. Выделение из природных объектов, синтез и анализ.	2
14	Углеводы. Строение, классификация и химические свойства моносахаридов.	2
15	Строение и функции ди- и полисахаридов.	2
16	Классификация, строение и значение биологически важных гетероциклических соединений.	2
17	Структура и биохимические функции нуклеозидов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот.	2
18	<b><i>Контроль содержательного модуля III: «Биологически важные классы биоорганических соединений. Гетероциклы. Биополимеры и их структурные компоненты.»</i></b>	2
	<b>Итого часов</b>	<b>36</b>
19.	<b>Итоговый модульный контроль</b>	<b>2</b>
	<b>РАЗОМ:</b>	<b>38</b>

## КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

	Минимальная сумма баллов	Максимальная сумма баллов
Всего за содержательные модули	<b>60</b>	<b>110</b>
Индивидуальная СРС: Подготовка обзора научной литературы по представленным темам	<b>0</b>	<b>10</b>
Итоговый тестовый контроль усвоения модуля 1	<b>50</b>	<b>80</b>
<b>ВСЕГО</b> сума баллов по модулю 1	<b>110</b>	<b>200</b>

**Примечание:** при усвоении темы студенту засчитываются баллы: «отлично» - 5 баллов, «хорошо» - 4 баллов, «удовлетворительно» - 3 баллов, «неудовлетворительно» - 0 баллов.

Количество баллов рассчитывается исходя из среднего бала оценок полученных на протяжении периода обучения.

Модуль засчитывается студенту, если он набрал при итоговом модульном контроле не менее 50 баллов.

**ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ**  
**ДЛЯ СТУДЕНТОВ, РАБОТАЮЩИХ В ЛАБОРАТОРИЯХ**  
**КАФЕДРЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ И БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

1. Каждый студент должен работать на закрепленном за ним рабочем месте.
2. Рабочее место должно содержаться в чистоте и порядке.
3. При работе необходимо надевать халат.
4. В лаборатории необходимо соблюдать тишину и порядок. Не следует допускать торопливости – она приводит к неудачам в работе, а иногда и к несчастным случаям.
5. Посторонним лицам запрещается находиться в лаборатории. Не разрешается отвлекать друг друга посторонними разговорами.
6. Нельзя работать в лаборатории одному, а также в отсутствие лаборанта или преподавателя.
7. В лаборатории запрещается принимать пищу.
8. Курение строго запрещено.
9. Не разрешается бросать в водопроводные раковины бумагу, фильтры, осадки с фильтров. Пахнущие и горючие жидкости следует сливать в специальные емкости.
10. В случае обнаружения неисправностей электропроводки или водопроводной сети необходимо немедленно сообщить об этом лаборанту или преподавателю.
11. Следует бережно обращаться с лабораторной посудой и реактивами.
12. Категорически запрещается выполнять в лаборатории экспериментальные работы, не связанные с выполнением учебного практикума.
13. При нагревании в пробирках жидких или твердых веществ нельзя направлять отверстие пробирки или открытую часть прибора на себя или на соседей – при выбросе нагретого вещества может произойти несчастный случай.
14. Особое внимание уделяйте защите глаз. При работе с концентрированными кислотами (надевайте защитные очки).
15. По окончании работы следует оставить рабочее место в чистоте и порядке.

**ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ОЖОГАХ,**  
**ОТРАВЛЕНИЯХ И ДРУГИХ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЯХ**

1. перевязочные средства и медикаменты находятся в лаборантской комнате.
2. При термических ожогах необходимо сделать примочки этиловым спиртом или раствором перманганата калия, смазать место ожога специальной мазью, стараясь не повредить обожженную кожу.
3. При ожогах кислотами необходимо немедленно обмыть обожженное место большим количеством воды из-под крана, а затем 3%-ным раствором  $\text{NaHCO}_3$ .
4. При ожогах щелочами промыть обожженное место большим количеством воды, затем 1%-ным раствором уксусной кислоты. Глаза следует промыть водой, затем насыщенным раствором борной кислоты, после чего ввести в глаза каплю касторового масла. Затем следует обратиться к врачу.
5. При порезах стеклом обязательно удалить осколки стекла из раны, смазать пораненное место йодом.

**ТУШЕНИЕ МЕСТНЫХ ЗАГОРАНИЙ**

1. При возникновении пожара немедленно выключить электронагревательные приборы. Убрать подальше от огня склянки с горючими жидкостями. Быстро засыпать очаг пожара песком, который находится в специальном ящике.

2. Используйте асбестовые одеяла, которые имеются у лаборанта, для ликвидации очагов пожара.
3. Нельзя заливать водой загоревшийся эфир, бензол, смеси, содержащие металлический натрий – во всех случаях используйте песок.
4. Большие очаги пожара ликвидируйте с помощью огнетушителей. В случае обширного загорания следует известить пожарную охрану по телефону – 01.
5. В случае загорания одежды не следует бегать по комнате, надо немедленно набросить на себя асбестовое одеяло или какую-то верхнюю одежду, чтобы прекратить доступ воздуха к загоревшейся одежде. Можно потушить пламя, отбежав от очага и перекатываясь по полу.

\_\_\_\_\_ с правилами ТБ ознакомлен (на) \_\_\_\_\_  
Ф.И.О. Подпись

## ЗАНЯТИЕ 1

**1. ТЕМА:** Классификация. Принципы номенклатуры. Пространственное строение органических молекул.

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Бурное развитие теоретической и прикладной органической химии создало серьёзные проблемы для быстрого освоения огромного потока новой информации и теоретического осмысления всего фактического материала. В связи с этим усвоение химического языка, номенклатурных правил, формирование представлений о единстве строения, конфигурации, конформации органических молекул имеет первостепенное значение для успешного изучения и обмена химической информацией, понимания связи «структура - биологическая активность».

**3 ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** Сформировать знание основных принципов классификации, химической номенклатуры, особенностей пространственного строения органических соединений и умение использовать их в решении номенклатурных, структурных задач, функциональном анализе лекарственных веществ.

**4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

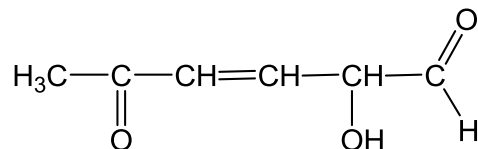
1. Структурная теория. А. М. Бутлерова.
2. Строение метана.
3. Строение этилена, ацетилен.
4. Номенклатура органических соединений.
5. Конформация этана и их энергетические характеристики.
6. Конформации циклогексана и метилциклогексана.

### 4.2. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

1. В результате углеводного обмена образуется  $\alpha$ -кетоглутаровая кислота, являющаяся 2-оксопентандионовой кислотой. Напишите ее структурную формулу.
2. Изобразите в проекции Ньюмена заторможенную конформацию хлорэтана.
3. Изобразите наиболее предпочтительную конформацию бромциклогексана.

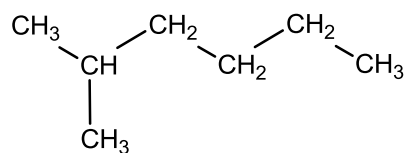
### 4.3 ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Выберите наиболее правильное название (согласно номенклатуре IUPAC) для следующего соединения:



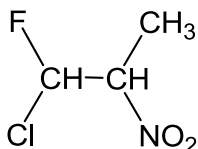
- A. 2-гидрокси-5-оксогексен-3-аль
- B. 2,6-диоксо-5-гидроксигексен-3
- C. 1,5-диоксогексен-3-ол-2
- D. 1-оксо-2-гидроксигексен-3-он-4
- E. 2-оксо-5-гидроксигексеналь

2. Укажите вещество, являющееся изомером 2-метилгексана:



- A. н-гептан
- B. 2,3-диметилбутан
- C. 2,2,3-триметилпентан
- D. 3-этилгексан
- E. 3-метилгексен-1

3. Укажите количество стереоизомеров в молекуле, содержащей 2 асимметрических атома углерода:

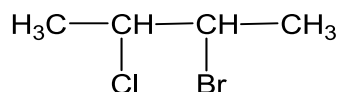


- A. 2
- B. 3
- C. 4
- D. 8
- E. 10

4. Укажите количество возможных изомеров для молекулы дибромбензола:

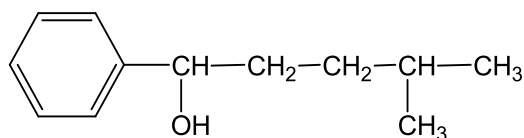
- A. 1
- B. 3
- C. 4
- D. 6
- E. 10

5. Укажите количество центров хиральности для молекулы следующего соединения:



- A. 3
- B. 2
- C. 4
- D. 1
- E. 0

6.4-Метил-1-фенилпентанол-2 – один из 300 компонентов, создающих запах какао.



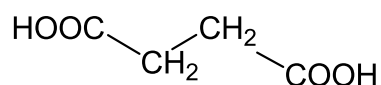
К какому классу органических соединений он относится?

- A. Кетон
- B. Спирт третичный
- C. Фенол



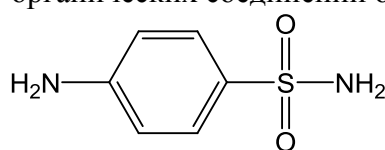
- D. Спирт вторичный
- E. Спирт первичный

7. Выберите правильное название для вещества следующего строения:



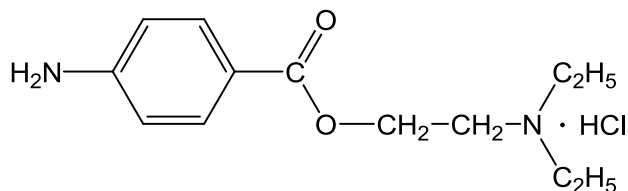
- A. бутановая кислота
- B. бутандиовая кислота
- C. 1,4-дикарбоксибутан
- D. ацетоуксусная кислота
- E. щавелевоуксусная кислота

8. Определите, к какому классу органических соединений относится стрептоцид:



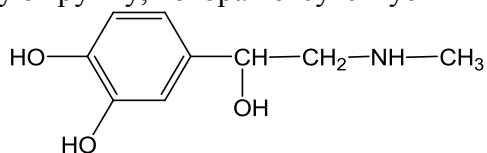
- A. Ароматическая кислота
- B. Ароматическая сульфокислота
- C. Карбоциклический амин
- D. Ароматический амин
- E. Амид ароматической сульфокислоты

9. Укажите функциональную группу, которая отсутствует в молекуле анестезина:



- A. алифатическая аминогруппа
- B. альдегидная группа
- C. первичная аминогруппа
- D. сложноэфирная группа
- E. карбонильная группа

10. Укажите функциональную группу, которая отсутствует в молекуле адреналина:



- A. Фенольный гидроксил
- B. Вторичная аминогруппа
- C. Первичный спиртовый гидроксил
- D. Ароматическое ядро
- E. Вторичный спиртовый гидроксил

## ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 24-42
2. Губський Ю.І. Біорганічна хімія.- Вінниця: Нова книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А.,Бауков Ю.И. Биоорганическая химия.- М.:Медицина,1991.
4. Артемьева Н.Н.,Белобородов В.Л.и др. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии. М.:Медицина, 1985.
5. Конспект лекцій.

## ЗАНЯТИЕ 2

**1. ТЕМА:** Электронное строение химических связей и взаимное влияние атомов в органических молекулах. Исследование кислотных и основных свойств. Понятие про механизмы химических реакций.

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Электронное строение атомных орбиталей и их гибридизация, ковалентная связь, сопряжение, электронные эффекты, как основной способ передачи взаимного влияния, относятся к фундаментальным понятиям и являются основой системных знаний о реакционной способности биологически важных органических соединений, дают возможность качественно проводить сравнение термодинамической устойчивости соединений, интерпретировать механизмы биохимических реакций. Неразрывно с особенностями распределения электронной плотности в органических молекулах связаны кислотно-основные свойства органических молекул и их реакционная способность. Кислотные и основные свойства органических соединений относятся к числу фундаментальных понятий, необходимых для изучения большинства разделов курса и специальных дисциплин. Знания этих свойств используются для правильного прогнозирования механизмов реакции, понимания сущности кислотного и основного катализа, оценки совместимости лекарственных препаратов и т.д.

**3. ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** Сформировать понятие о строении химических связей, электронных эффектах заместителей и строении молекул с сопряженными связями как термодинамически устойчивых систем, используемых при построении биологически важных структур. Сформировать знания о кислотно-основных свойствах органических соединений, их отношения к окислению как важнейших свойств, обуславливающих протекание многих химических реакций в живых организмах. Дать студенту основные понятия об основных типах реакции в органической химии.

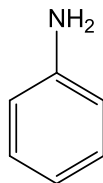
### 4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Строение химических связей.
2. Понятие гибридизации.
3. Природа водородной связи.
4. Сопряженные системы, энергия сопряжения,  $p$ - $\pi$  сопряжение.
5. Электронные эффекты (индуктивный и мезомерный).
6. Кислотность и основность по Бренстеду-Лоури. Нуклеофильность веществ.
7. Влияние электронных и структурных факторов на силу кислот и оснований. Причинно-следственная связь свойств и структуры молекул.
8. Влияние водородной связи на физические свойства соединений.
9. Реакция окисления и восстановления.
10. Основные типы реакций в органической химии (замещение, присоединения, отщепления)
11. Понятие механизма реакции в органической химии.

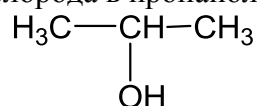
#### 4.2. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Укажите вид и знак электронных эффектов атома азота в молекуле анилина:



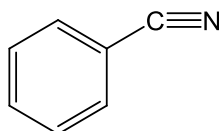
- A. -I
- B. +I; +M
- C. -I; -M
- D. +I
- E. -I; +M

2. Укажите вид и знак эффектов кислорода в пропанол-2



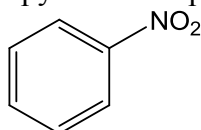
- A. -I
- B. +I
- C. -M
- D. +M
- E. -I; +M

3. Укажите вид и знак эффектов цианогруппы в бензонитриле:



- A. -I; -M
- B. -I; +M
- C. -I
- D. +M
- E. +I

4. Укажите вид и знак эффектов нитрогруппы в нитробензоле:



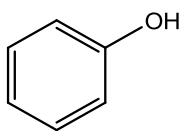
- A. -I
- B. +I
- C. +M
- D. -I; +M
- E. -I; -M

5. Укажите вид и знак эффектов кислорода в молекуле спирта



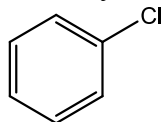
- A. +I
- B. -I
- C. +M
- D. -M
- E. -I; +M

6. Укажите вид и знак эффектов кислорода в молекуле фенола



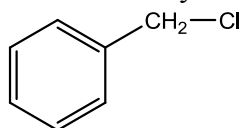
- A. -I
- B. +I; +M
- C. -I; +M
- D. +I
- E. -I; -M

7. Укажите вид и знак эффектов хлора в молекуле хлорбензола



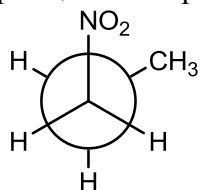
- A. +M
- B. -M
- C. -I; +M
- D. -I; +M
- E. +I; +M

8. Укажите вид и знак эффектов галогена в молекуле бензилхлорида:



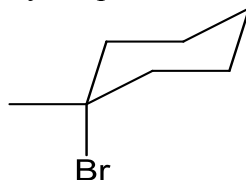
- A. +I
- B. -I
- C. -I; +M
- D. +I; +M
- E. +M

9. Укажите правильное название конформации 1-нитропропана



- A. заслоненная
- B. Гаусс-конформация
- C. Ванна
- D. Анти-конформация
- E. Кресло

10. Укажите размещение брома в молекуле бромциклогексана



- A. Экваториальное
- B. Центральное
- C. Параллельное
- D. Боковое
- E. Аксиальное

#### 4.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.

1. Определите состояние гибридизации атомов углерода в молекулах следующих соединений: 1-пентен-ин-3, пентадиен-2,3, нафталин, пиррол, фуран, пиридин, ферроцен.
2. Сравните распределение электронной плотности в молекуле гепта-диен-2,4-овой кислоты и бутадиена-1,3.
3. Ретиналь, принимающий участие в процессе зрения, содержит сопряженную систему с открытой цепью. Обозначьте сопряженную цепь и укажите вид и знак электронных эффектов альдегидной группы.
4. Хлорэтон (1,1,1-трихлоро-2-метилпропанол-2) оказывает общеуспокаивающее и легкое наркотическое действие. Сравните кислотность хлорэтона и н-пропилового спирта. Оцените отношение этих спиртов к окислению. Напишите уравнения реакций.

#### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 45-56
1. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія.- Вінниця: Нова книга, 2005.
2. Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. Биоорганическая химия. - М.: Медицина 1991.
3. Н.Н. Артемьева, В.Л. Белобородов и др. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии.-М.: Медицина, 1985.
4. Конспект лекций.

## ЗАНЯТИЕ 3

### 1. ТЕМА: Алифатические и ароматические углеводороды.

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Ациклические и циклические углеводороды широко распространены в природе: входят в состав природного газа, нефти, твердых горючих ископаемых. Они лежат в основе всех классов биологически активных веществ, находят широкое применение в органическом синтезе и медицине

**3. ЦЕЛЬ:** Сформировать умение прогнозировать способность основных групп углеводородов к химическим превращениям в зависимости от гибридизации атома углерода и электронными эффектами заместителей, введенных в ароматическое ядро.

### 4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Реакция радикального замещения алканов, циклоалканов ( $S_R$ ).
2. Реакции электрофильного присоединения ( $A_E$ ) алкенов, алкадиенов и алкинов.
3. Строение аренов.
4. Ароматичность, критерии ароматичности.
5. Реакции электрофильного замещения ( $S_E$ ) аренов, гетероароматических соединений.
6. Реакции окисления углеводородов.

#### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЗАНЯТИИ

Протокол № 3

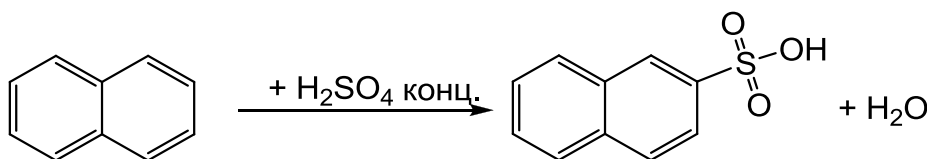
Дата \_\_\_\_\_

#### Опыт № 1

##### Сульфирование нафталина.

В сухую пробирку поместите 1 лопаточку нафталина. Нагрейте пробирку до расплавления нафталина. Затем дайте ей остыть и добавьте к затвердевшему нафталину 10 капель концентрированной серной кислоты (*добавление проводить в вытяжном шкафу!*). Осторожно нагрейте пробирку над пламенем горелки, постоянно встряхивая до достижения полной однородности смеси. Затем дайте смеси остыть, добавьте к ней 10 капель воды и снова слегка нагрейте. При последующем охлаждении выделяются кристаллы  $\beta$ -нафталинсульфо кислоты ( $\beta$ -сульфонафталина)

##### Химизм:



##### Наблюдения:

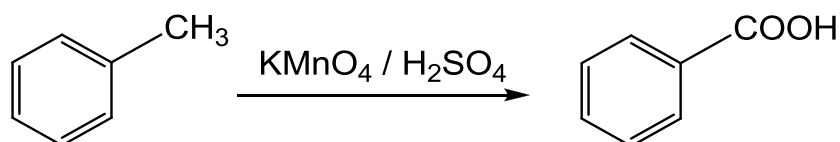
**Выводы:**

**Опыт № 2**

**Окисление боковых цепей гомологов бензола.**

В пробирку поместите 5 капель воды, 3 капли 2% раствора перманганата калия  $\text{KMnO}_4$  и 1 каплю 10% раствора серной кислоты. Добавьте 1–2 капли толуола и, энергично встряхивая, нагревайте пробирку над пламенем горелки. Отметьте, какие изменения произошли с первоначальной окраской раствора. В результате окисления каждая боковая цепь в кольце бензола независимо от ее длины в конечном счете образует карбоксильную группу. Поэтому, пользуясь реакцией окисления, можно установить наличие боковых цепей в ароматических углеводородах.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

**ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ**

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 58-83
2. Губський Ю.І. Біорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биорганическая химия. – М.: Медицина, 1991.
4. Артемьева Н.Н., Белобородов В.Л. и др. Руководство по биоорганической химии. – М.: Медицина, 1985.



## ЗАНЯТИЕ 4

**1. ТЕМА:** Галогенпроизводные и гидроксипроизводные углеводов, их тиоаналоги и амины. Строение, номенклатура, химические свойства.

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Галогенпроизводные углеводов являются крайне высоко реакционноспособным классом органических веществ, что в свою очередь обуславливает их востребованность как реагентов в органическом синтезе. Также введение галогена в органическую молекулу зачастую значительно влияет на ее фармакокинетические и фармакодинамические параметры, что с успехом используется при разработке новых лекарственных средств. Соединения, содержащие спиртовые и фенольные фрагменты широко распространены в живых объектах и принимают участие в различных метаболических процессах. Также, знание структуры и химических свойств спиртов является неотъемлемым условием для успешного изучения химии гетерофункциональных производных карбоновых кислот и углеводов. Амины являются одной из основных групп азотосодержащих соединений и характеризуются довольно высокой биологической активностью.

**3. ЦЕЛЬ:** Сформировать знания о структуре и химических свойствах галогенпроизводных углеводов спиртов, фенолов, тиолов и аминов. Дать студенту представление о механизме нуклеофильного замещения.

**4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Галогенпроизводные углеводов их классификация, особенности строения и реакционная способность.
2. Реакции мономолекулярного ( $S_N1$ ) и бимолекулярного ( $S_N2$ ) нуклеофильного замещения у насыщенного C-атома.
3. Реакция элиминирования ( $E$ ).
4. Строение, классификация и химические свойства спиртов и фенолов. Биологически значимые спирты.
5. Кислотно-основные свойства спиртов и фенолов.
6. Влияние молекулярной водородной связи на физические свойства соединений.
7. Строение, классификация и химические свойства аминов. Биологически значимые амины.
8. Кислотно-основные свойства аминов.
9. Тиолы и тиофенолы, строение и химические свойства.
10. Реакция окисления. Окислительные агенты.

### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЗАНЯТИИ

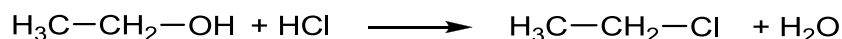
Протокол № 4

Дата \_\_\_\_\_

#### Опыт № 1

**Получение этилхлорида из этилового спирта.**

В пробирку насыпьте 2 лопаточки NaCl, прилейте 5-6 капель этанола, затем добавьте 3-4 капли H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. При нагревании на слабом пламени горелки и поднесении пламени к пробирке образующийся хлорэтан сгорает пламенем с зеленоватой каймой.



**Наблюдения:**

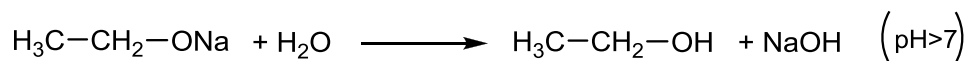
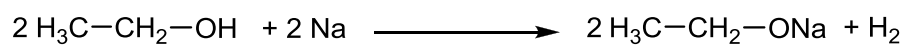
**Выводы:**

### Опыт № 2

#### **Получение этилата натрия и его гидролиз.**

В сухую пробирку поместите 3 капли абсолютного этанола и внесите кусочек металлического натрия (размером со спичечную головку), предварительно отжатый от керосина на фильтровальной бумаге. Соберите выделяющийся водород, прикрыв пробирку пробкой. Затем уберите пробку и поднесите пробирку отверстием к пламени горелки. Смесь водорода с воздухом сгорает с характерным "лающим" звуком. Белый осадок этилата натрия растворите в 2-4 каплях этанола и добавьте 1 каплю 1% спиртового раствора фенолфталеина. После этого внесите в пробирку 1-2 капли воды. Объясните появление малиновой окраски.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

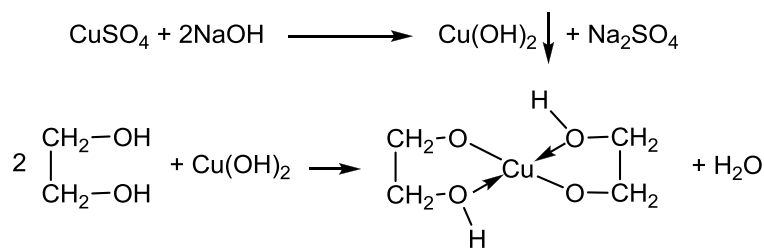
**Выводы:**

### Опыт № 3

#### **Получение этиленгликолята меди (II).**

В пробирку внесите 2 капли 2% раствора сульфата меди (II) CuSO<sub>4</sub> и 2 капли 10% раствора гидроксида натрия NaOH. Образуется голубой хлопьевидный осадок гидроксида меди (II) Cu(OH)<sub>2</sub>. Добавьте к нему 1 каплю этиленгликоля и встряхните пробирку. При взаимодействии гидроксида меди (II) с этиленгликолем образуется гликолят меди, раствор которого имеет синюю окраску. Эта реакция используется для обнаружения органических соединений, содержащих диольный фрагмент (две гидроксильные группы у соседних атомов углерода).

**Химизм:**



**Наблюдения:**

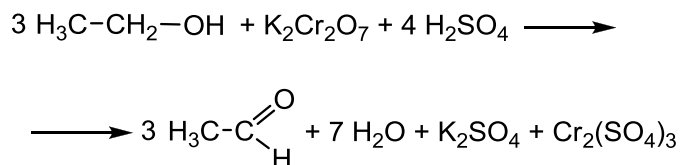
**Выводы:**

#### Опыт № 4

##### **Окисление этилового спирта хромовой смесью.**

В пробирку поместите 2 капли этилового спирта, добавьте 1 каплю 10% раствора серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 2 капли 10% раствора дихромата калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Полученный оранжевый раствор нагрейте над пламенем горелки до начала изменения окраски. Через несколько секунд раствор становится синевато-зеленым (цвет образующегося сульфата хрома (III)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ). Одновременно ощущается характерный запах уксусного альдегида (запах прелых яблок).

**Химизм:**



**Наблюдения:**

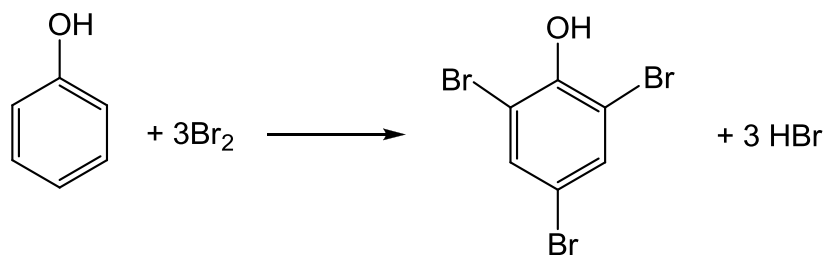
**Выводы:**

#### Опыт № 5

##### **Образование трибромфенола.**

В пробирку поместите пять капель 0,5% водного раствора фенола и прибавьте несколько капель бромной воды до обесцвечивания и появления белого осадка 2,4,6-трибромфенола. Реакция бромирования фенола протекает количественно и используется в анализе для открытия фенола и некоторых его производных.

**Химизм:**



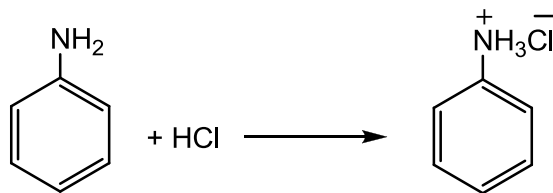
**Наблюдения:**

**Выводы:**

### Опыт № 6

#### **Основность алифатических и ароматических аминов.**

1. В две пробирки внесите по 2 капли воды. Затем в первую пробирку поместите 1 каплю анилина  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ , а во вторую – 1 каплю этаноламина (коламина)  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$  и взболтайте. Сравните растворимость этих аминов в воде. По 1 капле содержимого каждой пробирки нанесите на полоску универсальной индикаторной бумаги. Определите pH растворов анилина и коламина. К эмульсии анилина добавьте 5 капель раствора  $\text{HCl}$ , опишите наблюдения.



**Наблюдения:**

**Выводы:**

#### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія. -Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 85-117
2. Губський Ю.І. Біорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. – М.: Медицина, 1991.
4. Артемьева Н.Н., Белобородов В.Л. и др. Руководство по биоорганической химии. – М.: Медицина, 1985.

## Занятие 5

**1. ТЕМА:** Контроль содержательного модуля I: «Теоретические основы строения и реакционной способности органических соединений, алифатических и ароматических углеводородов, галогено- и гидроксипроизводных углеводородов, их тиоаналогов и аминов».

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Знание номенклатуры органических соединений, их конформационных и конфигурационных особенностей, взаимного влияния атомов в молекулах – является определяющим при прогнозировании физико-химических свойств, реакционной способности того или иного класса органических веществ, способствует глубокому пониманию механизмов радикальных, электрофильных реакций, протекающих *in vivo*, *in vitro*, а также формированию представлений о фармакотерапевтических свойствах лекарственных препаратов.

**3. ЦЕЛЬ:** Закрепление и творческое развитие знаний о закономерностях в химическом поведении основных классов органических соединений в зависимости от их электронного строения.

**4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

### 4.1. СВОДНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

1. Дайте определение понятию «конформеры». Изобразите в проекции Ньюмена заслоненную и заторможенную конформации этана, хлористого этила, этанола и сравните их энергетическое состояние. Изобразите возможные конформации открытой шестиугольной цепи. Чем обусловлено стремление к образованию пяти- и шестичленных циклов?
2. Изобразите циклогексан в конформации «кресла». Укажите аксиальные и экваториальные связи.
3. Какой вид стереоизомерии характерен для алкенов и циклоалканов? Дайте определение понятию  $\pi$ -диастереомеров. Напишите цис- и транс-изомеры для этилендикарбоновой и циклогександикарбоновой-1,4 кислот.
4. Приведите электронное строение С-С-связи в алканах. Какой тип реакции по направлению и механизму характерен для алканов. Приведите схему гомолитического (радикального) и гетеролитического (ионного) разрыва ковалентной связи. Укажите электронное строение активной промежуточной частицы - метильного радикала.
5. Что такое радикальные цепные реакции? Напишите реакции галогенирования (бромирования) пропана, циклогексана и опишите механизм ( $S_R$ ).
6. Приведите электронное строение этилена и бутадиена-1,3. Какие реакции по направлению и механизму характерны для алкенов? Какие реагенты называются электрофильными? Напишите реакцию электрофильного присоединения ( $A_E$ ) галогенов, галогеноводородов и воды (с кислотным катализатором) к этилену, пропилену, бутену-2, бутадиену-1,3. Опишите механизм.
7. Дайте определение понятию «сопряжение» и укажите особенность реакции  $A_E$  в сопряженных диенах. Может ли продукт реакции гидрирования бутадиена-1,3 существовать в виде цис-, транс-изомеров?
8. Объясните влияние заместителей на реакционную способность двойной связи в реакциях  $A_E$ . Объясните правило Марковникова.
9. Напишите реакцию бромирования циклопропана. Укажите особенности ее

протекания, связанные с электронным строением.

10. Приведите электронное строение бензола. Дайте определения понятиям «энергия сопряжения» (стабилизации) и «ароматичность». Приведите критерии ароматичности (правило Хюккеля). Объясните, почему гетероциклические (пиррол, фуран, тиофен, имидазол, пиридин, пиримидин, пуридин) соединения обладают ароматическим характером. Сравните энергии систем с открытой и замкнутой цепью сопряжения на примере гептатриена-1,3,5 и бензола.

11. Напишите реакции галогенирования, сульфирования, алкилирования толуола, анилина, фенола, бензойной кислоты, нафталина, фурана, тиофена, пиррола, пиридина. Опишите механизм. Объясните активирующее (деактивирующее), а также ориентирующее влияние заместителей и гетероатомов в ароматическом ядре.

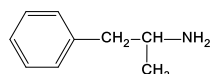
12. Охарактеризуйте отношение к окислению перманганатом калия алканов, алкенов и аренов. Напишите эту реакцию для пропилена. Почему она используется как качественная на двойную связь?

13. Дайте определение понятиям "основность" и "кислотность" по Брнстеду-Лоури. Объясните амфотерный характер спиртов и связанное с ним явление межмолекулярной ассоциации. Как это явление влияет на температуру кипения и растворимость спиртов?

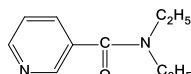
14. Сравните основность соединений в группах:

А. диэтиловый эфир, диэтилсульфид, диметиламин;

В. Для наиболее сильного основания напишите реакцию получения солянокислой соли.

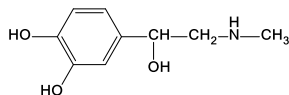


С. Фенамин

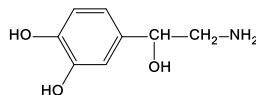


Кордиамин

Приведите формулу сернокислой соли фенамина.



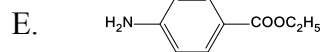
Адреналин



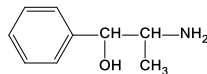
Норадреналин

Д.

Для наиболее сильного основания напишите реакцию получения солянокислой соли.

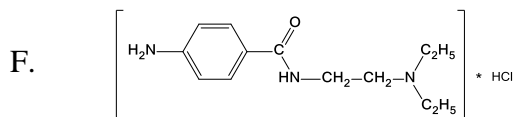


Анестезин



Эфедрин

Е.



Новокаинамид

Ф.

По какому атому азота прошло протонирование и почему?

15. Сравните кислотные свойства соединений в группах:

А. фенол, п-аминофенол;

В. фенол, п-оксифенол;

С. н-пропиловый спирт, 2-хлорпропанол-1, 2-метилпропанол-1;

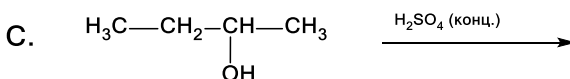
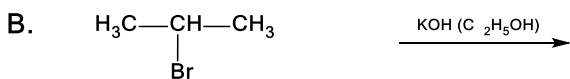
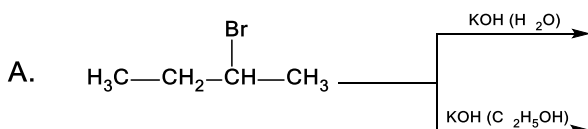
Д. этиловый спирт, этилмеркаптан, уксусная кислота;

Е. н-пропиловый спирт, глицерин. Приведите качественную реакцию, позволяющую различить эти спирты.

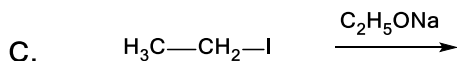
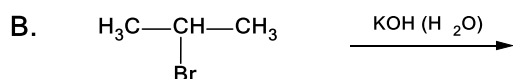
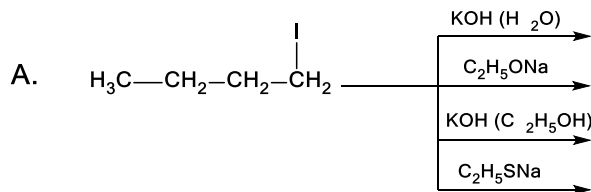
16. Как относятся к окислению спирты, фенолы, альдегиды и кетоны? Напишите реакцию окисления н-пропилового спирта, изопропилового спирта, метилового спирта, ацетальдегида, гидрохинона. Укажите окисляющие реагенты. Какие из названных соединений (или промежуточных продуктов их окисления) будут давать реакцию "серебряного зеркала"? Встречается ли в организме тип окислительно-восстановительных реакций, характерный для гидрохинона?

17. Чем обусловлена возможность протекания реакций нуклеофильного замещения ( $S_N$ ) и элиминирования (E) в ряду спиртов и галогенпроизводных? Объясните понятия "нуклеофильность" и "основность".

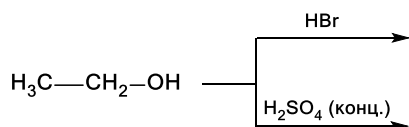
Напишите реакции:



Опишите механизм. Для каких продуктов возможно существование цис-транс-изомеров? Напишите реакции:



Как можно проверить доброкачественность продукта реакции?



По каким механизмам протекают эти реакции? К каким классам соединений относятся продукты реакции?

18. Рассмотрите электронное строение оксогруппы и объясните в сравнении с  $\text{C}=\text{C}$  связью, почему альдегидам и кетонам свойственны реакции нуклеофильного присоединения ( $A_N$ ) по  $\text{C}=\text{O}$  связи. Объясните роль кислотного катализа и сравните влияние заместителей на реакционную способность оксо-группы на примере альдегидов и кетонов.

