

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

**О. Н. РИНЕЙСКАЯ, И. В. РОМАНОВСКИЙ, В. В. ПИНЧУК**

# **БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Рабочая тетрадь для студентов медицинского факультета,  
обучающихся по специальности 1-79 01 01 «Лечебное дело»



Минск БГМУ 2011

УДК 577.1-054.6(076.5) (075.8)  
ББК 28.072 я73  
P51

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве  
рабочей тетради 25.05.2011 г., протокол № 9

Р е ц е н з е н т ы: д-р мед. наук, проф. А. Д. Таганович; канд. мед. наук, доц. В. Э. Бут-  
виловский

**Ринейская, О. Н.**

P51 Биоорганическая химия : рабочая тетрадь для студ. мед. ф-та, обучающихся по специальности 1-79 01 01 «Лечебное дело» / О. Н. Ринейская, И. В. Романовский, В. В. Пинчук. – Минск : БГМУ, 2011. – 56 с.

ISBN 978-985-528-415-5.

Содержит методические рекомендации для подготовки к лабораторным занятиям по биоорганической химии. К каждой теме даны цель занятия, вопросы для обсуждения, письменные задания. Приведены описания и протоколы лабораторных опытов.

Предназначено для студентов 1-го курса медицинского факультета иностранных учащихся, обучающихся по специальности 1-79 01 01 «Лечебное дело».

УДК 577.1-054.6(076.5) (075.8)  
ББК 28.072 я73

ISBN 978-985-528-415-5

© Оформление. Белорусский государственный  
медицинский университет, 2011

**УЧЕБНО-УЧЕТНАЯ КАРТА**

студента \_\_\_\_\_ гр. \_\_\_\_\_ факультета, \_\_\_\_\_ (ФИО)

Уч. нед.	Тема лабораторного занятия	Дата занятия	Оценка	Подпись преподавателя	Дата отработки
1.	Введение в практикум. Классификация и номенклатура органических соединений				
2.	Стереоизомерия, ее значение для проявления биологической активности				
3.	Строение химических связей и взаимное влияние атомов в органических молекулах				
4.	Кислотно-основные свойства органических соединений				
5.	Реакционная способность углеводов				
6.	Биологически важные реакции карбонильных соединений				
7.	Карбоновые кислоты и их функциональные производные				
8.	<b>Итоговое занятие</b> «Теоретические основы строения и реакционной способности основных классов органических соединений»				
9.	Поли- и гетерофункциональные соединения алифатического ряда				
10.	Биологически активные гетерофункциональные соединения бензольного и гетероциклического рядов				
11.	Липиды: классификация, строение, свойства. ПОЛ				
12.	Углеводы. Моносахариды				
13.	Олиго- и полисахариды				
14.	Структура и реакционная способность аминокислот как гетерофункциональных соединений				
15.	Пептиды, строение, свойства, значение. Уровни организации белковых молекул				
16.	Нуклеозиды и нуклеотиды. Нуклеиновые кислоты				
17.	<b>Итоговое занятие</b> «Биополимеры и их структурные компоненты. Липиды»				
18.	Низкомолекулярные биорегуляторы. Стероиды. Алкалоиды				

## ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ КАФЕДРОЙ К СТУДЕНТУ

1. Студент **должен соблюдать правила техники безопасности** в аудиториях кафедры, выполнять правила внутреннего распорядка УО «БГМУ».
2. На лабораторных занятиях студент должен быть в халате, иметь рабочую тетрадь.
3. Пропущенные занятия должны быть отработаны в течение **2-х недель после пропуска**. Студент, не отработавший в течение 2-х недель пропущенные лабораторные занятия, к последующим занятиям, итоговым занятиям и зачету не допускается.
4. Во время работы в учебном практикуме необходимо соблюдать дисциплину и порядок, за поддержание которых отвечает дежурный по группе и староста группы.
5. Запрещается вносить в учебный практикум верхнюю одежду.
6. Запрещается принимать пищу в учебном практикуме.
7. Рабочее место следует содержать в чистоте и порядке, не загромождая его посторонними предметами.
8. В учебной аудитории запрещается выполнение любых экспериментальных работ, не связанных с выполнением учебного задания.
9. Запрещается выполнять лабораторные опыты в отсутствие преподавателя.
10. По окончании работы необходимо: вымыть химическую посуду, навести порядок на рабочем месте, выключить светильники.
11. Все вопросы по технике безопасности, возникшие в процессе работы, следует немедленно выяснять у преподавателя или лаборанта.

С требованиями кафедры ознакомлен(а) \_\_\_\_\_ 20 \_ г. \_\_\_\_\_ (подпись)

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

### ТЕМА: Введение в практикум. Классификация и номенклатура органических соединений

**Цель занятия:** сформировать знания основных принципов классификации и номенклатуры органических соединений и умений использовать их при составлении названий и написании формул биологически активных веществ.