19. Напишите реакции взаимодействия HCN, этиламина, метилового и этилового спиртов, воды, литийалюминийгидрида со следующими альдегидами и кетонами: муравьиный альдегид, ацетальдегид, трихлоруксусный альдегид, ацетон. Опишите механизм этих реакций и укажите нуклеофилы. Обоснуйте необходимость использования кислотного катализа при синтезе ацеталей. Проведите гидролиз ацеталей. Какую роль в организме играют реакции альдегидов со спиртами и аминами? Чем объясняется различная устойчивость гидратных форм названных альдегидов? Какое применение в медицине имеют гидраты альдегидов?
20. Объясните СН-кислотность в  $\alpha$ -положении к оксо-группе и связанную с этим способность оксосоединений вступать в альдольное присоединение (альдольную конденсацию) и галоморфные реакции. Напишите реакции альдольной конденсации уксусного и пропионового альдегидов. Опишите механизм. Встречается ли этот тип реакций в организме? Какие структурные особенности определяют участие альдегидов в этой реакции? Будет ли вступать в реакцию альдольной конденсации триметилуксусный альдегид? Напишите реакции "йодоформной пробы" на ацетон и ацетальдегид. С какой целью используется эта реакция?
21. Напишите реакцию диспропорционирования (реакция Каницарро) на примере формальдегида и бензальдегида. Какие структурные особенности определяют участие альдегидов в этой реакции?
22. Охарактеризуйте строение галогенпроизводных углеводов. Приведите их классификацию.
23. Объясните различие реакционной способности алифатических и ароматических галогенпроизводных углеводов в реакциях нуклеофильного замещения.
24. Объясните высокую реакционную способность бензилбромид.
25. Объясните принципиальное различие реакций мономолекулярного и бимолекулярного нуклеофильного замещения.
26. Опишите особенности строения гидроксилсодержащих производных углеводов. Классификация гидроксилсодержащих производных углеводов.
27. Охарактеризуйте основные методы получения и особенности реакционной способности гидроксилсодержащих производных углеводов.
28. Объясните различия в выраженности кислых свойств спиртов и фенолов. Почему спирты не могут образовывать соли при взаимодействии с гидроксидами щелочных металлов?
29. Напишите реакцию внутримолекулярной и межмолекулярной дегидратации спиртов.
30. Охарактеризуйте строение простых эфиров. Опишите методы их получения и реакционную способность.
31. Тиоаналоги спиртов, фенолов и простых эфиров их строение и кислотно-основные свойства.

#### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 24-117
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія.-Вінниця: Нова книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. - М.: Медицина, 1991.
4. Артемьева Н.Н. и др. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии. - М: Медицина.
5. Конспект лекций.



## Занятие 6

**1. ТЕМА:** Исследование химических свойств альдегидов и кетонов. Биологически важные карбонильные соединения. Реакции нуклеофильного присоединения (A<sub>N</sub>).

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Альдегидный и кетонный карбонилы содержатся в многочисленных биологически важных соединениях растительного и животного происхождения (витамины, гормоны, кортикостероиды, сердечные гликозиды, углеводы и др.). Высокая реакционная способность оксосоединений широко используется в тонком органическом синтезе для получения эффективных фармацевтических препаратов. Знание особенностей электронного строения и химии альдегидов и кетонов является основой для осмысленного понимания и усвоения биохимических процессов, вопросов фармакокинетики, прогнозирования совместимости лекарственных средств.

**3. ЦЕЛЬ:** Сформировать знания об основных химических превращениях оксосоединений, имеющих важное значение в биологических системах, и умение проводить качественные реакции на отдельные представители альдегидов и кетонов.

**4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Номенклатура альдегидов и кетонов.
2. Строение и химическая активность оксогруппы в альдегидах и кетонах.
3. Реакции окисления.
4. Реакции нуклеофильного присоединения (A<sub>N</sub>). Механизм A<sub>N</sub>.
5. Реакции альдольной конденсации.
6. Реакции диспропорционирования.
7. Реакции присоединения-отщепления с аминок компонентами.
8. Галоформное расщепление.

### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЗАНЯТИИ

Протокол № 6

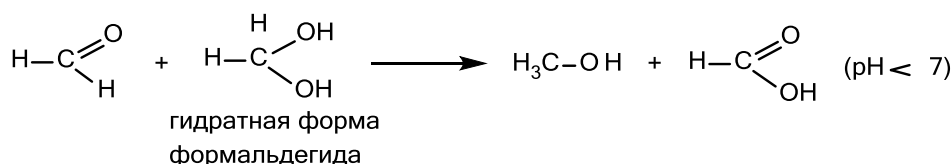
Дата \_\_\_\_\_

#### Опыт №1

**Диспропорционирование формальдегида в водных растворах.**

Поместите в пробирку 2–3 капли 40% раствора формальдегида. Добавьте 1 каплю 0,2% раствора индикатора метилового красного. Покраснение раствора указывает на кислую реакцию среды.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

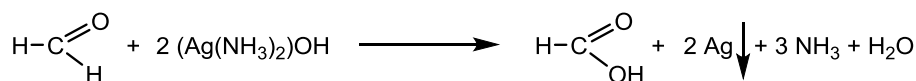
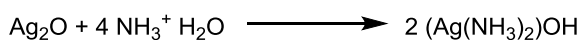
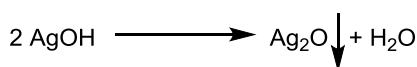
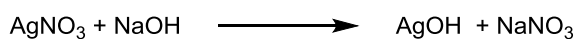
## Опыт № 2

### Отношение формальдегида и ацетона к окислению щелочными растворами оксидов тяжелых металлов.

#### 1. Окисление гидроксидом серебра.

Возьмите две пробирки и в каждую поместите по 1 капле 5% раствора нитрата серебра  $\text{AgNO}_3$  и 10% раствора гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ . К полученному бурому осадку добавьте по каплям 10% водный раствор аммиака до полного растворения осадка. Затем в первую пробирку прибавьте 2 капли 40% раствора формальдегида, а во вторую – 2 капли ацетона. В первой пробирке образуется осадок черного цвета, который при осторожном нагревании может выделиться на стенках пробирки в виде блестящего зеркального налета. Во второй пробирке образования осадка не наблюдается.

#### Химизм:



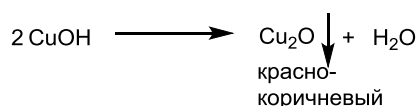
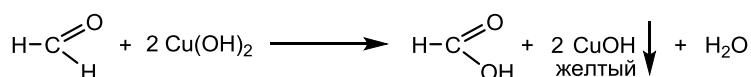
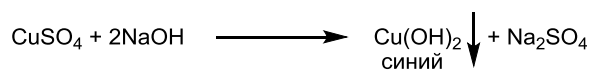
#### Наблюдения:

#### Выводы:

#### 2. Окисление гидроксидом меди(II).

Поместите в пробирку по 5 капель 10% раствора гидроксида натрия и воды, добавьте 1 каплю 2% раствора сульфата меди (II)  $\text{CuSO}_4$ . К выпавшему осадку гидроксида меди (II) прибавьте 3 капли 40% раствора формальдегида. Пробирку осторожно нагрейте до кипения. В пробирке осадок приобретает сначала желтый цвет, затем – красный и, если пробирка чистая, на ее стенках может выделиться металлическая медь ("медное зеркало").

#### Химизм:



#### Наблюдения:

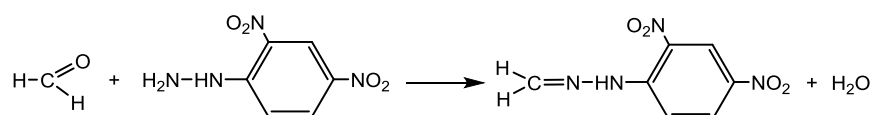
**Выводы:**

### Опыт № 3

#### **Образование 2,4-динитрофенилгидразона формальдегида.**

В пробирку поместите 5 капель раствора 2,4-динитрофенилгидразина. Добавьте 1–2 капли 40% раствора формальдегида до появления желтого осадка.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

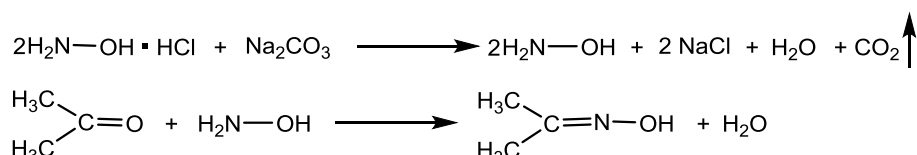
**Выводы:**

### Опыт № 4

#### **Получение оксима ацетона.**

В пробирку поместите 1 лопаточку гидрохлорида гидроксиламина  $\text{H}_2\text{NOH}\cdot\text{HCl}$ , 1 лопаточку кристаллического карбоната натрия и растворите в 10–25 каплях воды. После выделения основной массы диоксида углерода охладите пробирку и добавьте при хорошем перемешивании 15 капель ацетона. Смесь разогревается, и выпадают белые кристаллы.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

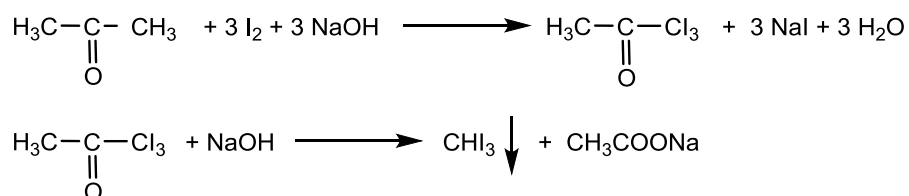
**Выводы:**

### Опыт № 5

#### **Открытие ацетона переводом его в йодоформ.**

В пробирку поместите 1 каплю раствора йода в йодиде калия и прибавьте почти до обесцвечивания по каплям 10% раствор гидроксида натрия. К обесцвеченному раствору добавьте 1 каплю ацетона. При слабом нагревании (от тепла рук) выпадает желтовато-белый осадок с характерным запахом йодоформа. Эта реакция используется в клинических лабораториях и имеет практическое значение для диагностики сахарного диабета.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

#### 4.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.

1. Опишите механизм превращения уксусного альдегида в диметилацеталь при взаимодействии с метанолом. Какова роль кислого катализатора? Вступает ли полученный ацеталь в реакции гидролиза.
2. Предложите реактивы, которые могут быть использованы для дифференциации уксусного альдегида, ацетона и диэтилкетона. Напишите уравнение соответствующих реакций.

#### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 119-132
2. Ю.І. Губський. Біоорганічна хімія. – Вінниця: «Нова книга», 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биорганическая химия. – М.: Медицина, 1985.
4. Артемьев Н.Н., Белобородов В.Л. и др. Руководство к лабораторным занятиям по органической химии. – М.: Медицина, 1985.
5. Конспект лекций.

## Занятие 7

**1. ТЕМА: Структура, свойства и биологическое значение карбоновых кислот. Гетерофункциональные производные карбоновых кислот (гидрокси-, оксо-, фенолоксикислоты).**

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Высокая реакционная способность карбоновых кислот и их функциональных производных широко используется в органическом синтезе и фармацевтической промышленности. Карбоновые кислоты играют исключительную важную роль в обменных процессах растительных и животных организмов. Будучи промежуточными соединениями в ходе окисления углеводов, жиров, белков, они участвуют в биосинтезе аминокислот, стероидов, алкалоидов, сапонинов и т.д. Также крайне высокое биологическое значение имеют гетерофункциональные производные карбоновых кислот. Так, аминокислоты, окси-, и оксокислоты являются структурными компонентами чрезвычайно важных для жизнедеятельности живых биологических систем (белки, нуклеиновые кислоты, липиды и т.д.). К тому же, многие гетерофункциональные органические соединения и их производные применяются в медицинской практике как лекарственные препараты (ацетилхолина хлорид, димедрол, эфедрин, лактат кальция)

**3. ЦЕЛЬ:** Сформировать знания закономерностей и особенностей химического поведения карбоновых кислот, их функциональных и гетерофункциональных производных.

### **4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Классификация и номенклатура карбоновых кислот.
2. Способы получения.
3. Электронное строение карбоксильной группы и карбоксилат-аниона.
4. Функциональный анализ COOH-группы.
5. Механизм реакции нуклеофильного замещения ( $S_N$ ) в ряду карбоновых кислот и их производных.
6. Реакции декарбоксилирования.
7. Реакция галогенирования кислот.
8. Номенклатура и изомерия (структурная, стереоизомерия) гетерофункциональных карбоновых кислот.
9. Специфические свойства гетерофункциональных кислот (отношение  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -окси- и аминокислот к нагреванию).
10. Химические свойства гетерофункциональных кислот и их производных.
11. Получение и химические свойства биогенных аминов
12. Таутомерия оксокислот.

#### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЗАНЯТИИ

*Протокол № 7*

Дата \_\_\_\_\_

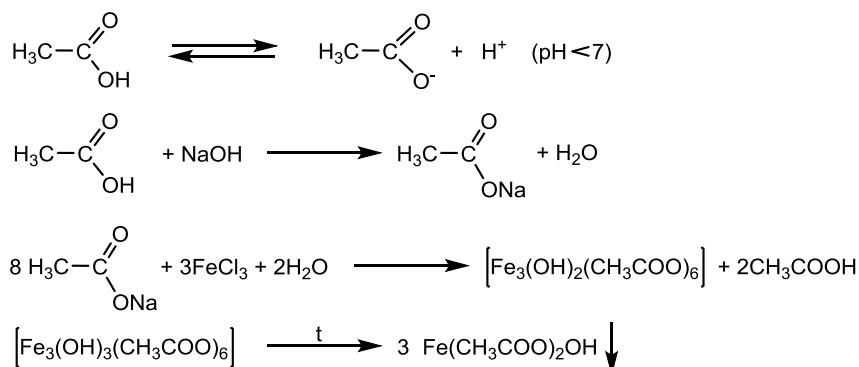
#### **Опыт №1**

##### **Открытие уксусной кислоты.**

В пробирку поместите по 3 капли уксусной кислоты и воды. Испытайте реакцию раствора на лакмус. К раствору прибавьте 2–3 капли 10% раствора гидроксида натрия до

полной нейтрализации уксусной кислоты. После этого добавьте 2–3 капли 1% раствора хлорида железа (III) FeCl<sub>3</sub>. Появляется желто-красное окрашивание ацетата железа (III). Подогрейте раствор до кипения. выделяется красно-бурый осадок нерастворимого в воде гидроксида диацетата железа. Раствор над осадком становится бесцветным.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

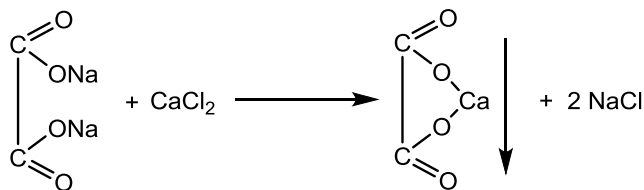
**Выводы:**

### Опыт № 2

#### **Открытие щавелевой кислоты в виде кальциевой соли.**

В пробирку поместите лопаточку натриевой соли щавелевой кислоты и прибавьте 4–5 капель воды до полного растворения. Пипеткой возьмите 1 каплю раствора и нанесите на предметное стекло. Добавьте к ней 1 каплю раствора хлорида кальция. Происходит образование кристаллического осадка. С кристаллами оксалата кальция можно встретиться при клиническом исследовании мочи. Они имеют форму почтовых конвертов и хорошо видны под микроскопом.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

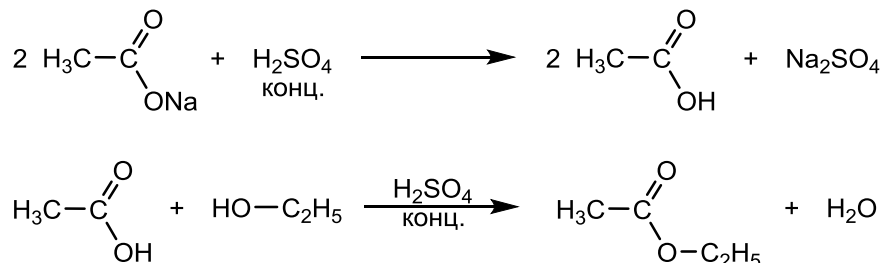
**Выводы:**

### Опыт № 3

#### Получение этилацетата.

В сухую пробирку поместите порошок безводного ацетата натрия (высотой около 2 мм) и 3 капли этилового спирта. Добавьте 2 капли концентрированной серной кислоты (*добавление проводить в вытяжном шкафу!*) и осторожно нагрейте над пламенем горелки (*осторожно! раствор может выплеснуться!*). Через несколько секунд появляется приятный запах этилацетата. Реакция используется для открытия этилового спирта.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

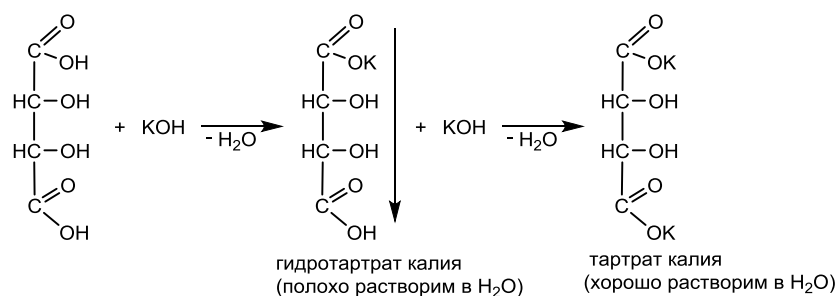
**Выводы:**

### Опыт №4

#### Доказательство наличия двух карбоксильных групп в винной кислоте.

В пробирку поместите 1 каплю 15% раствора винной кислоты, 2 капли 5% раствора гидроксида калия и встряхните. Постепенно начинает выделяться белый кристаллический осадок малорастворимой в воде кислой калиевой соли винной кислоты (гидротартрат калия). Если осадок не выпадает, охладите пробирку под струей воды и потрите внутреннюю стенку пробирки стеклянной палочкой. Добавьте в пробирку еще 4–5 капель раствора гидроксида калия. Кристаллический осадок постепенно растворяется, так как образуется хорошо растворимая в воде средняя калиевая соль винной кислоты (тартрат калия). Раствор тартрата калия сохраните для следующего опыта.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

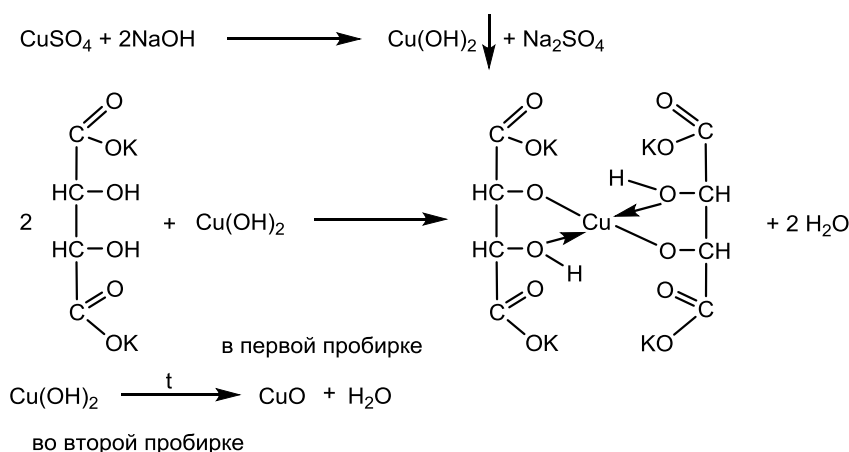
**Выводы:**

### Опыт № 5

#### Доказательство наличия гидроксильных групп в винной кислоте.

В две пробирки поместите по 2 капли 2% раствора сульфата меди (II)  $\text{CuSO}_4$  и 10% раствора гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ . Выпадает голубой осадок гидроксида меди (II)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . В первую пробирку добавьте раствор тартрата калия, полученный в предыдущем опыте. Осадок гидроксида меди (II) растворяется с образованием синего раствора. Жидкости в обеих пробирках нагрейте до кипения. В первой пробирке цвет жидкости не изменяется, во второй – голубой осадок гидроксида меди (II) превращается в оксид меди (II) черного цвета. Образовавшийся в первой пробирке синий раствор носит название реактива Фелинга и применяется для обнаружения глюкозы в моче.

#### Химизм:



#### Наблюдения:

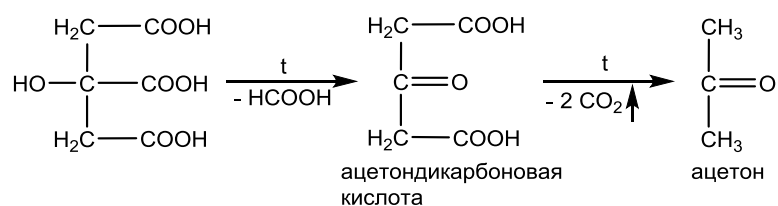
#### Выводы:

### Опыт № 6

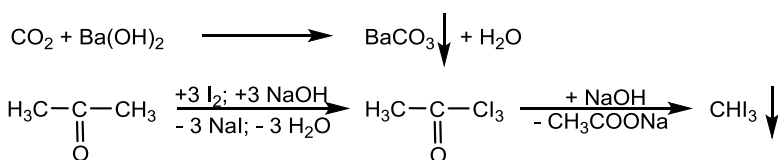
#### Разложение лимонной кислоты.

В сухую пробирку, снабженную газоотводной трубкой, поместите лопаточку лимонной кислоты и 10 капель концентрированной серной кислоты, нагрейте. Конец газоотводной трубки опустите в первую пробирку с 5 каплями раствора гидроксида бария. После того, как раствор помутнеет, перенесите газоотводную трубку во вторую пробирку, содержащую 2 капли раствора йода в йодиде калия, предварительно обесцвеченного добавлением нескольких капель 10% раствора гидроксида натрия. Во второй пробирке выпадает бледно-желтый осадок йодоформа.

#### Химизм:







**Наблюдения:**

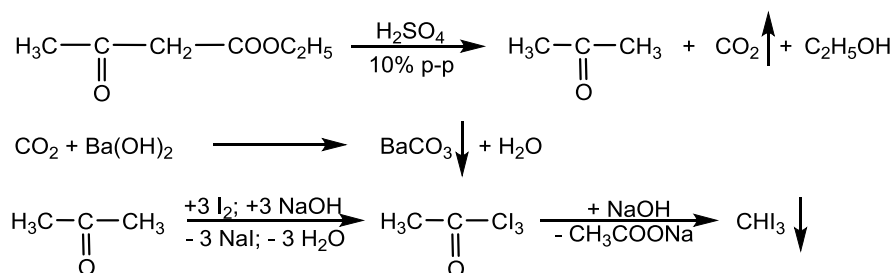
**Выводы:**

### Опыт № 7

#### Кетонное расщепление ацетоуксусного эфира.

В пробирку с газоотводной трубкой поместите 5 капель ацетоуксусного эфира и 5 капель 10% раствора серной кислоты, нагрейте. Конiec газоотводной трубки опустите в первую пробирку с 5 каплями раствора гидроксида бария, после того как раствор помутнеет, перенесите газоотводную трубку во вторую пробирку, содержащую 2 капли раствора йода в йодиде калия, предварительно обесцвеченного добавлением нескольких капель 10% раствора гидроксида натрия. Во второй пробирке выпадает бледно-желтый осадок йодоформа.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

#### 4.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.

1. Синтезируйте этиловый эфир уксусной кислоты, используя в качестве исходного соединения малоновую кислоту. С полученным этилацетатом осуществите реакции гидролиза и аммонолиза.
2. Изобразите структуры  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -аминогексановой кислоты. Нарисуйте продукты которые образуются в результате нагревания данных соединений
3. Применяемая в медицине молочная кислота выпускается промышленностью в виде 4% водного раствора. Почему нецелесообразно дальнейшее сгущение растворов путем упаривания при нагревании?
4. Напишите формулы всех возможных продуктов, образующихся при нагревании смеси  $\alpha$ -аминопропионовой и  $\alpha$ -аминоуксусной кислот.
5. Один из стереоизомеров 2-амино-3-метилпентановой кислоты входит в состав белков. Напишите формулы всех возможных стереоизомеров данной кислоты и назовите их.

#### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 135-161
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія.–Вінниця: Нова Книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. – М.: Медицина, 1991.
4. Конспект лекцій
5. Артемьева Н.Н., Белобородов В.Л. и др. Руководство по биоорганической химии. – М.: Медицина, 1985.

## Занятие 8

**1. ТЕМА:** Полифункциональные производные алифатических и ароматических соединений.

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Полифункциональные производные алифатических и ароматических соединений интересны прежде всего тем, что именно к данному классу соединений относятся многие лекарственные препараты. Так широко распространенные лекарственные препараты парацетамол (жаропонижающее средство), ацетилсалициловая кислота (антиагрегантное средство), новокаин (местный анестетик), стрептоцид (антибактериальное средство) относятся именно к полифункциональным ароматическим соединениям. Также изучение особенностей реакционной способности соединений с несколькими функциональными группами позволит студентам более глубоко понимать свойства органических веществ.

**3. ЦЕЛЬ:** Сформировать знания по реакционной способности полифункциональных органических веществ с учетом взаимного влияния amino-, гидроксо-, оксо-, карбокси- та сульфо-групп и выработать умение выполнять и интерпретировать их качественные реакции.

**4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Структура, физико-химические свойства и биологическое значение аминокспиртов.
2. Производные *n*-аминофенола. Структура, химические свойства и применение в медицине.
3. Производные салициловой кислоты, особенности строения и применение в медицине.
4. Производные *n*-аминобензойной кислоты, их строение и биологическое значение.
5. Особенности строения, физико-химические свойства и применение в медицине производных амида сульфаниловой кислоты.
6. Методы идентификации полифункциональных производных алифатических и ароматических соединений.

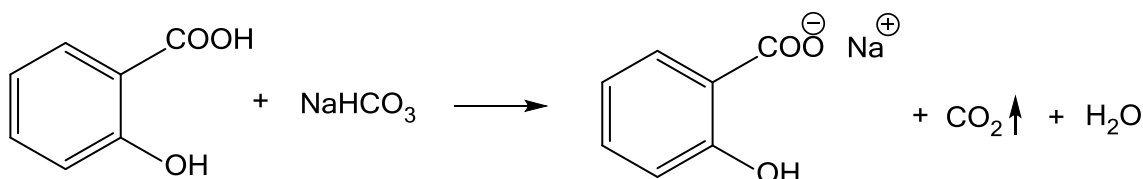
### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЗАНЯТИИ

*Протокол № 8*

Дата \_\_\_\_\_

#### Опыт №1

В две пробирки наливают по 1 мл. 5% водного раствора натрия гидрокарбоната. В одну пробирку на кончике шпателя добавляют салициловую кислоту, а в другую такое же количество β-нафтола. Содержимое пробирок встряхивают, в одной из пробирок наблюдается выделение газа (в какой?).

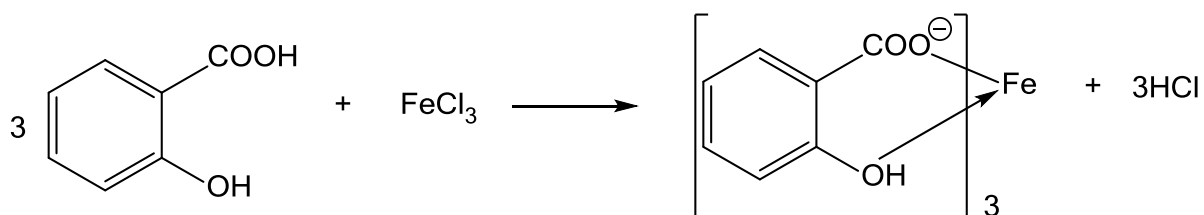


**Наблюдения:**

**Выводы:**

**Опыт №2**

В пробирке в 1 мл. воды растворяют несколько кристаллов салициловой кислоты и добавляют 1 каплю 1% раствора железа (III) хлорида. Наблюдают появление окраски.



**Наблюдения:**

**Выводы:**

**4.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.**

1. Напишите структуры салициловой кислоты, ацетилсалициловой кислоты и фенолсалицилата. Предложите реакции, с помощью которых можно идентифицировать данные вещества.
2. Напишите структуры новокаина, бензокаина (анестезина) и сульфаниламида (стрептоцида). С помощью какой реакции идентификации можно обнаружить данные вещества.
3. Рассмотрите структуры бензокаина, новокаина, сульфаниламида и сульфацил-натрия. Охарактеризуйте растворимость данных соединений в воде. Объясните различие в растворимости соединений, принадлежащих к одной группе лекарственных веществ.

**ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ**

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 163-195
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005. – 153-171.

3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И., Биоорганическая химия. – М.: Медицина, 1991.- с.230-263.
4. Атремьева Н.Н., Белобородов В.Л. и др. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии. – М.: Медицина, 1985.
5. Конспект лекций

## Занятие 9

### 1. ТЕМА: Омыляемые липиды (жиры, фосфолипиды, воска)

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Липиды относятся к одному из наиболее важных классов биологически значимых низкомолекулярных веществ. Данные вещества участвуют в формировании и функционировании мембран, являются одним из основных источников энергии в организме. Отдельные классы липидов проявляют выраженную биологическую активность и могут быть использованы в качестве лекарственных препаратов.

**3. ЦЕЛЬ:** Сформировать знания о строении, химических свойствах и биологической роли основных представителей омыляемых липидов.

### 4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Определение и классификация липидов.
2. Особенности строения, физико-химические свойства и биологическое значение высших карбоновых кислот.
3. Особенности строения, классификация и распространение в природе омыляемых липидов.
4. Жиры, их строение, физико-химические и биологические свойства.
5. Взаимосвязь строения жиров с их агрегатным состоянием.
6. Характеристики жиров. Число омыления, кислотное число, эфирное число, йодное число.
7. Гидролиз жиров. Мыла.
8. Особенности строения, физико-химические свойства и биологическая роль фосфолипидов.
9. Воска и твины, особенности строения, физико-химические свойства, применение в медицине.

#### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЗАНЯТИИ

*Протокол № 9*

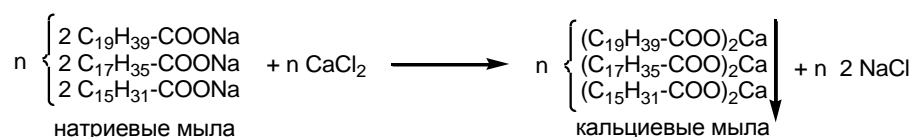
Дата \_\_\_\_\_

#### Опыт № 1

**Образование нерастворимых кальциевых солей высших жирных кислот.**

В пробирку поместите 5 капель раствора мыла и добавьте 1 каплю раствора хлорида кальция  $\text{CaCl}_2$ . Взболтайте содержимое пробирки. Появляется белый осадок.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

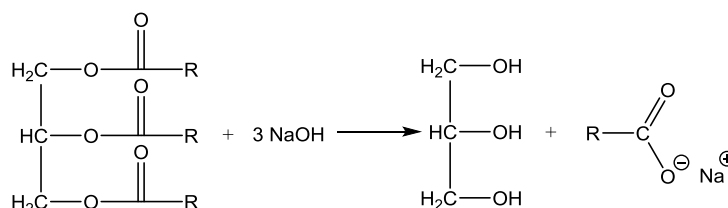
**Выводы:**

### Опыт № 2

#### **Омыление жиров водно-спиртовыми растворами щелочей.**

В пробирку помещают 1 мл касторового масла, 1 мл спирта этилового и 1 мл 35% раствора натрия гидроксида. Смесь тщательно перемешивают и нагревают на водяной бане до начала кипения. Масса быстро становится однородной, а затем через 3-5 мин омыление полностью завершается.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

### 4.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.

1. Напишите реакции кислотного и щелочного гидролиза триолеилглицерина и 2-олеил-1,3-дистераилглицерина.
2. Напишите реакцию полной гидрогенизации глицерин трилинолеата.
3. Укажите какие продукты образуются при гидролизе кефалинов.

### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 350-359
2. Ю.І.Губський. Біоорганічна хімія.-Нова книга 2007.
3. Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков. Биоорганическая химия .-М. Медицина, 1991.
4. Конспект лекций.

## Занятие 10

**1. ТЕМА: Неомыляемые липиды: простагландины, терпены, стероиды. Строение, номенклатура, химические свойства.**

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Неомыляемые липиды довольно разрозненный по химической структуре класс веществ, многие из которых обладают выраженной биологической активностью. Так, простагландины являются биорегуляторами которые в частности влияют на тонус гладкой мускулатуры сосудов, бронхов, матки и ЖКТ. Также данный класс соединений оказывает влияние на интенсивность липолиза и секрецию слизи желудка. Стероиды также характеризуются высокой биологической активностью учитывая тот факт, что именно к данному классу веществ принадлежат половые гормоны, гормоны, регулирующие водно-солевой и углеводный обмен, сердечные гликозиды. Терпены зачастую находят применение в качестве препаратов для лечения разнообразных заболеваний включая онкопатологию.

**3. ЦЕЛЬ:** Сформировать у студента основные понятия о структуре и химических свойствах основных классов неомыляемых липидов. Дать представления о роли неомыляемых липидов в живых системах.

**4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Классификация неомыляемых липидов.
2. Особенности строения, физико-химические и биологические свойства терпенов.
3. Классификация терпенов. Применение терпенов в медицине.
4. Особенности строения, физико-химические и биологические свойства простагландинов.
5. Особенности строения, физико-химические и биологические свойства стероидов.
6. Структурные особенности стероидных гормонов.

### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЗАНЯТИИ

*Протокол № 10*

Дата \_\_\_\_\_

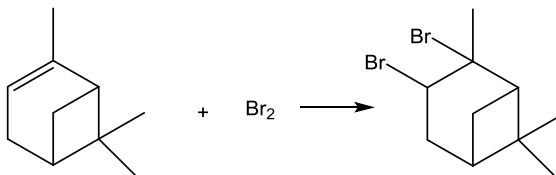
#### Опыт №1.

**Доказательство неопределенности терпенов.**

В пробирку помещают 5 капель бромной воды и 5-10 капель скипидара.

Содержимое пробирки встряхивают

**Химизм:**



Наблюдения:



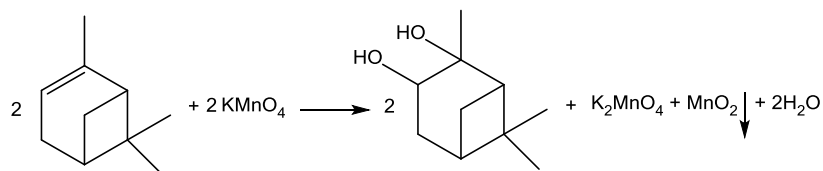
Выводы:

### Опыт №2.

#### Легкая окисляемость терпенов.

В пробирке смешивают 1 каплю 1%-ного раствора калия перманганата, 3 мл воды и 3-5 капель скипидара. Смесь энергично встряхивают.

**Химизм:**



Наблюдения:

Выводы:

### 4.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.

1. Напишите структуру следующих простагландинов: простаглицлин, простаглицдин E<sub>1</sub>, простаглицдин E<sub>2</sub>. Какие функциональные группы входят в структуру данных веществ. Как лекарственные препараты на основе простаглицдинов применяются в медицинской практике.
2. Укажите на принципиальные отличия структуры эстрогенов от других гормонов стероидной природы.
3. Охарактеризуйте строение сердечных гликозидов.
4. Напишите структуры следующих терпенов: ментол, тимол, камфора. К какому классу соединений относятся данные вещества. Какие реакции идентификации вы можете предложить для перечисленных веществ.
5. Дитерпены с противоопухолевым действием. Особенности строения применение в медицине.

### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 361-378
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія.-Вінниця: Нова Книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И., Биорганическая химия. - М.:-Медицина, 1991.
4. Конспект лекций

## Занятие №11

**1. ТЕМА: Контроль содержательного модуля II: «Гетерофункциональные органические соединения – метаболиты и родоначальники важнейших групп лекарственных препаратов. Карбонильные соединения. Карбоновые кислоты и их функциональные производные.»**

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Гетерофункциональные органические соединения участвуют в различного рода тканевых, цитозольных и генетических процессах, оказывая выраженное влияние на жизненно важные функции организмов. Многие из соединений данного класса являются сильными биорегуляторами физиологических процессов и важными лекарственными препаратами. Липиды являются необходимыми структурными компонентами клеточных мембран.

**3. ЦЕЛЬ:** Закрепить знания о структуре и химических свойствах основных гетерофункциональных органических соединений с учетом взаимного влияния характеристических групп как основу биохимических процессов.