#### ЛИТЕРАТУРА<sup>1</sup>

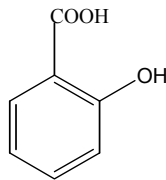
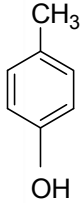
[1] С. 11-24, [2] С. 9-26.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Предмет и задачи биорганической химии.
2. Объекты, изучаемые биорганической химией.
3. Классификация органических соединений. Функциональные группы, характерные для биологически важных соединений и их старшинство.
4. Номенклатура органических соединений.

#### ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Назовите по заместительной номенклатуре ИЮПАК следующие соединения:

молочная кислота $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$	щавелевоуксусная кислота $\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\    \\ \text{O} \end{array}$	серин $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	салициловая кислота 
	изопрен $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{OH} \end{array}$	цистеин $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{SH} \end{array}$

2. Напишите структурные формулы следующих соединений:

Название соединения	Структурная формула
а) 3-гидрокси-3-карбоксипентандиовая кислота (лимонная кислота)	
б) 2-амино-4-метилтиобутановая кислота	

<sup>1</sup> Список литературы см. на с. 55

в) 4-аминофенол	
г) пентанпентаол-1,2,3,4,5	
д) диметоксиметан	
е) 2,6-диаминогексановая кислота	
ж) 2-метиламино-1-фенилпропанол-1	
з) 1-этоксиэтанол	
и) 2-гидроксипутандиовая кислота	

*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

### ТЕМА: Стереизомерия, ее значение для проявления биологической активности

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания о единстве строения, конфигурации и конформации органических молекул как основы для понимания связи пространственного строения с биологической активностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 50 – 85, [2] С. 18 – 26, [3] С. 19 – 31, [4].

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Основные понятия стереохимии – конфигурация и конформации. Проекционные формулы Ньюмена.
2. Конформации алифатических соединений, их сравнительная энергетическая характеристика.
3. Конформации циклогексана. Конформация кресла, инверсия цикла.
4. Конформации моно- и дизамещенных производных циклогексана. 1,3-диаксиальное взаимодействие.
5. Хиральные молекулы, асимметрический атом углерода. Стереизомерия молекул с одним центром хиральности. Энантиомерия.

6. Проекционные формулы Фишера. Глицериновый альдегид как конфигурационный стандарт. Относительная D, L-система стереохимической номенклатуры.
7. Абсолютная конфигурация стереоизомеров. R, S-номенклатура.
8. Стереосомерия молекул с двумя центрами хиральности, энантиомерия и диастереомерия. Мезоформы.
9. Рацемические смеси. Методы разделения рацемических смесей.
10.  $\pi$ -Диастереомерия.  $\pi$ -Диастереомеры бутендиовой и 9-октадеценовой кислот.

### ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

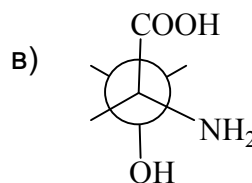
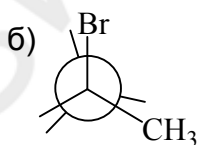
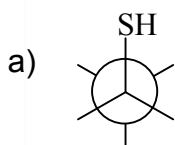
1. С помощью проекционных формул Ньюмена изобразите конформации следующих соединений, возникающие при вращении вокруг связи C—C:

а) этанола

б) бутана (вращение вокруг связи C<sub>2</sub> – C<sub>3</sub>)

в) 2-аминоэтанола

2. Напишите структурные формулы соединений, конформации которых приведены ниже. Назовите эти соединения по заместительной номенклатуре ИЮПАК.



3. Изобразите возможные конформации кресла циклогексанола.

4. Изобразите наиболее устойчивую конформацию 2-метилциклогексанола.

5. Напишите структурные формулы: бутанола-2, 2,3-дигидроксипропанола, 2-аминопропановой кислоты, 3-гидроксибутановой кислоты. Отметьте асимметрические атомы углерода в структуре этих соединений.
6. Напишите проекционные формулы Фишера 2-аминопропановой кислоты.
7. Напишите проекционные формулы Фишера 2-амино-3-гидроксибутановой кислоты.
8. Составьте формулы R, S-изомеров 2-гидроксипропановой кислоты.

**ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

***Сtereoизомеры*** –

***Конфигурация***–

***Конформации*** –

***Асимметрический атом углерода*** –

***Энантиомеры*** –

***Диастереомеры*** –

***Рацемическая смесь*** –

*Подпись преподавателя:*



## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

### ТЕМА: Строение химических связей и взаимное влияние атомов в органических молекулах

**Цель занятия:** сформировать знания о пространственных и электронных эффектах заместителей как основных способах передачи взаимного влияния атомов в органических молекулах, формирования реакционных центров.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 24-47, [2] С. 27-37.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Сопряжение. Сопряженные системы с открытой цепью, их виды ( $\pi$ - $\pi$ - и  $p, \pi$ -сопряжение). Энергия сопряжения. Бутадиен-1,3 как сопряженная система.
2. Строение молекулы бензола. Ароматичность. Правило Хюккеля.
3. Ароматичность гетероциклических систем на примере пиррола и пиридина. Электронное и пространственное строение пиррольного и пиридинового атомов азота.
4. Индуктивный эффект и мезомерный эффект.
5. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители.

#### ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Определите вид сопряжения в молекулах:

а) виниламина	г) пропеновой кислоты
б) 2-метилбутадиена-1,3	д) пиррола
в) пропеналя	е) пиридина

2. Докажите ароматичность соединений, используя правило Хюккеля:

а) фенантрена	г) имидазола
б) пиррола	д) пиримидина

в) пиридина	е) пурина
-------------	-----------

3. Укажите вид и знак электронных эффектов функциональных групп в молекулах; обозначьте эффекты графически. Какие свойства, электронодонорные или электроноакцепторные, проявляют функциональные группы в указанных соединениях?

а) этанола	в) пропаналя
б) фенола	г) бензальдегида

ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

*Сопряжение* –

*Ароматичность* –

*Индуктивный эффект* –

*Мезомерный эффект* –

*Подпись преподавателя:*

#### ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

**ТЕМА: Кислотно-основные свойства органических соединений.**

##### **Реакции окисления**

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания об основных теориях кислотности и основности органических соединений, изучить факторы, влияющие на их выраженность и позволяющие качественно оценивать кислотность и основность органических соединений.

##### **ЛИТЕРАТУРА**

[1] С. 100-115, [2] С. 63-76.

### Вопросы для подготовки к занятию

1. Протолитическая теория кислотности и основности органических соединений Бренстеда-Лоури. Классификация органических кислот.
2. Электронная теория кислотности и основности Льюиса.
3. Качественная характеристика силы водородсодержащих органических кислот. Факторы, влияющие на выраженность кислотных свойств органических соединений.
4. Реакции окисления спиртов, тиолов, фенолов. Антиоксиданты
5. Основность. Классификация оснований Бренстеда. Факторы, влияющие на выраженность основных свойств органических соединений.
6. Амфотерные свойства органических соединений. Водородная связь как специфическое проявление кислотно-основных свойств.
7. Кислотно-основные свойства азотсодержащих гетероциклов (пиррол, имидазол, пиридин).

### Письменные задания

1. Сравните кислотность соединений в группах, учитывая стабильность аниона:

а) этанол и этантиол;

б) пропанол-1 и пропантриол-1,2,3 (глицерин);

в) фенол и п-аминофенол;

г) бензойная и о-гидроксибензойная кислота;

д) пиррол и имидазол.

2. Сравните основность соединений в группах:

а) диметиловый эфир и диметиламин;

б) этиламин и анилин;

в) пиррол и пиридин;

г) пиридин и пиримидин.

3. Напишите схемы реакций окисления этанола *in vivo* и *in vitro*.

4. Составьте схему реакции окисления этантиола мягким окислителем.

5. Для приведенных ниже оснований напишите уравнения реакций солеобразования с HCl:

а) метиламин

б) анилин

в) имидазол

**ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

***Кислоты Льюиса –***

***Основания Льюиса –***

*Кислоты Бренстеда –*

*Основания Бренстеда –*

*Антиоксиданты –*

### Лабораторная работа

#### 1. Окисление этилового спирта

В пробирку поместите 3 капли этанола<sup>2</sup>, добавьте 2 капли раствора серной кислоты (23) и 3 капли раствора дихромата калия (24). Полученный оранжевый раствор нагрейте над пламенем спиртовки до начала изменения окраски. Через несколько секунд раствор становится синевато-зеленым [цвет солей хрома (III)]. Одновременно ощущается характерный запах уксусного альдегида, напоминающий запах яблок.

Внесите 1 каплю полученного раствора в другую пробирку с 3 каплями фуксинсернистой кислоты (33). Появляется розово-фиолетовое окрашивание (качественная реакция на альдегиды).

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции окисления этанола в ацетальдегид:*

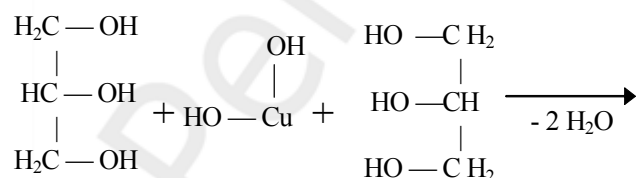
**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### 2. Качественная реакция на многоатомные спирты

В пробирку внесите 2 капли раствора  $\text{CuSO}_4$  (26) и 2 капли раствора гидроксида натрия (21). Образуется голубой осадок гидроксида меди (II). Добавьте к нему 2 капли глицерина (4) и встряхните пробирку. Происходит растворение осадка с образованием раствора синего цвета.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции взаимодействия глицерина с гидроксидом меди (II) с образованием хелатного комплекса глицерата меди:*



**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\* Реактивы, отмеченные звездочкой (\*), находятся в вытяжном шкафу.