**4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

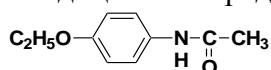
1. Карбонилсодержащие соединения. Химические свойства и биологическое значение альдегидов и кетонов.
2. Механизмы реакций нуклеофильного присоединения и нуклеофильного присоединения ( $A_N$ ) с последующим отщеплением ( $A_NE$ ). Особенности взаимодействия альдегидов и кетонов с спиртами, окислителями, восстановителями, первичными и вторичными аминами.
3. Методы идентификации альдегидов и кетонов. Реакции с реактивами Толленса, Фелинга (Троммера, Бенедикта). Йодоформная проба.
4. Карбоновые кислоты, их строение и классификация.
5. Основные методы получения карбоновых кислот.
6. Электронное строение карбоксильной группы. Кислые свойства карбоновых кислот.
7. Реакции нуклеофильного замещения как основной тип превращений карбоновых кислот. Реакции этерификации и кислотного и щелочного гидролиза
8. Производные карбоновых кислот. Особенности строения и химических свойств сложных эфиров, амидов, ангидридов, галоген ангидридов и амидов карбоновых кислот. Реакции ацилирования и ацилирующие агенты.
9. Гетерофункциональные производные карбоновых кислот.
10. Особенности строения, основные методы получения, физико-химические свойства галогенпроизводных карбоновых кислот.
11. Особенности строения, основные методы получения, физико-химические свойства гидроксипроизводных карбоновых кислот.
12. Особенности строения, основные методы получения, физико-химические свойства оксопроизводных карбоновых кислот.
13. Особенности строения, основные методы получения, физико-химические свойства аминопроизводных карбоновых кислот.
14. Полифункциональные производные алифатических и ароматических соединений.
15. Химическое строение и применение в медицинской практике производных *n*-аминофенола, салициловой кислоты, сульфаниламида.
16. Реакции идентификации карбоксильной группы, первичной алифатической и

ароматической аминогруппы, сложноэфирного фрагмента, ковалентно связанных галогенов, фенольного гидроксила.

17. Высшие карбоновые кислоты, особенности строения и представители.
18. Липиды, их классификация.
19. Особенности строения, физико-химические свойства и биологическое значение жиров.
20. Гидролиз жиров. Мыла.
21. Фосфолипиды, особенности их строения и роль в организме человека.
22. Воска.
23. Особенности строения, физико-химические свойства и биологическое значение простагландинов.
24. Особенности строения, физико-химические свойства и биологическое значение терпенов.
25. Особенности строения, физико-химические свойства и биологическое значение стероидов
26. Стероидные гормоны как важнейший класс биорегуляторов.

#### 4.2. БЛОК ТЕСТОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ К ИТОГОВОМУ ЗАНЯТИЮ

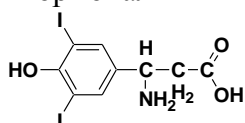
1. Фенацетин – жаропонижающее медицинское средство:



К какому классу органических соединений его следует отнести?

- A. Амин
- B. Амид
- C. Альдегид
- D. Сложный эфир
- E. Кетон

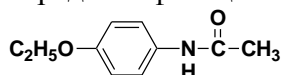
2. Бетазин – синтетический гормональный препарат:



Укажите старшую функциональную группу в его молекуле:

- A. –I
- B. –OH
- C. –NH<sub>2</sub>
- D. –COOH
- E. Ароматическое ядро

3. Выберите два продукта для синтеза жаропонижающего средства фенацетина:

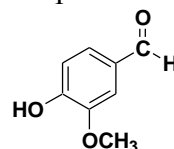


- A. п-Фенетидин + (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O
- B. Анилин + (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O
- C. п-Фенетидин + C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH

- D. п-Толуидин + (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O

- E. Фенол + CH<sub>3</sub>COOH

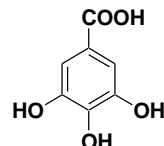
4. Ванилин – вещество с сильным запахом ванили, содержится в ванильных стручках, имеет строение:



Укажите продукт взаимодействия ванилина с H<sub>2</sub>N–NH<sub>2</sub>:

- A. Реакция не идет
- B. Гидразинованилин
- C. Гидразон ванилина
- D. Гидразид ванилина
- E. Оксим ванилина

5. Галловая кислота (3,4,5-тригидроксибензойная) лежит в основе антисептика – дерматола:

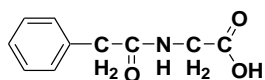


Укажите к какому классу органических соединений она относится:

- A. Фенол
- B. Карбоновая кислота
- C. Фенолокислота
- D. Спиртокислота

Е. Кетокислота

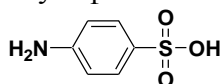
6. Фенацетуровая кислота – вещество, выделенное из мочи животных:



Укажите реагент взаимодействующий с фенацетуровой кислотой по COOH-группе:

- A.  $C_2H_5Cl$  ( $AlCl_3$ )  
B.  $HCl$   
C.  $Br_2$   
D.  $C_2H_5OH$  ( $H^+$ )  
E.  $CH_3-O-CH_3$

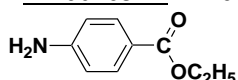
7. Сульфаниловая кислота – основа сульфанил-амидных препаратов:



Укажите реагент, который будет взаимодействовать только с сульфогруппой кислоты:

- A.  $CH_3COCl$   
B.  $SOCl_2$   
C.  $Br_2$   
D.  $NaOH$   
E.  $HCl$

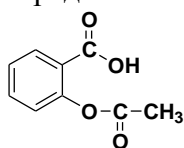
8. Анестезин – местный анестетик:



Укажите реагент, с помощью которого можно качественно доказать наличие ароматической аминогруппы в его молекуле:

- A.  $AgNO_3$   
B.  $NaNO_2$  ( $HCl$ )  
C.  $HNO_3$  ( $H_2SO_4$ )  
D.  $NaHCO_3$   
E.  $Cu(OH)_2$

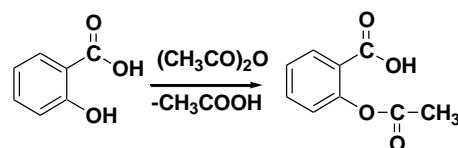
9. Аспирин – ацетилсалициловая кислота, жаропонижающее средство:



Укажите реагент, используемый для синтеза аспирина из салициловой кислоты:

- A.  $C_2H_5OH$   
B.  $H_3C-COOH$   
C.  $H_3C-COOC_2H_5$   
D.  $CH_3C(O)NH_2$   
E.  $(CH_3CO)_2O$

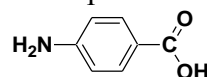
10. Аспирин в промышленности получают, главным образом, ацелированием салициловой кислоты:



Укажите реагент, с помощью которого можно подтвердить наличие или отсутствие салициловой кислоты как примеси:

- A.  $Br_2$   
B.  $NaOH$   
C.  $FeCl_3$   
D.  $Cu(OH)_2$   
E.  $Ag(NH_3)_2OH$

11. ПАБК – п-аминобензойная кислота, входит в состав фолиевой кислоты, производные ПАБК используются как лекарственные препараты:

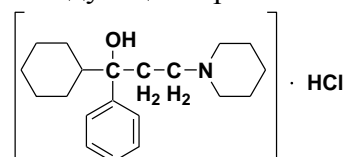


Укажите реагент, с помощью которого можно получить ее гидразид:

- A.  $H_2N-NH_2$   
B.  $H_2N-NH-C_6H_5$   
C.  $H_2N-C_6H_5$   
D.  $H_2N-OH$

- E.  $H_2N-NH-C(=O)-NH_2$

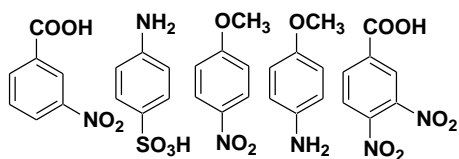
12. Циклодол – активный холинолитик, имеющих следующее строение:



Укажите количество асимметрических атомов углерода в его молекуле:

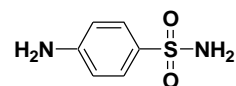
- A. 0
- B. 1
- C. 2
- D. 3
- E. 4

13. Из приведенных ниже гетерофункциональных производных бензольного ряда укажите соединение, наиболее реакционно способное в реакциях S<sub>E</sub>



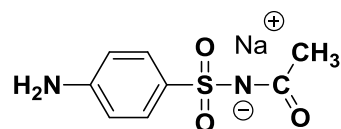
- 1      2      3      4      5
- A. 1
  - B. 2
  - C. 3
  - D. 4
  - E. 5

14. Определите, к какому классу органических соединений относится стрептоцид:



- A. Ароматический амин
- B. Карбоциклический амин
- C. Ароматическая кислота
- D. Ароматическая сульфокислота
- E. Амид ароматической сульфокислоты

15. Укажите функциональную группу, которая отсутствует в молекуле альбумида:



- A. Алифатическая аминогруппа
- B. Ароматическая аминогруппа
- C. Ароматическое ядро
- D. Ацетильная группа
- E. Амидная группа

#### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009.
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія.–Вінниця: Нова Книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И., Биоорганическая химия. - М.: -Медицина, 1991.
4. Конспект лекций

## Занятие 12

### 1. ТЕМА: Протеиногенные аминокислоты и их свойства.

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Природными белками, состоящим из  $\alpha$ -аминокислот, присуще выполнение множества разнообразных функций, характерных для живых организмов: каталитическая функция – универсальная, несвойственная другим полимерным молекулам, питательная (резервная), транспортная, защитная, сократительная, структурная, гормональная и др. Аминокислоты самостоятельно используются как эффективные лекарственные средства (метионин, сарколизин, аминалон и др). Знания особенностей строения и химии  $\alpha$ -аминокислот и пептидов необходимы для успешного усвоения функции белков на молекулярном уровне.

**3. ЦЕЛЬ:** Сформировать знания о строении и свойствах важнейших  $\alpha$ -аминокислот и пептидов, а также химических превращений этих соединений *in vivo* и *in vitro*.

### 4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Номенклатура и классификация протеиногенных аминокислот.
2. Способы получения.
3. Амфотерные свойства  $\alpha$ -аминокислот.
4. Модификация карбоксильной группы  $\alpha$ -аминокислот.
5. Модификация аминогруппы  $\alpha$ -аминокислот.
6. Электрофорез аминокислот.

#### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЗАНЯТИИ.

*Протокол № 12*

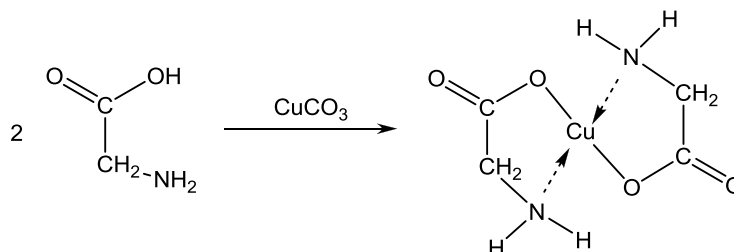
Дата \_\_\_\_\_

#### Опыт №1.

##### **Образование медной комплексной соли глицина.**

В пробирку помещают 1 мл 2 %-ного раствора глицина. Добавляют лопаточку сухого карбоната меди и нагревают. Смесь окрашивается в синий цвет благодаря образованию комплексного соединения.

**Химизм:**



**Наблюдение:**

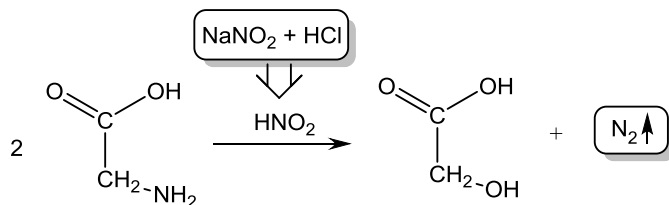
**Выводы:**

## Опыт №2.

### **Реакция глицина с азотистой кислотой.**

В пробирку помещают несколько кристаллов глицина. Добавляют 10 капель 10% раствора кислоты хлористоводородной и 10 капель 10% раствора натрия нитрита. Наблюдают выделение газа.

**Химизм:**

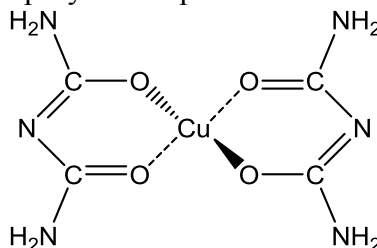


**Наблюдение:**

**Выводы:**

### 4.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.

1. При биуретовой реакции образуется окрашенное комплексное соединение



2. Объясните химическую сущность данной реакции на пептидную связь.
3. Напишите синтез дипептида аланин-валин (Ала-Вал) с использованием операций «активации» и «защиты». Укажите N- и C-концевые аминокислоты.
4. Какие продукты образуются при окислительном и неокислительном дезаминировании триптофана?
5. Какое соединение получится при действии азотистой кислоты на аланин?

### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 293-303
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія.– Вінниця: Нова Книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И., Биорганическая химия. - М.:-Медицина, 1991. Конспект лекций

## Занятие 13

**1. ТЕМА: Структурная организация, физико-химические свойства белков. Реакции осаждения белков. Выделение из природных объектов синтез и анализ.**

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Белки являются одним из наиболее важных биополимеров, которые выполняют самые разнообразные функции в организме. Так, белки являются одним из основных структурных элементов клетки. Также одной из основных функций белковых молекул является каталитическая функция, которая реализуется посредством ферментных систем. Белки являются важнейшим компонентом сигнальной системы клеток и системы иммунного ответа. С развитием технологии генной инженерии ранее труднодоступные белковые молекулы все чаще используются в качестве лекарственных препаратов. Использование рекомбинантного человеческого инсулина уже давно стало обыденностью, а инновационные препараты на основе гликопротеидов (моноклональные антитела) все чаще используются для коррекции самых разнообразных патологических состояний.

**3. ЦЕЛЬ:** Сформировать знания о строении, физико-химических свойствах и биологической роли белковых молекул, дать студентам знания о методах установления структуры белковых молекул. Сформировать основные представления о методах получения белковых молекул и их применения в качестве лекарственных средств.

### **4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Строение пептидов и природа пептидной связи.
2. Белки. Классификация белков.
3. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белков.
4. Денатурация белков. Осаждение белков.
5. Методы выделения белков из биологических объектов.
6. Установление структуры белков. Секвенирование белков.
7. Сложные белки (гликопротеиды, липопротеиды).
8. Белки как активные фармацевтические ингредиенты.

#### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЗАНЯТИИ.

*Протокол № 13*

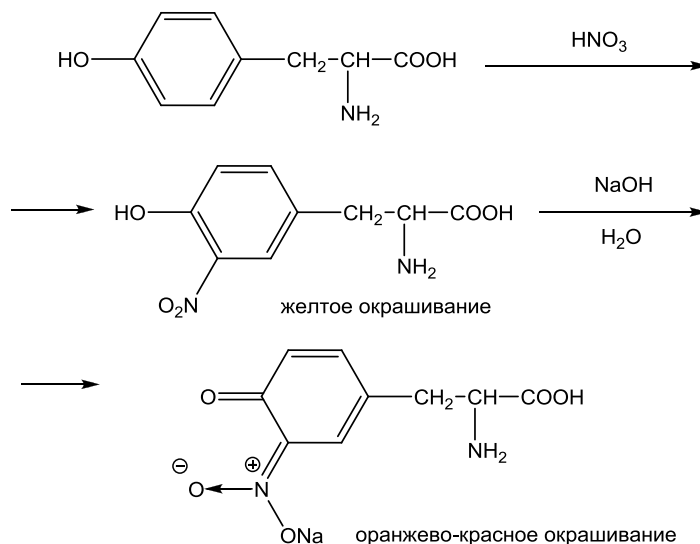
Дата \_\_\_\_\_

#### **Опыт 1**

**Осаждение белков концентрированными минеральными кислотами. Ксантопротеиновая реакция.**

В пробирку с 1 мл раствора яичного белка прибавляют 1 мл концентрированной азотной кислоты и перемешивают. Образуется белый хлопьевидный осадок, при нагревании переходящий в ярко-желтый. При добавлении 2-3 мл 10% раствора NaOH появляется оранжевое окрашивание.





**Наблюдение:**

**Выводы:**

### Опыт 2.

#### **Осаждение белков солями тяжелых металлов.**

В одну пробирку к 1 мл раствора яичного белка по каплям, при встряхивании, до выпадения осадка прибавляют насыщенный водный раствор меди (II) сульфата, а в другую, к такому же количеству белка, аналогичным способом прибавляют 20 %-ный водный раствор свинца (II) ацетата. В обеих пробирках происходит образование осадков.

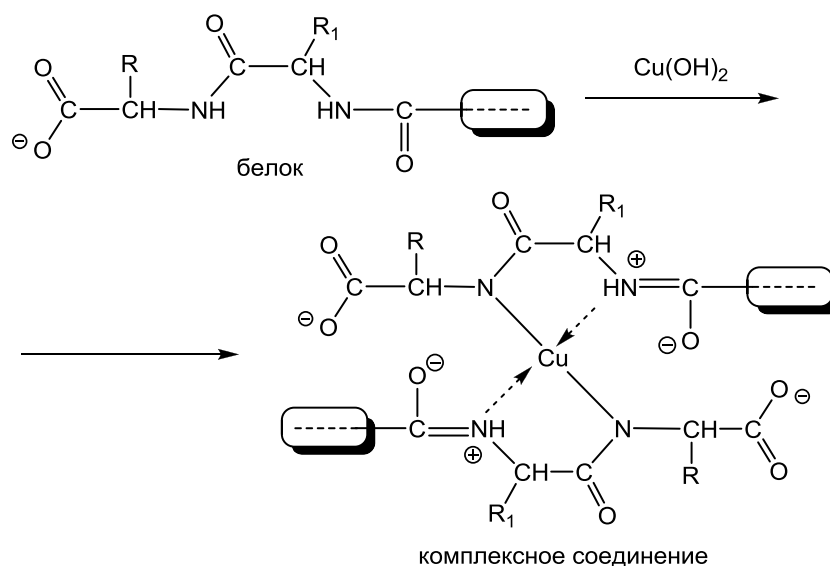
**Наблюдение:**

**Выводы:**

### Опыт 3.

#### **Биуретовая реакция на пептидную связь.**

В пробирку поместите 5-6 капель раствора яичного белка, добавьте равный объем 10% раствора NaOH и 1-2 капли раствора CuSO<sub>4</sub>. Наблюдается появление красно-фиолетовой окраски.



**Наблюдение:**

**Выводы:**

#### 4.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.

1. Рассмотрите структуру молекулы инсулина. Из каких фрагментов она состоит? Укажите количество дисульфидных мостиков в данной молекуле.
2. Напишите все возможные трипептиды состоящие из пролина, тирозина и валина.
3. Напишите серию превращений, происходящих при секвенировании трипептида Про-Гли-Ала при помощи реактива Эдмана.

#### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 307-325
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія.– Вінниця: Нова Книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И., Биоорганическая химия. - М.:-Медицина, 1991.
4. Конспект лекций

## Занятие 14

**1. ТЕМА: Углеводы. Строение, классификация и химические свойства моносахаридов.**

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Среди природных соединений важное место занимают углеводы. Они принимают участие в построении жизненно важных структур, служат материалом для биосинтеза соединений различных классов, им принадлежит важная роль в биоэнергетике клетки. Углеводы входят в состав физиологически активных гликозидов, нуклеиновых кислот, полисахаридов, гликолипидов и гликопротеидов. С ними связаны иммунохимические свойства тканей, специфические реакции организма на внешние химические раздражители. Глубокие знания в области структуры и химии углеводов необходимы для приобретения профессиональных навыков изучения соответствующих разделов биологической химии, фармакологии и других дисциплин.