### 3. Получение фенолята натрия и его разложение

К 10 каплям эмульсии фенола (\*) с водой добавляют по каплям раствор NaOH (21) до получения прозрачного раствора; образуется растворимый фенолят натрия. Затем добавляют по каплям разбавленную  $H_2SO_4$  (23), снова образуется эмульсия (выделяется фенол).

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции получения фенолята натрия:*

*Почему при добавлении серной кислоты к раствору фенолята натрия наблюдается помутнение раствора? Напишите схему происходящей реакции:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 4. Качественная реакция на фенолы

К 10 каплям водной эмульсии фенола (\*) добавляют 1–2 капли раствора  $FeCl_3$  (8), встряхивают. Появляется фиолетовое окрашивание.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 5. Сравнение основных свойств метиламина и анилина

На одну полоску красной лакмусовой бумаги нанесите 1 каплю водного раствора метиламина\*, на другую — 1 каплю раствора анилина\*. Запишите наблюдения.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

### ТЕМА: Реакционная способность углеводородов

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания классификации и механизмов органических реакций, зависимости реакционной способности углеводородов от электронного строения и типа химических связей, распределения электронной плотности в молекуле.

#### ЛИТЕРАТУРА

[2] С. 38-62, 63-86.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Понятие о механизме реакции. Субстрат, реагент, реакционный центр. Гомолитический и гетеролитический механизмы разрыва ковалентной связи. Типы реагентов.
2. Классификация органических реакций.
3. Реакции радикального замещения ( $S_R$ ). Условия генерирования радикальных частиц. Галогенирование алканов и циклоалканов.
4. Реакции электрофильного присоединения ( $A_E$ ). Галогенирование, гидрогалогенирование и гидратация алкенов. Современная трактовка правила Марковникова (статический и динамический факторы).
5. Реакции электрофильного замещения ( $S_E$ ) в ароматических соединениях, их механизм.
6. Ориентирующее влияние заместителей в бензольном кольце на скорость реакции  $S_E$  и характер образующихся продуктов.
7. Механизм реакций нуклеофильного замещения ( $S_N$ ) у  $sp^3$ -гибридизированного атома углерода в ряду галогенопроизводных алканов и спиртов.
8. Конкурентные реакции элиминирования в ряду галогенопроизводных алканов и спиртов.

#### ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Опишите механизм реакции радикального замещения на примере хлорирования пропана:
  - а) хлороводорода к пропену
  - б) воды к пропену
2. Напишите схемы реакций и опишите механизм реакций присоединения

в) бромоводорода к акриловой (пропеновой) кислоте

3. Опишите механизм реакций электрофильного замещения:

а) алкилирования толуола хлористым метилом в присутствии катализатора  $AlCl_3$

б) нитрования бензойной кислоты

ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Субстрат* –

*Реагент* –

*Электрофил* –

*Нуклеофил* –

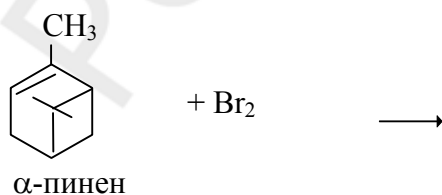
#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

##### 1. Доказательство непредельности терпенов

В пробирку поместите 4 капли бромной воды\* и 2 капли  $\alpha$ -пинена\* (компонент скипидара), встряхните. Желтая окраска бромной воды быстро исчезает.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

Допишите схему реакции взаимодействия  $\alpha$ -пинена с бромом:



**Вывод:** \_\_\_\_\_

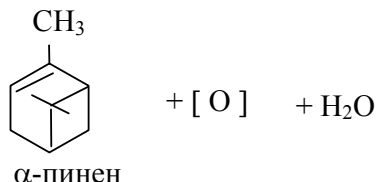


## 2. Легкая окисляемость терпенов

В пробирку поместите 6 капель раствора  $\text{KMnO}_4$  (14), добавьте 1 каплю  $\alpha$ -пинена и встряхните. Розовая окраска переходит в бурую, обусловленную образованием  $\text{MnO}_2$ .

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Допишите схему реакции окисления  $\alpha$ -пинена перманганатом калия в нейтральной среде:*



**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 3. Окисление толуола

В пробирку поместите 10 капель раствора  $\text{KMnO}_4$  (14) и 2 капли разбавленной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (23). Добавьте 3 капли толуола\* и энергично встряхните. Осторожно нагрейте пробирку над пламенем спиртовки. Наблюдается обесцвечивание раствора. Перманганат калия окисляет толуол в бензойную кислоту.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции окисления толуола:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 4. Нитрование толуола

В пробирку поместите 5 капель толуола\*, добавьте 10 капель нитрующей смеси\* и осторожно встряхните, постукивая пробиркой о ладонь в течение 2–3 мин. Содержимое пробирки вылейте в стакан с водой. Ощущается запах горького миндаля, тяжелый нитротолуол опускается на дно стакана.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции нитрования толуола:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

### ТЕМА: Биологически важные реакции карбонильных соединений

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания зависимости реакционной способности альдегидов и кетонов от электронного и пространственного строения оксо- группы, электронных эффектов заместителей; освоить навыки выполнения качественных реакций на альдегиды и кетоны (ацетон).