**3. ЦЕЛЬ:** Сформировать знания принципов стереохимического строения, таутомерного равновесия, химических свойств моносахаридов и умения проводить качественные реакции обнаружения важнейших моносахаридов.

**4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Номенклатура и классификация углеводов.
2. Стереои́зомерия моносахаридов
3. Цикло-оксо-(кольчато-цепная) таутомерия моносахаридов.
4. Эпимеризация моносахаридов. Явление мутаротации.
5. Физико-химические методы исследования моносахаридов.
6. Химические свойства моносахаридов.
7. Реакции окисления и восстановления.
8. Биологическая роль моносахаридов.

### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЗАНЯТИИ

*Протокол № 14*

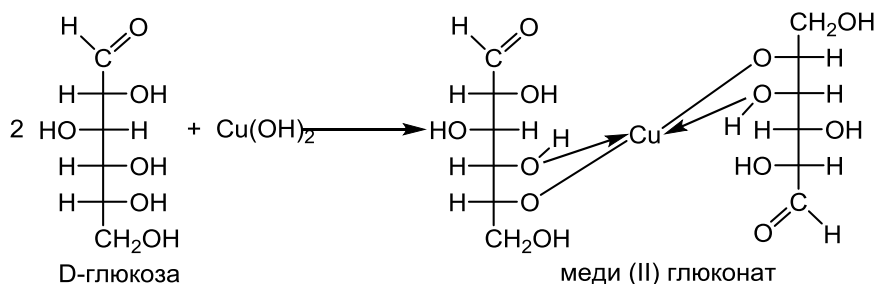
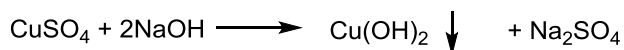
Дата \_\_\_\_\_

#### Опыт № 1

**Доказательство наличия гидроксильных групп в D-глюкозе.**

В пробирку поместите 1 каплю 0,5% раствора D-глюкозы и 6 капель 10% раствора NaOH. К полученной смеси добавьте 1 каплю 2% раствора сульфата меди (II)  $\text{CuSO}_4$ . Образующийся осадок гидроксида меди (II)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  быстро растворяется и получается прозрачный раствор синего цвета. Полученный раствор сохраните для следующего опыта.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

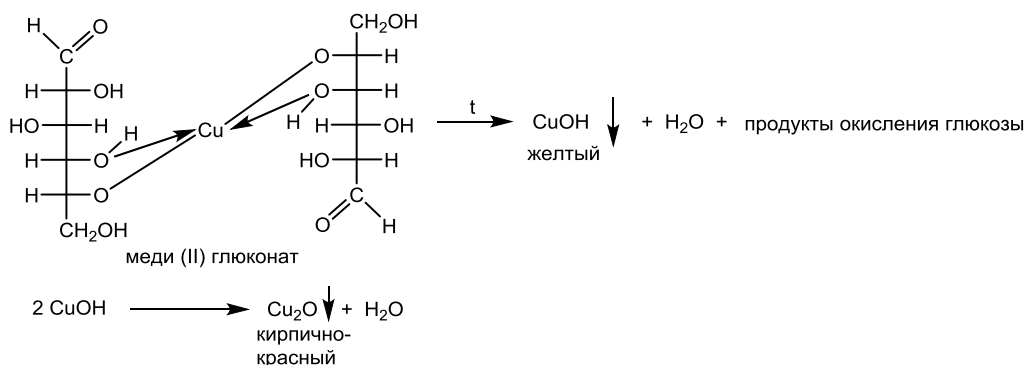
**Выводы:**

### Опыт № 2

**Восстановление гидроксида меди (II) глюкозой в щелочной среде (*проба Троммера*).**

К полученному в предыдущем опыте синему раствору добавьте несколько капель воды до высоты слоя жидкости в пробирке 15–20 мм. Нагрейте ее над пламенем горелки, держа пробирку наклонно так, чтобы нагревалась только верхняя часть раствора, а нижняя оставалась для контроля (без нагревания). Нагревать только до начала кипения, но не кипятить. При нагревании цвет верхней части раствора изменяется от синего до желто-красного. Эта реакция называется пробой Троммера и используется для открытия глюкозы в моче.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

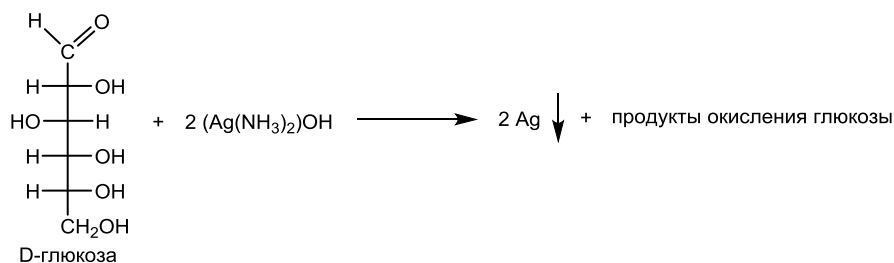
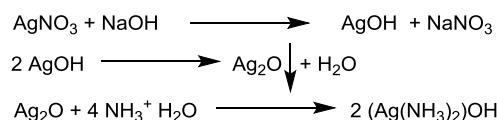
**Выводы:**

### Опыт № 3

#### **Восстановление аммиачного раствора гидроксида серебра глюкозой.**

В пробирку поместите 1 каплю 5% раствора нитрата серебра  $\text{AgNO}_3$ , прибавьте 2 капли 10% раствора гидроксида натрия  $\text{NaOH}$  и 3–4 капли 10% водного раствора аммиака до растворения образующегося осадка гидроксида серебра. Полученный прозрачный аммиачный раствор гидроксида серебра является реактивом, окисляющим глюкозу (реактив Толленса). Добавьте к полученному реактиву 1 каплю 0,5% раствора глюкозы и слегка подогрейте пробирку над пламенем горелки до начала побурения раствора. Далее реакция идет без нагревания и металлическое серебро выпадает либо в виде черного осадка, либо осаждается на стенках пробирки в виде зеркального налета.

#### **Химизм:**



#### **Наблюдения:**

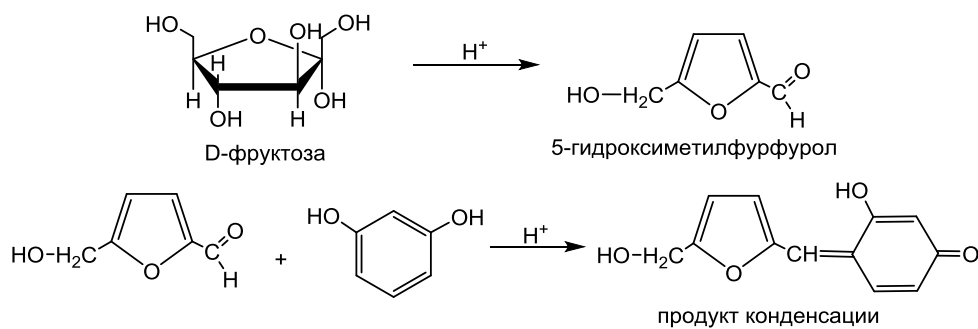
#### **Выводы:**

### Опыт № 4

#### **Реакция Селиванова на фруктозу.**

В пробирку поместите крупинку сухого резорцина и 2 капли концентрированной хлороводородной кислоты. Добавьте 2 капли 0,5% раствора фруктозы и нагрейте до начала кипения. Постепенно жидкость приобретает красное окрашивание. Реакция обусловлена образованием нестойкого соединения – гидроксиметилфурфуrolа. Под действием концентрированной хлороводородной кислоты гидроксиметилфурфуrol конденсируется с резорцином, давая окрашенное соединение.

#### **Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

#### 4.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПДГОТОВКИ.

1. Напишите строение  $\beta$ - D-галактопиранозы формулами Колли-Толленса и Хеурса. Укажите, конфигурация какого атома определяет принадлежность к D-ряду.
2. Напишите реакцию получения галактаровой (слизевой) кислоты. Укажите условия.
3. Напишите реакцию взаимодействия  $\beta$ -D-галактопиранозы (формулой Хеурса) с этиловым спиртом в присутствии HCl. Назовите полученное соединение. Проведите гидролиз.
4. Объясните почему проба Фелинга может быть использована для идентификации фруктозы (кетозы) несмотря на то что кетоны не окисляются солями меди (II)

#### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 250-269
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И., Биоорганическая химия. – М.: Медицина, 1991.
4. Тюкавкина Н.А. и др. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии. – М.: Медицина, 1985.
5. Конспект лекций

## Занятие 15

### ТЕМА: Строение и функции ди- и полисахаридов.

**АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Углеводы широко распространены в природе и играют важную роль в метаболизме растительных и животных организмов. Процессы жизнедеятельности сопровождаются сложными химическими превращениями углеводов (углеводный обмен). Особое место занимают углеводы, выполняющие в организме высокоспециализированные функции (нуклеотиды – носители генного кода; специфические полисахариды-антигены, обуславливающие иммунитет; гликопротеины – специфические групповые вещества крови и т.д.). Некоторые виды углеводов входят в состав оболочек растительных клеток и играют опорную роль. Глубокие знания в области структуры и химии углеводов необходимы для приобретения профессиональных навыков при изучении соответствующих разделов биологической химии, фармакологии, терапии и других дисциплин.

**ЦЕЛЬ:** Сформировать знания принципов строения и основных химических превращений важнейших ди-, гомо- и гетерополисахаридов во взаимосвязи с их биологическими функциями.

### 4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Олигосахариды, их классификация и распространение в природе.
2. Особенности строения, классификация, физико-химические свойства и биологическая роль дисахаридов.
3. Дифференциация восстанавливающих и невосстанавливающих.
4. Особенности строения, классификация, физико-химические свойства полисахаридов.
5. Химические свойства полисахаридов. Гидролиз полисахаридов.
6. Полисахариды как активные фармацевтические ингредиенты.

#### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЗАНЯТИИ

*Протокол № 15*

Дата \_\_\_\_\_

#### Опыт № 1

##### **Отсутствие восстанавливающей способности у сахарозы.**

В пробирку поместите 1 каплю 1% раствора сахарозы и 6 капель 10% гидроксида натрия NaOH. Добавьте для разбавления 5–6 капель воды (высота слоя жидкости 15–20мм). Прибавьте 1 каплю 2% раствора сульфата меди (II) CuSO<sub>4</sub>. Образуется прозрачный синий раствор комплексной соли меди (II) с сахарозой. Осторожно нагрейте пробирку над пламенем горелки так, чтобы нагревалась только верхняя часть раствора, а нижняя оставалась без нагревания (для контроля). Нагревать только до начала кипения, но не кипятить. Изменения окраски раствора не происходит.

Вспомните (*протокол № 11, опыт № 2*), что с D-глюкозой в аналогичных условиях происходило изменение окраски верхней части раствора в желто-красную.

**Наблюдения:**

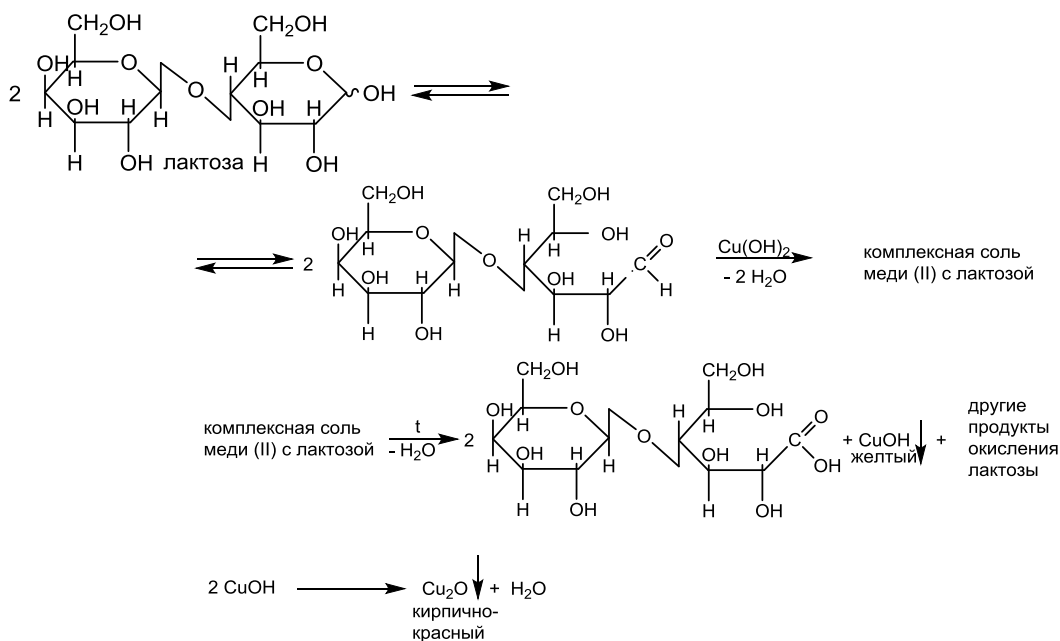
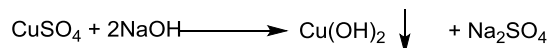
## Выводы:

### Опыт № 2

#### Восстанавливающая способность лактозы.

В пробирку поместите 1 каплю 1% раствора лактозы и 4 капли 10% гидроксида натрия NaOH. Добавьте 1 каплю 2% сульфата меди CuSO<sub>4</sub>. Образующийся голубой осадок гидроксида меди (II) при встряхивании пробирки растворяется, образуя синий раствор комплексной соли меди (II) с лактозой. Добавьте для разбавления несколько капель воды до высоты слоя жидкости 15–20мм. Осторожно нагрейте пробирку так, чтобы нагревалась только верхняя часть раствора, а нижняя оставалась без нагревания (для контроля). Нагревайте до кипения. При нагревании цвет верхней части раствора изменяется в желто-красный. Вспомните (*протокол № 11, опыт № 2*), что с D-глюкозой в аналогичных условиях также происходило изменение окраски верхней части раствора в желто-красную.

#### Химизм:



#### Наблюдения:

## Выводы:

### Опыт № 3

#### Качественная реакция на крахмал.

В пробирку поместите 5 капель 0,5% крахмального клейстера и 1 каплю сильно разбавленного раствора йода. Раствор окрашивается в синий цвет (предполагается, что крахмал с йодом образует соединения-включения (клатраты), окрашенные в характерные



цвета - синий ( $f_{\text{макс}} = 620-680 \text{ нм}$ ) для амилозы и красный ( $f_{\text{макс}} = 520-555 \text{ нм}$ ) для амилопектина. Молекулы амилозы в этих комплексах образуют вокруг молекулы йода спираль, каждый виток которой содержит 6 остатков глюкозы. При нагревании окрашенного раствора крахмала с йодом окраска исчезает, а при охлаждении появляется вновь, что связано, по-видимому, с раскручиванием спирали амилозы).

**Наблюдения:**

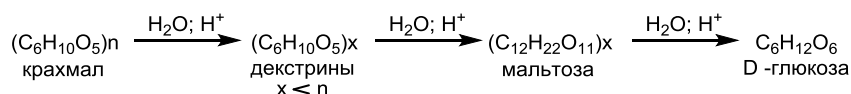
**Выводы:**

#### Опыт № 4

##### **Кислотный гидролиз крахмала.**

В пробирку поместите 1 каплю 0,5% крахмального клейстера. Добавьте 2 капли 10%серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и поместите пробирку в кипящую водяную баню. Мутный раствор клейстера становится прозрачным через 20 минут. Пипеткой нанесите 1 каплю гидролизата на предметное стекло и добавьте 1 каплю разбавленного раствора йода в йодиде калия. Если проба не дает положительной йодкрахмальной реакции (синее окрашивание), добавьте в пробирку 8 капель 10% гидроксида натрия  $\text{NaOH}$  для создания щелочной среды. Затем добавьте 1 каплю 2% раствора сульфата меди (II)  $\text{CuSO}_4$ . Будет ли положительной проба Троммера?

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

#### 4.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.

1. Напишите структурную и конформационную формулы молочного сахара (лактозы). Дайте полное название. Проведите гидролиз лактозы.
2. Напишите реакцию взаимодействия мальтозы с избытком диметилсульфата. Назовите полученное соединение, проведите его гидролиз. Будет ли обладать восстанавливающими свойствами полученное в результате гидролиза соединение?
3. Напишите структурную формулу дисахарида, состоящего из D-глюкуроновой кислоты и N-ацетилглюкозамина, связанных  $\beta$ -1,3-гликозидной связью. В состав какого биополимера входит этот фрагмент?
4. Охарактеризуйте строение амилозы, амилопектина, целлюлозы и гликогена. В чем сходства и различия данных соединений.

#### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 272-290
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія.–Вінниця: Нова Книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. – М.: Медицина, 1991.
4. Конспект лекцій.
5. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии (Под ред. Н.А. Тюкавкиной. – М.: Медицина, 1985.
6. Артемьева Н.Н., Белобородов В.Л. и др. Руководство по биоорганической химии. – М.: Медицина, 1985.

## Занятие 16

**1. ТЕМА: Классификация, строение и значение биологически важных гетероциклических соединений.**

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Гетероциклические соединения один из важнейших классов органических соединений, которые как широко распространены в живых объектах, так и уже более ста лет успешно применяются в качестве лекарственных средств. Так, к гетероциклическим соединениям относятся азотистые основания нуклеотидов (аденин, гуанин, цитозин, урацил, тимин), витамины (тиамин, рибофлавин, никотиновая кислота и ее производные, пиридоксин, токоферолы), целый ряд лекарственных препаратов (производные пиразолона-5, антибиотики  $\beta$ -лактаманного ряда). Также к гетероциклическим соединениям относится большинство алкалоидов – азотсодержащих гетероциклических соединений природного, преимущественно растительного происхождения, которые зачастую обладают выраженной биологической активностью (морфин, кодеин, кокаин, кофеин). Особенности строения гетероциклических соединений обуславливают значительное разнообразие их структур и химических свойств.

**3. ЦЕЛЬ:** Дать студентам основы знаний о строении и химических свойствах гетероциклических соединений. Изучить биологически значимые соединения с гетероциклическим фрагментом, а также вещества, применяемые в медицинской практике.