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 182-194, [2] С. 87-94.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Электронное строение карбонильной группы. Реакционные центры в альдегидах и кетонах. Различия в реакционной способности альдегидов и кетонов.
2. Механизм реакций нуклеофильного присоединения ( $A_N$ ): присоединение воды, спиртов, аминов. Биологическое значение реакций нуклеофильного присоединения.
3. Восстановление альдегидов и кетонов.
4. Реакции по СН-кислотному центру. Альдольная конденсация.
5. Формальдегид. Формалин, применение в медицине. Реакция диспропорционирования.

#### ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Напишите схемы реакций восстановления этанала *in vivo* и *in vitro*.
2. Напишите уравнение реакции взаимодействия этанала с избытком метанола. Опишите механизм.
3. Опишите механизм реакции внутримолекулярной ацетализации 4-гидроксигексанала.
4. Опишите механизм реакции взаимодействия этанала с метиламином (образования основания Шиффа).

5. Составьте схему реакции альдольной конденсации пропаналя, опишите механизм.

ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Полуацеталь* –

*Ацеталь* –

*Основание Шиффа* –

*Формалин* –

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

##### 1. Окисление формальдегида гидроксидом меди (II)

В пробирку поместите 5 капель раствора гидроксида натрия (21) и 1 каплю раствора  $\text{CuSO}_4$  (26). К выпавшему осадку гидроксида меди (II) прибавьте 3 капли формалина (32). Содержимое пробирки осторожно нагрейте до кипения. *Осадок приобретает сначала желтую окраску, затем – красную и, если пробирка была чистой, то на ее стенках может выделиться медь (медное зеркало). Изменение окраски осадка, наблюдаемое в процессе реакции, объясняется различной степенью окисления меди.*

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции окисления формальдегида гидроксидом меди (II):*

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

##### 2. Реакция взаимодействия формальдегида с фуксинсернистой кислотой

В пробирку поместите 2-3 капли формалина (32), добавьте 2 капли раствора фуксинсернистой кислоты (33), встряхните. Появляется розово-фиолетовое окрашивание.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### 3. Реакция диспропорционирования водных растворов формальдегида

В пробирку поместите 2-3 капли формалина (32), добавьте 1 каплю раствора индикатора метилового красного\*. *Покраснение раствора указывает на кислую реакцию среды.*

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Напишите уравнение реакции диспропорционирования формальдегида:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 4. Открытие ацетона путем перевода его в йодоформ

В пробирку поместите 3 капли раствора йода в йодиде калия (47) и прибавьте по каплям раствор NaOH (21) до исчезновения бурой окраски йода. К обесцвеченному раствору добавьте 1 каплю ацетона\*, встряхните. Выпадает желтовато-белый осадок с характерным запахом йодоформа.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Напишите схему реакции образования йодоформа:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 5. Цветная реакция на ацетон с нитропруссидом натрия

*Цветная реакция с нитропруссидом натрия (проба Легалья) широко применяется в клинической лабораторной практике для открытия ацетона в моче (при диагностике сахарного диабета).*

В пробирку поместите 2-3 капли ацетона\*, 1 каплю раствора нитропруссид натрия (35) и 1 каплю раствора NaOH (21). Через 2–3 минуты прибавьте 1 каплю уксусной кислоты (36). Появляется вишнево-красное окрашивание.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

### ТЕМА: Карбоновые кислоты и их функциональные производные

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания реакционной способности карбоновых кислот и их функциональных производных, механизма реакций ацилирования..

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 194-214, [2] С. 96-103.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Электронное строение карбоксильной группы. Реакционные центры в молекулах карбоновых кислот.
2. Классификация карбоновых кислот. Отдельные представители одно-, двухосновных, насыщенных, ненасыщенных, ароматических кислот.
3. Двухосновные карбоновые кислоты. Реакции декарбоксилирования; образования циклических ангидридов.
4. Функциональные производные карбоновых кислот.
5. Механизм реакции этерификации.
6. Гидролиз сложных эфиров.
7. Амиды кислот, гидролиз. Мочевина, роль в организме.

#### ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Сравните кислотные свойства этановой и этандиовой кислот.
2. Напишите уравнение реакции декарбоксилирования 2-аминопентандиовой кислоты.
3. Составьте структурные формулы:
  - а) ангидрида уксусной кислоты
  - б) полного хлорангидрида малоновой кислоты
  - в) амида уксусной кислоты.

4. Опишите механизм реакции этерификации на примере взаимодействия этановой кислоты с метанолом.
  
5. Напишите схему реакции гидролиза этилметаноата в кислой среде, опишите механизм.
  
6. Напишите схему реакции гидролиза метилэтаната в щелочной среде, опишите механизм.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

#### 1. Получение этилацетата

В сухую пробирку поместите порошок безводного ацетата натрия (42) (высота столбика вещества около 2 мм) и 3 капли этанола\*. Добавьте 2 капли  $H_2SO_4$  (конц.)\* и осторожно нагрейте над пламенем спиртовки. Через несколько секунд появляется приятный освежающий запах.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции образования этилацетата:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

#### 2. Декарбоксилирование щавелевой кислоты

В сухую пробирку поместите кристаллическую щавелевую кислоту\* (навеска 0,5г). Пробирку закройте газоотводной трубкой и осторожно нагрейте. Конец газоотводной трубки опустите в пробирку, содержащую 15 капель известковой воды (2). Известковая вода мутнеет вследствие образования нерастворимого в воде карбоната кальция.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции, происходящей при нагревании щавелевой кислоты:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 3. Открытие оксалат-аниона

В пробирку поместите 5 капель оксалата натрия (40), добавьте 1 каплю хлорида кальция (41), образуется осадок. Содержимое пробирки разделите на две части. К одной части добавьте 5 капель раствора HCl (9), к другой — 5 капель уксусной кислоты (36).

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Напишите схему реакции образования оксалата кальция:*

*Приведите схему реакции, приводящей к растворению осадка оксалата кальция:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

**ТЕМА: Итоговое занятие «Теоретические основы строения и реакционной способности основных классов органических соединений»**

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать целостное представление о пространственном строении и реакционной способности основных классов органических соединений

### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 11-24, 50 – 85, 24-47, 100-115, 85 – 99, 116-149, 182-214, [2] С. 9-26, 18 – 26, 27-37, 63-76, 38-62, 87-103, [3] С. 19 – 31.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Классификация и номенклатура органических соединений.
2. Основные понятия стереохимии – конфигурация и конформации. Проекционные формулы Ньюмена. Конформации алифатических соединений.
3. Конформации циклогексана. Конформация кресла, инверсия цикла.
4. Конформации моно- и дизамещенных производных циклогексана. 1,3-диаксиальное взаимодействие.
5. Хиральные молекулы, асимметрический атом углерода. Стереизомерия молекул с одним центром хиральности. Энантиомерия.
6. Проекционные формулы Фишера. Глицериновый альдегид как конфигурационный стандарт. Относительная D, L-система стереохимической номенклатуры. R, S-номенклатура.
7. Стереизомерия молекул с двумя центрами хиральности, энантиомерия и диастереомерия. Мезоформы.
8. Рацемические смеси. Методы разделения рацемических смесей.
9. Сопряжение. Сопряженные системы с открытой цепью, их виды ( $\pi$ - $\pi$ - и  $p, \pi$ -сопряжения). Энергия сопряжения.
10. Циклические сопряженные системы. Ароматичность. Правило Хюккеля.

11. Ароматичность гетероциклических систем. Электронное и пространственное строение пиррольного и пиридинового атомов азота.
12. Электронные эффекты: индуктивный, мезомерный. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители.
13. Протолитическая теория кислотности и основности органических соединений Бренстеда-Лоури. Классификация органических кислот.
14. Сравнительная характеристика кислотных свойств спиртов, фенолов, тиолов и карбоновых кислот. Факторы, влияющие на выраженность кислотных свойств органических соединений.
15. Реакции окисления спиртов, тиолов, фенолов. Антиоксиданты
16. Основность. Классификация оснований Бренстеда. Факторы, влияющие на выраженность основных свойств органических соединений. Основность алифатических и ароматических аминов.
17. Амфотерные свойства органических соединений. Водородная связь как специфическое проявление кислотно-основных свойств.
18. Кислотно-основные свойства азотсодержащих гетероциклов.
19. Гомолитический и гетеролитический механизмы разрыва ковалентной связи. Типы реагентов. Свободные радикалы, электрофильные и нуклеофильные реагенты.
20. Классификация органических реакций по направлению реакции.
21. Реакции радикального замещения ( $S_R$ ) как цепные реакции. Генерирование радикальных частиц. Механизм реакций галогенирования алканов и циклоалканов.
22. Реакции электрофильного присоединения ( $A_E$ ). Механизм реакций галогенирования, гидрогалогенирования и гидратации алкенов. Правило Марковникова (статический и динамический факторы).
23. Особенности механизма реакций  $A_E$  у диеновых углеводородов с сопряженными двойными связями.
24. Механизм реакций электрофильного замещения ( $S_E$ ) в ароматических соединениях. Реакции галогенирования, нитрования, сульфирования, алкилирования.
25. Особенности реакций  $S_E$  в ряду гетероциклических ароматических соединений.
26. Ориентирующее влияние заместителей в бензольном кольце на скорость реакций  $S_E$  и характер образующихся продуктов.
27. Реакции нуклеофильного замещения у  $sp^3$ -гибридизованного атома углерода.  $S_{N1}$  и  $S_{N2}$  механизмы. Реакции элиминирования.
28. Электронное строение карбонильной группы. Реакционные центры в альдегидах и карбоновых кислотах. Различия в реакционной способности.
29. Механизм реакций нуклеофильного присоединения ( $A_N$ ). Присоединение спиртов, аминов. Восстановление альдегидов и кетонов *in vitro* и *in vivo*.
30. Реакции по СН-кислотному центру. Реакции альдольной конденсации. Галоформные реакции.
31. Формальдегид. Формалин, применение в медицине. Реакция диспропорционирования.
32. Карбоновые кислоты. Кислотные свойства карбоновых кислот: одно-, двухосновных, предельных, непредельных, ароматических.
33. Реакции нуклеофильного замещения у  $sp^2$ -гибридизованного атома углерода карбоновых кислот и их функциональных производных.