**4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Гетероциклические соединения, определение и классификация.
2. Пятичленные гетероциклические соединения с одним атомом азота. Химия пиррола, фурана и тиофена. Кислотные свойства пиррола.
3. Ацидофобность фурана и пиррола. Электроизбыточность пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом. Реакции электрофильного замещения в ряду пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом.
4. Пятичленные гетероциклы с двумя атомами азота. Химия производных пиразола и имидазола.
5. Явление азол-азольной таутомерии.
6. Лекарственные препараты производные пиразолона-5
7. Электронное строение и физико-химические свойства пиридина. Кислотно-основные свойства пиридина.
8. Реакции электрофильного и нуклеофильного замещения в ряду пиридина.
9. Биологически значимые производные пиридина. Никотиновая кислота, пиридоксин, гидразид изоникотиновой кислоты.
10. Шестичленные гетероциклы с двумя атомами азота. Производные барбитуровой кислоты. Таутомерные превращения барбитуровой кислоты.
11. Конденсированные гетероциклические соединения. Производные пурина и птеридина.
12. Химия алкалоидов

### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЗАНЯТИИ

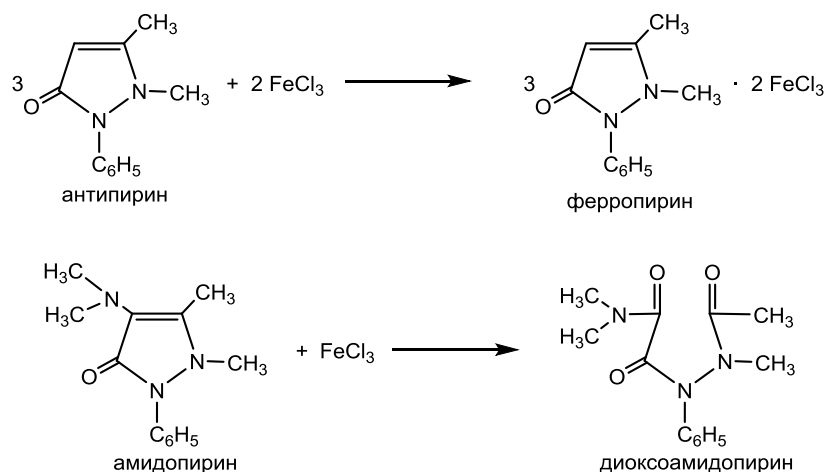
**Опыт № 1**

**Реакции антипирина и амидопирина с хлоридом железа (III).**

В пробирку поместите несколько кристаллов антипирина, прибавьте 2 капли воды и каплю 1% раствора хлорида железа (III). Появляется интенсивное и стойкое оранжево-красное окрашивание, не исчезающее при стоянии. Для сравнения поместите в другую пробирку несколько кристаллов амидопирина, добавьте 2 капли воды и 1 каплю 1% раствора хлорида железа (III). Появляется фиолетовое окрашивание, быстро исчезающее. Добавьте сразу еще 3 капли хлорида железа (III). Окраска вновь появляется, сохраняется несколько дольше, но постепенно бледнеет.

Окрашивание антипирина с хлоридом железа (III) обусловлено образованием комплексного соединения ферропирина, амидопирина – образованием продуктов окисления.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

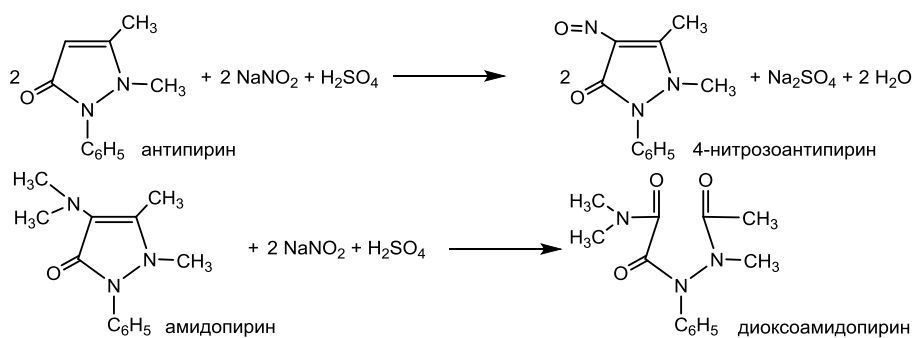
**Выводы:**

**Опыт № 2**

**Реакция антипирина и амидопирина с азотистой кислотой.**

В пробирку поместите несколько кристаллов антипирина, добавьте 2 капли воды, 1 каплю 5% раствора нитрита натрия. Появляется изумрудно зеленое окрашивание, постепенно исчезающее, особенно при избытке нитрита натрия. Для сравнения поместите в другую пробирку несколько кристаллов амидопирина. Добавьте 2 капли воды, 1 каплю 10% раствора серной кислоты и 1 каплю 5% раствора нитрита натрия. Появляется нестойкое фиолетовое окрашивание. Если окрашивание исчезает слишком быстро, добавьте еще немного амидопирина. С амидопирином образуются окрашенные продукты окисления. Реакция с азотистой кислотой применяется в фармацевтической практике для распознавания антипирина и амидопирина и отличия их друг от друга.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

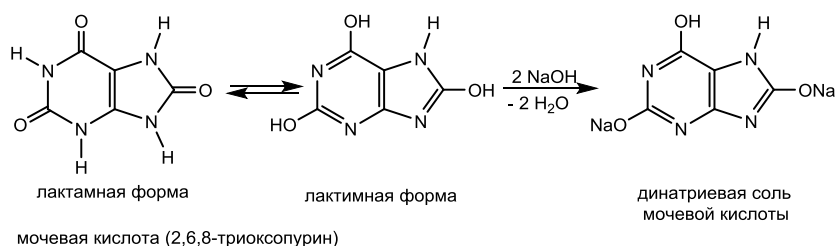
### Опыт № 3

#### **Растворимость мочевой кислоты и ее натриевой соли в воде.**

В пробирку поместите небольшое количество (на кончике лопаточки) мочевой кислоты. Прибавьте по каплям воду, каждый раз встряхивая пробирку. Обратите внимание на плохую растворимость мочевой кислоты в воде. В холодной воде мочевая кислота почти нерастворима: 1 часть ее растворится в 39000 частях воды.

После добавления 8 капель воды растворения все еще не заметно. Стоит, однако, добавить всего 1 каплю 10% раствора гидроксида натрия, как мутный раствор моментально просветляется вследствие образования относительно легко растворимой двузамещенной натриевой соли. Полученный раствор сохраните для последующего опыта.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

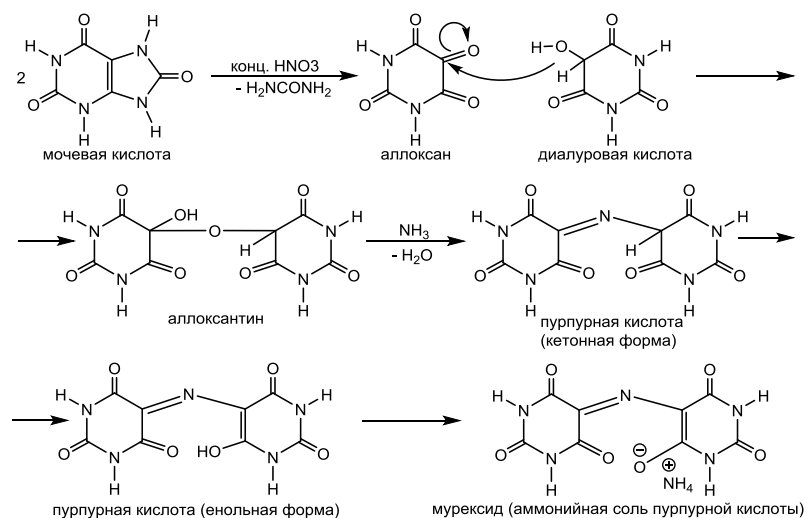
### Опыт № 4

#### **Открытие мочевой кислоты (мурексидная проба).**

На предметное стекло поместите 1 каплю раствора натриевой соли мочевой кислоты от предыдущего опыта. Добавьте одну каплю концентрированной азотной кислоты и

осторожно выпаривайте, держа стекло над пламенем горелки на некотором расстоянии (примерно 10 см). Как только раствор выпарится и начнется слабое покраснение пятна на месте бывшей капли, прекратите нагревание. Когда стекло остынет, сбоку от пятна поместите 1 каплю 10% раствора аммиака. На месте соприкосновения наблюдается появление полосы пурпурно-фиолетового цвета (мурексидная проба). Мурексидная проба применяется при анализе мочевых камней. Применяется эта проба также при открытии кофеина, теобромона и других пуриновых оснований.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

4.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.

1. Объясните почему тиофен в отличие от пиррола и фурана не претерпевает полимеризацию под действием сильных минеральных кислот.
2. Объясните растворимость различных солей мочевой кислоты. К каким нарушениям в организме приводит образование нерастворимых солей мочевой кислоты.
3. Приведите строение пиридина, пиримидина, пурина. Объясните ароматичность данных соединений, обоснуйте их реакционную способность.
4. Нарисуйте структуры никотина, кокаина, папаверина, кофеина. Укажите, производными каких гетероциклов являются данные соединения.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 197-248
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія.–Вінниця: Нова Книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биорганическая химия. – М.: Медицина, 1991.
4. Конспект лекцій.
5. Руководство к лабораторным занятиям по биорганической химии (Под ред. Н.А. Тюкавкиной. – М.: Медицина, 1985.

6. Артемьева Н.Н., Белобородов В.Л. и др. Руководство по биоорганической химии. – М.: Медицина, 1985.

## Занятие 17

**1. ТЕМА: Структура и биохимические функции нуклеозидов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот.**

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Знание структурных и стереохимических особенностей строения нуклеозидов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот способствует пониманию механизма биосинтеза белков, передачи наследственной информации, выполнения ими коферментных функций, а также роли АТФ как энергетического "поставщика" в различных биохимических процессах.

**3. ЦЕЛЬ:** Закрепить знания о принципах строения нуклеиновых кислот – клеточных компонентов на стадии их первичной и вторичной структуры, являющихся необходимой предпосылкой к пониманию их биосинтеза и биологической роли.

**4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

13. Классификация и номенклатура нуклеиновых оснований. Лактим-лактаминная таутомерия. Комплементарность оснований.
14. Строение нуклеозидов
15. Строение нуклеотидов
16. Первичная и вторичная структура РНК и ДНК.
17. Значение нуклеиновых кислот в жизнедеятельности растительных и животных организмов.

### 4.2. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.

1. Напишите схему гидролитического расщепления в кислой среде дезоксицитидиловой кислоты.
2. Напишите таутомерные превращения тимина. Какой из таутомеров преобладает в равновесной смеси?
3. Какая из двух комплементарных пар УА или ТА входит в состав ДНК? Напишите строение этой пары.
4. Напишите строение участка цепи РНК с последовательностью оснований: ГУА и выделите сложноэфирные связи.

### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко Біоорганічна хімія.-Львів: Видавництво «Кварт», 2009. с. 328-348
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія.-Вінниця: Нова Книга, 2005.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биохимическая химия. – М.: Медицина, 1991.
4. Конспект лекций.
5. Руководство к лабораторным занятиям по биохимической химии (Под ред. Н.А. Тюкавкиной. – М.: Медицина, 1985.
6. Артемьева Н.Н., Белобородов В.Л. и др. Руководство по биохимической химии. – М.: Медицина, 1985.



## Занятие 18

**1. ТЕМА: Контроль содержательного модуля III: «Биологически важные классы биоорганических соединений. Гетероциклы. Биополимеры и их структурные компоненты».**

**2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ:** Биополимеры играют огромную роль в работе живых организмов. Так такие классы веществ как белки и нуклеиновые кислоты определяют саму возможность существования жизни. Полисахариды также играют значительную роль в жизнедеятельности организмов. Знание особенностей строения и свойств упомянутых макромолекул является фундаментом успешного изучения биохимии, фармакологии и патологической физиологии. Естественно, что понять природу полимерных молекул не зная свойств низкомолекулярных соединений, которые их формируют невозможно, что обуславливает необходимость изучения таких классов соединений как аминокислоты, моносахариды, гетероциклические соединения.

**3. ЦЕЛЬ:** Закрепить знания о структуре и химических свойствах биологически важных органических соединений: аминокислот, пептидов, белков, углеводов, нуклеиновых кислот.

**4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЯ.**

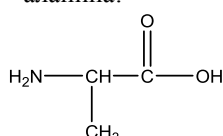
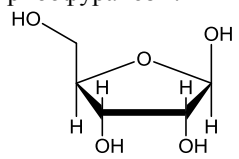
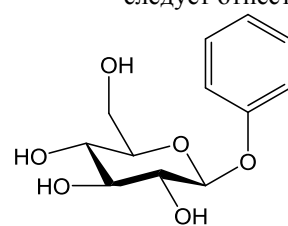
### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1.  $\alpha$ -Аминокислоты. Классификация протеиногенных аминокислот.
2. Кислотно-основные свойства аминокислот. Природа цвиттер-иона.
3. Оптическая изомерия  $\alpha$ -аминокислот.
4. Химические свойства  $\alpha$ -аминокислот.
5. Особенности строения полипептидов, природа пептидной связи.
6. Синтез полипептидов.
7. Белки. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белковых молекул.
8. Установление строения белковых молекул. Секвенирование белков.
9. Биологическая роль белковых молекул.
10. Углеводы. Классификация углеводов.
11. Моносахариды, особенности строения и классификация.
12. Явление цикло-оксо таутомерии. Эпимеризация моносахаридов. Мутаротация.
13. Реакционная способность моносахаридов.
14. Реакции идентификации моносахаридов.
15. Природа гликозидной связи.
16. Олигосахариды. Дисахариды.
17. Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды.
18. Полисахариды, их классификация и особенности строения.
19. Биологическая роль углеводов.
20. Гетероциклические соединения. Классификация гетероциклических соединений.
21. Особенности строения и реакционная способность пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом.
22. Особенности строения и реакционная способность пятичленных гетероциклов с двумя атомами азота.
23. Особенности строения и реакционная способность шестичленных гетероциклов с одним атомом.
24. Особенности строения и реакционная способность шестичленных гетероциклов с двумя атомами азота.
25. Особенности строения и реакционная способность конденсированных

гетероциклических систем.

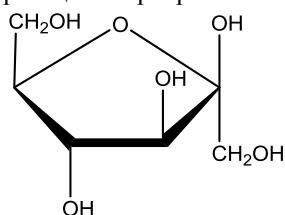
26. Биологически значимые гетероциклические соединения. Алкалоиды.
27. Особенности строения нуклеиновых кислот.
28. Особенности строения нуклеотидов и нуклеозидов.
29. Гидролиз нуклеотидов и нуклеозидов.
30. Комплементарность.
31. Особенности строения и биологическая роль аденозинтрифосфата и циклических нуклеотидов.

#### 4.2. БЛОК ТЕСТОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ К ИТОГОВОМУ ЗАНЯТИЮ

1. Какие из приведенных реагентов используют для подтверждения амфотерных свойств аминокислот?
  - A. Кислоты и щелочи
  - B. Алкилгалогениды и ангидриды карбоновых кислот
  - C. Азотистую кислоту и спирт
  - D. Альдегиды и кетоны
  - E. Гидроксид меди(II) и аммиак
2. Как называется связь, соединяющая остатки альфа-аминокислот в белках?
  - A. Пептидная.
  - B. Гликозидная
  - C. Ангидридная
  - D. Сложноэфирная
  - E. Координационная
3. Укажите реагент, с помощью которого можно качественно подтвердить наличие аминокислотной группы в молекуле аланина:  

  - A.  $\text{NaNO}_2$  (HCl)
  - B.  $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - C.  $\text{NaNO}_3$  (HCl)
  - D.  $\text{Ba}(\text{OH})_2$
  - E.  $\text{NaHCO}_3$
4. Укажите продукт взаимодействия глюкозы с HCN
  - A. Фенилгидразон.
  - B. Амин
  - C. Гидроксинитрил
  - D. Гидразон
  - E. Оксим
5. Укажите количество центров хиральности в молекуле  $\beta$ -D-рибофуранозы:  

6. Назовите продукт, образующийся при взаимодействии маннозы с избытком уксусного ангидрида:
  - A. 6-Ацетилманноза.
  - B. O-Метил-  $\beta$ -D-маннопиранозид
  - C. 2,3-Диацетилманноза
  - D. Пентаацетилманноза
  - E. O-Ацетил-  $\beta$ -D-маннопиранозид
7. Назовите продукт, образующийся при взаимодействии маннозы с избытком уксусного ангидрида:
  - A.  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .
  - B.  $\text{AgNO}_3$
  - C.  $\text{I}_2$  (KOH)
  - D.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
  - E.  $\text{Ag}_2\text{O}$
8. Лактоза – молочный сахар, содержится в молоке (4 - 5 %). Укажите соединения, образующиеся при кислотном гидролизе лактозы:
  - A. Глюкоза и фруктоза.
  - B. 2 молекулы галактозы
  - C. 2 молекулы глюкозы
  - D. Манноза и глюкоза
  - E. Галактоза и глюкоза
9. Арбутин – O-гликозид глюкозы, содержится в растениях рода толокнянка (Arbutus). Укажите к какому классу органических соединений следует отнести O-гликозиды:  

  - A. Простые эфиры
  - B. Сложные эфиры
  - C. Лактоны

- D. Ацетали  
E. Полуацетали

10. Фруктоза – кетогексоза, содержится в фруктах, меде. Укажите явление, являющееся причиной положительной реакции "серебрянного зеркала.

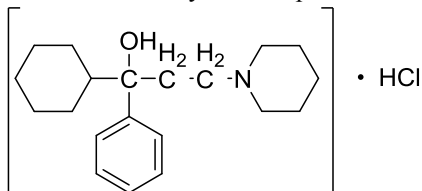


- A. Мутаротация  
B. Эпимеризация  
C. Таутомерия  
D. Структурная изомерия  
E. Энантиомерия

11. Укажите реагент, который можно использовать для получения глюкаровой кислоты из глюкозы.