34. Реакции ацилирования. Кислотный и щелочной гидролиз сложных эфиров. Гидролиз амидов.

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

### ТЕМА: Поли- и гетерофункциональные соединения алифатического ряда

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания реакционной способности гидрокси- и оксокислот с учетом взаимного влияния функциональных групп, умения прогнозировать химические свойства гетерофункциональных соединений.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 233-271, [3] С. 5-12.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Полифункциональные соединения: многоатомные спирты (глицерол, инозитол), двухатомные фенолы (пирокатехин, резорцин, гидрохинон), двухосновные карбоновые кислоты (щавелевая, малоновая, янтарная, глутаровая, малеиновая, фумаровая).
2. Гетерофункциональные соединения. Строение, реакционная способность, роль в процессах жизнедеятельности. Аминоспирты (2-аминоэтанол, холин). Ацетилхолин. Катехоламины: дофамин, норадреналин, адреналин.
3. Гидроксикислоты (молочная, яблочная). Строение, химические свойства, биологическая роль. Окисление гидроксикислот *in vivo*.
4. Различия в химических свойствах  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -гидроксикислот.
5. Лимонная кислота. Цитраты. «Цитратная кровь». Реакция разложения лимонной кислоты при нагревании.
6. Реакция образования лимонной кислоты из щавелевоуксусной кислоты и ацетил-СоА. Реакция дегидратации лимонной кислоты *in vivo*.
7. Оксокислоты (пировиноградная, ацетоуксусная, щавелевоуксусная,  $\alpha$ -кетоглутаровая). Кислотные свойства и реакционная способность. Восстановление оксокислот *in vivo*.
8. Кетонные тела. Строение, свойства, механизм взаимопревращений. Биологическая значимость.
9. Таутомерия. Таутомерные формы ацетоуксусного эфира и щавелевоуксусной кислоты. Характерные реакции на енольный фрагмент.
10. Амиды угольной кислоты — карбаминовая кислота, карбамид. Строение, свойства, применение.

### ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Напишите схемы реакций окисления молочной и яблочной кислот *in vivo*, назовите продукты.
2. Напишите схему реакции образования лимонной кислоты *in vivo* из ЩУК и ацетил-СоА.

3. Напишите таутомерные формулы пировиноградной кислоты (ПВК). Приведите схему реакции ПВК (в енольной форме) с фосфорной кислотой.
4. Приведите схему реакции восстановления ПВК *in vivo*.

ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Таутомерия* –

*Соли молочной кислоты называются* –

*Соли яблочной кислоты* –

*Соли винной кислоты* –

*Соли лимонной кислоты* –

*Соли пировиноградной кислоты* –

*Соли щавелевоуксусной кислоты* –

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

##### 1. Качественная реакция на молочную кислоту

В пробирку поместите 5 капель раствора фенола (27) и 1 каплю раствора  $\text{FeCl}_3$  (8). Появляется фиолетовое окрашивание, переходящее от нескольких капель молочной кислоты (49) в желто-зеленое.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

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

В пробирку поместите 2 капли 15% раствора винной кислоты (50), 2 капли 5% раствора KOH (51) и встряхните. Постепенно начинает образовываться белый кристаллический осадок кислой калиевой соли винной кислоты. Если осадок не выпадает, то потрите внутреннюю стенку пробирки стеклянной палочкой. Добавьте в пробирку 2-3 капли 10% раствора NaOH (21). Кристаллический осадок постепенно растворяется, так как образуется хорошо растворимая в воде смешанная калиево-натриевая соль винной кислоты – *сегнетова соль*. Раствор сохраните для следующего опыта.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Напишите схемы реакций образования гидротартрата калия и тартрата калия-натрия:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

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

В две пробирки поместите по 2 капли 2% раствора сульфата меди (II) (26) и по 2 капли 10% раствора NaOH (21). В 1-ю пробирку добавьте раствор тартрата калия-натрия, полученный в предыдущем опыте. Осадок гидроксида меди (II) растворяется. Полученный раствор имеет синюю окраску. Он носит название *реактива Фелинга* и используется для обнаружения глюкозы.