- A.  $\text{HNO}_3$   
B.  $\text{Ag}_2\text{O}$   
C.  $\text{FeCl}_3$   
D.  $\text{I}_2$  (KOH)  
E. Бромная Вода

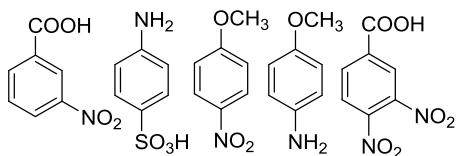
12. Циклодол – активный холинолитик, имеющий следующее строение:



Укажите количество асимметрических атомов углерода в его молекуле:

- A. 0  
B. 1  
C. 2  
D. 3  
E. 4

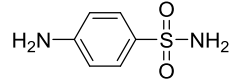
13. Из приведенных ниже гетерофункциональных производных бензольного ряда укажите соединение, наиболее реакционно способное в реакциях  $\text{S}_{\text{E}}$



- 1 2 3 4 5  
A. 1  
B. 2

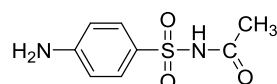
- C. 3  
D. 4  
E. 5

14. Определите, к какому классу органических соединений относится стрептоцид:



- A. Ароматический амин  
B. Карбоциклический амин  
C. Ароматическая кислота  
D. Ароматическая сульфокислота  
E. Амид ароматической сульфокислоты

15. Укажите функциональную группу, которая отсутствует в молекуле альбуцида:



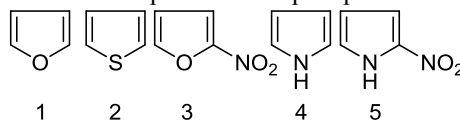
- A. Алифатическая аминогруппа  
B. Ароматическая аминогруппа  
C. Ароматическое ядро  
D. Ацетильная группа  
E. Амидная группа

16. Укажите вид и знак электронных эффектов атома кислорода в молекуле фурана:



- A. -I  
B. +I  
C. -M  
D. +M  
E. -I; +M

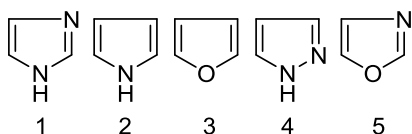
17. Приведен ряд пятичленных гетероароматических соединений, входящих в состав многих лекарственных препаратов:



Укажите соединение, обладающее наиболее выраженными кислотными свойствами.

- A. 3  
B. 5  
C. 1  
D. 2  
E. 4

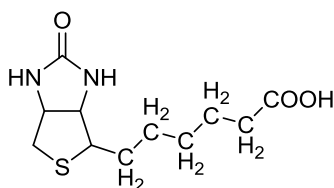
18. Пятичленные гетероциклы, входящие в состав различных природных соединений и синтетических лекарственных препаратов:



Выберите соединение обладающее наиболее сильными основными свойствами

- A. 4  
B. 2  
C. 3  
D. 1  
E. 5

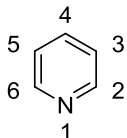
19. Биотин (vit H) – имеет следующее строение:



Укажите гетероциклы, лежащие в основе биотина.

- A. Пиразол и тиофен  
B. Гидрированные пиразол и тиофен  
C. Гидрированные пиррол и тиазол  
D. Имидазол и гидрированный тиофен  
E. Гидрированные имидазол и тиофен

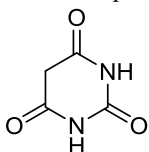
20. Пиридин – ароматический гетероцикл, входящий в состав многих лекарственных препаратов:



Укажите, сколько существует монометилзамещенных пиридина (пиколинов).

- A. 1  
B. 3  
C. 2  
D. 4  
E. 5

21. Барбитуровая кислота лежит в основе большого ряда лекарственных препаратов снотворного и противосудорожного действия:

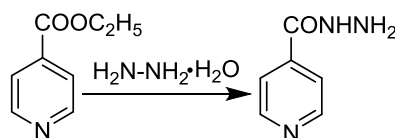


Укажите виды таутомерии, характерные для барбитуровой кислоты.

- A. Лактим – лактамная, азольная.  
B. Лактим–лактамная, кето – енольная.  
C. Кето– енольная, amino – иминная.

- D. Оксо– окси, азольная.  
E. Лактим – лактамная, тион – тиольная.

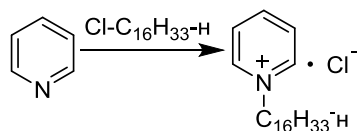
22. Изониазид – противотуберкулезный препарат, получают по схеме:



Укажите наиболее вероятный механизм данной реакции.

- A. S<sub>E</sub>  
B. S<sub>N</sub>1  
C. S<sub>R</sub>  
D. S<sub>N</sub>2  
E. A<sub>N</sub>

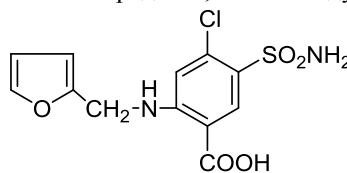
23. Цетилпиридиний хлорид (Септолете®) – один из компонентов дисцида, эффективного бактерицидного препарата, получают по следующей схеме:



Укажите какое свойство пиридина лежит в основе данной реакции.

- A. Ароматичность.  
B. Основность.  
C. Электрофильность.  
D. Нуклеофильность.  
E. Полярность молекулы.

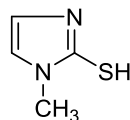
24. Фуросемид – сильное диуретическое средство, имеет следующее строение:



Укажите старшую функциональную группу в его структуре.

- A. SO<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>  
B. Фурановое ядро.  
C. Вторичная аминогруппа.  
D. COOH  
E. Cl

25. Мерказолил – антитиреоидный препарат следующего строения:



Выберите наиболее правильное систематическое название мерказолила.

- A. 1-Метил-2-меркаптопиразол.
- B. 1-Метил-2-меркаптоимидазол.
- C. 1-Метил-2-тиопиррол.

- D. 2-Меркапто-3-метилимидазол.
- E. 1-Метил-2-тиопиразол.

#### ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

- 5. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія.–Вінниця: Нова Книга, 2005, С.114-167, 183-189, 213-216.
- 6. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И., Биоорганическая химия. - М.:-Медицина, 1991.- с.40-49.. 51-82,268-309.
- 7. Конспект лекцій

**ЗАНЯТИЕ 19**  
**Итоговый модульный контроль:**  
**«Биологически важные классы биоорганических соединений.**  
**Биополимеры и их структурные компоненты».**

**Перечень**  
**контрольных вопросов к сдаче итогового модуля по курсу биоорганической химии.**

1. Биоорганическая химия как наука: определение, предмет и задачи, разделы, методы исследования. Значение в системе высшего медицинского образования.
2. Классификация органических соединений по строению углеродного радикала и природой функциональных групп.
3. Строение важнейших классов биоорганических соединений по природе функциональных групп: спиртов, фенолов, тиолов, альдегидов, кетонов, карбоновых кислот, сложных эфиров, амидов, нитросоединений, аминов.
4. Номенклатура органических соединений: тривиальная, рациональная, международная. Принципы образования названий органических соединений по номенклатуре ИЮПАК: заместительной, радикало-функциональной.
5. Теория строения органических соединений. Химическое строение молекул; понятие про структурные изомеры.
6. Природа химической связи в органических соединениях: гибридизация орбитале, электронное строение соединений углерода.
7. Делокализация электронов и сопряженные системы в органических соединениях. Сопряжённые системы с открытой цепью: электронное строение и химические свойства 1,3-диенов.
8. Сопряженные системы с замкнутой цепью: электронное строение бензола; ароматичность у ряда одно- и многоядерных аренов, гетероциклических соединений.
9. Взаимное влияние атомов в органических молекулах: поляризация связей; индуктивный ( $I_{\pm}$ ) и мезомерный ( $M_{\pm}$ ) эффекты. Влияние электронодонорных и электроноакцепторных заместителей на реакционную способность молекул.
10. Пространственное строение биоорганических соединений: формулы стереохимии; конфигурация и конформация. Stereoизомеры: геометрические, оптические, поворотные (конформеры).
11. Геометрическая изомерия в замещенных алкенах, циклоалканах, ненасыщенных высших жирных кислотах, дикарбоновых кислотах. *Цис-*, *транс-* и *E/Z-* номенклатурные системы.
12. Оптическая изомерия; хиральность молекул органических соединений. *D/L-* и *R/S-* стереохимические номенклатуры. Энантиомеры и диастереомеры биоорганических соединений. Связь пространственного строения с физиологической активностью.
13. Поворотные (конформационные) изомеры; проекционные формулы Ньюмена. Энергетические характеристики конформационных изомеров углеводов в *син-*, *анти-* и *гош-* конформации.
14. Конформационные изомеры циклических углеводов; аксиальные и экваториальные связи в молекуле циклогексана. Значения конформационной изомерии для образования пространственной структуры биомолекул.
15. Типы реакций в биоорганической химии: классификация по результатам (направленностью) и механизмом реакции.
16. Характеристика и примеры отдельных типов реакций в биоорганической химии: присоединение, замещение, отщепление (элиминирование), перегруппировка, окисление и восстановление.
17. Характеристика и примеры гомолитических (радикальных) и гетеролитических

- (ионных) реакций в биоорганической химии. Электрофильные и нуклеофильные реагенты.
18. Окислительно-восстановительные реакции в биоорганической химии. Свободнорадикальные реакции образования пероксидных соединений, их биомедицинское значение в норме и при условиях патологии клетки.
  19. Кислотные и основные свойства биоорганических соединений: протонная теория Бренстеда; теория кислот и оснований Льюиса.
  20. Гидроксилсодержащие соединения - спирты и тиолы в биоорганической химии: строение, свойства, биомедицинское значение отдельных представителей.
  21. Фенолы: строение, свойства, биомедицинское значение. Характеристика представителей одноатомных (фенол, крезол) и двухатомных (пирокатехин, резорцин, гидрохинон) фенолов.
  22. Тиолы (меркаптаны), сульфиды и дисульфиды в биоорганической химии: строение, свойства.
  23. Карбонильные соединения в биоорганической химии. Химические свойства и биомедицинское значение альдегидов и кетонов.
  24. Карбоновые кислоты в биоорганической химии: строение и химические свойства; функциональные производные карбоновых кислот (ангидриды, амиды, сложные эфиры). Реакции декарбоксилирования.
  25. Строение и свойства дикарбоновых кислот: щавелевой, малоновой, янтарной, глутаровой, фумаровой.
  26. Строение и свойства угольной кислоты и ее производных. Уретаны, уреиды кислот, мочевины.
  27. Сложные эфиры карбоновых кислот: номенклатура, образование, свойства.
  28. Амины: номенклатура, свойства. Биомедицинское значение биогенных аминов (адреналина, норадреналина, дофамина, триптамина, серотонина, гистамина) и полиаминов (спермидина, спермина, путресцина, кадаверина).
  29. Ароматические амины: строение, свойства. Анилин как предшественник в синтезе лекарственных средств - сульфаниламида, фенаcetина, анестезина, новокаина.
  30. Аминоспирты: строение, свойства. Биомедицинское значение этаноламина (коламина), холина, ацетилхолина).
  31. Гидроксикислоты в биоорганической химии: строение и свойства монокарбоновых (молочной, гидроксимасляной), дикарбоновых (яблочной, винной) и трикарбоновых (лимонной, цис-аконитовой) гидроксикислот.
  32. Аминокислоты: строение, стереоизомерия, химические свойства. Биомедицинское значение L-аминокислот. Реакции биохимических превращений аминокислот: дезаминирование, трансаминирование, декарбоксилирование.
  33. Строение и свойства наиболее распространенных в биообъектах оксокислот: пировиноградной, ацетоуксусной, щавелевоуксусной, кетоглутаровой. Понятие о кетонных телах.
  34. Фенолоксикислоты. Салициловая кислота и ее производные как противовоспалительные (ацетилсалициловая кислота, метилсалицилат, салицилат натрия) и противомикробные (фенилсалицилат) средства.
  35. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом (пиррол, фуран, тиофен). Биомедицинское значение тетрапиррольных соединений; порфина, порфиринов, гема.
  36. Индол и его производные: триптофан и реакции образования триптамина и серотонина; индоксил, скатол - значение в процессах гниения белков в кишечнике.
  37. Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами азота. Пиразол, пиразолон; производные пиразолона-5 как лекарственные средства (антипирин, амидопирин, анальгин). Имидазол и его производные: гистидин, гистамин.
  38. Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами: тиазол, оксазол. Тиазол как

- структурный компонент молекулы тиамина (витамина В).
39. Шестичленные гетероциклы с атомом азота: пиридин. Никотинамид (витамин РР) как составная часть окислительно-восстановительных пиридиновых коферментов. Пиридоксин и молекулярные формы витамина В<sub>6</sub>
  40. Шестичленные гетероциклы с двумя атомами азота. Диазины: пиримидин, пиразин, пиридазин. Азотистые основания — производные пиримидина (урацил, цитозин, тимин)
  41. Производные пиримидина как лекарственные средства: 5-фторурацил, оротат калия. Барбитуровая кислота: барбитураты как снотворные и противоэпилептические средства (фенобарбитал, веронал).
  42. Шестичленные гетероциклы с гетероатомами. Фенотиазины аминазины и др. как психотропные (нейролептические) средства.
  43. Семичленные гетероциклы с двумя гетероатомами. Диазепины: бензо-1,4-дiazепины как наиболее распространенные транквилизаторы и анксиолитики.
  44. Пурин и его производные. Аминопроизводные пурина (аденин, гуанин), их таутомерные формы; биохимическое значение в образовании нуклеотидов и коферментов.
  45. Гидроксипроизводные пурина: гипоксантин, ксантин, мочевая кислота. Метилированные производные ксантина (кофеин, теofilлин, теобромин) как физиологически активные соединения с действием на центральную нервную и сердечнососудистую системы.
  46. Углеводы: определение, классификация. Моносахариды (альдозы и кетозы; триозы, тетрозы, пентозы, гексозы, гептозы), биомедицинское значение отдельных представителей.
  47. Моносахариды: пентозы (рибоза, 2-дезоксирибоза, ксилоза), гексозы (глюкоза, галактоза, манноза, фруктоза) - строение, свойства. Качественные реакции на глюкозу.
  48. Строение и свойства производных моносахаридов. Аминопроизводные: глюкозамин, галактозамин. Уроновые кислоты. L-аскорбиновая кислота (витамин С). Продукты моносахаридов: сорбит, маннит.
  49. Олигосахариды: строение, свойства. Дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза), их биомедицинское значение.
  50. Полисахариды. Гомополисахариды: крахмал, гликоген, целлюлоза, декстраны - строение, гидролиз, биомедицинское значение. Качественная реакция на крахмал.
  51. Гетерополисахариды: определение, структура. Строение и биомедицинское значение глюкозаминогликанов (мукополисахарида) — гиалуроновой кислоты, хондроитинсульфатов, гепарина.
  52. Липиды: определение, классификация. Высшие жирные кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая, арахидоновая. Простые липиды. Триацилглицеролы (нейтральные жиры): строение, физиологическое значение, гидролиз.
  53. Сложные липиды. Фосфолипиды, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилхолин, фосфатидилсерин. Сфинголипиды. Гликолипиды. Роль сложных липидов в строении биомембран.
  54. Стероиды как производные циклопентанпергидрофенантрена (стерана). Строение биологически важных представителей стероидов: холестерина, витамина D, желчных кислот, кортикостероидов, половых гормонов.
  55. Аминокислотный состав белков и пептидов; классификация L-аминокислот. Химические и физико-химические свойства протеиногенных аминокислот. Нингидриновая реакция, ее значение в анализе аминокислот.
  56. Белки и пептиды: определение, классификация, биологические функции. Типы связи между аминокислотными остатками в белковых молекулах. Пептидная связь:



- образование и структура. Биуретовая реакция.
57. Уровни структурной организации белков: первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры. Олигомерные белки.
  58. Физико-химические свойства белков; их молекулярная масса. Методы осаждения. Денатурация белков.
  59. Методы фракционирования и анализа белков и пептидов (седиментация, хроматография, электрофорез). Анализ первичной структуры белков и пептидов: методы Сенгера и Эдмана.
  60. Нуклеозиды, нуклеотиды. Азотистые основания пуринового и пиримидинового ряда, которые входят в состав нуклеотидов.
  61. Нуклеозиды. Нуклеотиды как фосфорилированные производные нуклеозидов (нуклеозидмоно-, ди- и трифосфаты). Номенклатура нуклеозидов и нуклеотидов как компонентов РНК и ДНК.
  62. Строение и биохимические функции свободных нуклеотидов: нуклеотидкоферменты; циклические нуклеотиды 3',5'-АМФ, 3',5'-ГМФ.
  63. Нуклеиновые кислоты (дезоксирибонуклеиновые, рибонуклеиновые) как полинуклеотиды. Полярность полинуклеотидных цепей ДНК и РНК.
  64. Строение и свойства ДНК; нуклеотидный состав, комплементарность азотистых оснований. Первичная, вторичная и третичная структура ДНК.
  65. РНК: строение, типы РНК и их роль в биосинтезе белков.
  66. Витамины: общая характеристика: понятие коферментного действия витаминов. Строение и свойства витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР.
  67. Гормоны: понятие о гормонах как биорегуляторах. Общая характеристика гормонов белково-пептидной группы, производных аминокислот, стероидов.
  68. Алкалоиды: определение: значение алкалоидов как действующих веществ лекарственных средств (классов пиридина и пиперидина, хинолина и изохинолина, индола).
  69. Антибиотики: общее понятие; характеристика антибиотиков классов антибиотиков: пенициллинов, цефалоспоринов, стрептомицинов

ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ, КОТОРЫМИ ДОЛЖНЫ  
ОВЛАДЕТЬ СТУДЕНТЫ ПОСЛЕ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА  
БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

1. Проведение реакции Вагнера с олеиновой кислотой.
2. Образование этилата натрия и его гидролиз.
3. Проведение реакции  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  с формальдегидом.
4. Доказательство ненасыщенности жира реакцией с бромной водой.
5. Доказательство наличия свободного фенольного гидроксила в салициловой кислоте.
6. Образование триброманилина.
7. Окисление боковых цепей гомологов бензола.
8. Сульфирование ароматических соединений.
9. Проведение йодоформной реакции на ацетон.
10. Окисление первичных спиртов до альдегидов хромовой смесью.
11. Реакция этерификации этанола уксусной кислотой
12. Декарбоксилирование лимонной кислоты и ацетоуксусного эфира.
13. Цветные реакции антипирина и амидопирина с раствором хлорида железа
14. Образование солей мочевой кислоты
15. Мурексидная проба.
16. Получение динитрофенилгидразона ацетона.
17. Окисление глюкозы и лактозы реактивом Фелинга
18. Проведение реакции реактивом Толленса с глюкозой, лактозой.
19. Проведение качественной реакции на крахмал с раствором йода.
20. Получение этиленгликолята меди.
21. Проведение нингидриновой реакции с белками.
22. Проведение ксантопротеиновой реакции с раствором белка.
23. Проведение реакции с серосодержащими аминокислотами, пептидами, белками.
24. Проведение биуретовой реакции с пептидами и белками.
25. Осаждение белков неорганическими кислотами и солями тяжелых металлов.
26. Кислотный гидролиз крахмала.
27. Реакция Селиванова на фруктозу.