Жидкости в обеих пробирках нагрейте до кипения. В 1-й пробирке окраска не изменится, во 2-й – голубой осадок гидроксида меди (II) превращается в оксид меди (II) черного цвета.

*Наличие какого структурного фрагмента обуславливает взаимодействие тартрата калия-натрия с гидроксидом меди (II)?*

*Объясните, почему при нагревании не изменяется окраска содержимого в 1-й пробирке и изменяется во 2-й?*

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 4. Обнаружение двух таутомерных форм ацетоуксусного эфира

Поместите в пробирку 1 каплю ацетоуксусного эфира\* и 1 каплю раствора FeCl<sub>3</sub> (8). Немедленно появляется фиолетово-красное окрашивание, указывающее на наличие енольной формы ацетоуксусного эфира. Прибавьте 1 каплю насыщенного водного раствора брома\*. Фиолетовое окрашивание моментально исчезает, но затем постепенно появляется. Прибавьте еще 1 каплю бромной воды – вновь происходит обесцвечивание с последующим возобновлением фиолетовой окраски. *Объясните наблюдаемое явление.*

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Приведите таутомерные формы ацетоуксусного эфира:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 10

### ТЕМА: Биологически активные гетерофункциональные соединения бензольного и гетероциклического рядов, метаболиты и биорегуляторы

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания строения и реакционной способности ряда физиологически активных соединений производных бензольного и гетероциклического рядов и представления об их биологическом значении и использовании в медицинской практике.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 271 - 278, 298, 301 - 302, 306 – 307, 440 - 441; [3] С. 12-18.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Салициловая кислота как представитель фенолокислот; ее кислотные свойства. Производные салициловой кислоты: ацетилсалициловая кислота, метилсалицилат, фенолсалицилат, их строение, медицинское применение.
2. *n*-Аминобензойная кислота как гетерофункциональное соединение и естественный метаболит, ее роль в структуре фолиевой кислоты.
3. Производные *p*-аминобензойной кислоты — анестезин, новокаин, их получение и применение. Современные анестезирующие средства — ультракаин, лидокаин.
4. Сульфаниловая кислота и ее амид. Сульфаниламидные препараты. Понятие об антиметаболитах.
5. Никотиновая кислота. Амид никотиновой кислоты, его роль в структуре и функционировании кофермента НАД<sup>+</sup>.
6. Изоникотиновая кислота и ее производные — тубазид, фтивазид. Строение, свойства, медицинское применение.
7. Барбитуровая кислота как полный циклический уреид малоновой кислоты, ее таутомерные формы. Фенобарбитал, его медицинское применение.
8. Гидроксипурины: гипоксантин, ксантин, мочева кислота как продукты метаболизма нуклеиновых кислот.

#### ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Напишите уравнения реакций получения производных салициловой кислоты: метилсалицилата, фенолсалицилата и ацетилсалициловой кислоты.

2. Напишите уравнения реакций взаимодействия *n*-аминобензойной кислоты с этанолом и *N,N*-диэтиламиноэтанолом.
3. Гиппуровая кислота ( $C_6H_5CONHCH_2COOH$ ) образуется в печени из бензойной и аминокусусной кислот. Напишите схему ее образования.
4. Напишите схему таутомерных превращений мочевой кислоты и назовите тип таутомерии.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

##### 1. Доказательство отсутствия фенольного гидроксила в ацетилсалициловой кислоте и ее гидролиз

В пробирку № 1 поместите несколько крупинок аспирина\* и 5–6 капель воды. Встряхните пробирку, чтобы ускорить растворение вещества, и затем отлейте часть раствора в пробирку № 2. При добавлении 1 капли  $FeCl_3$  (8) в пробирку № 2 фиолетовая окраска не появляется.

Остаток раствора ацетилсалициловой кислоты в пробирке № 1 прокипятите в течение полминуты и затем прибавьте 1 каплю  $FeCl_3$  (8). Как меняется цвет раствора? Как можно объяснить изменение цвета?

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

---

*Приведите уравнение реакции гидролиза ацетилсалициловой кислоты, назовите продукты реакции.*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 2. Получение медной соли никотиновой кислоты

В пробирку поместите 1 шпатель никотиновой кислоты\*, добавьте 10–15 капель воды, нагрейте до кипения. К горячему раствору добавьте 1–2 капли уксусной кислоты (36) и 3–4 капли раствора  $\text{CuSO}_4$  (26).

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 3. Получение солей мочевой кислоты

В пробирку поместите небольшое количество (на кончике лопаточки) мочевой кислоты (7) и добавьте 10 капель воды. Отметьте, что мочевая кислота не растворяется. Однако при добавлении 1 капли 1% раствора гидроксида натрия (\*) сразу образуется прозрачный раствор динатриевой соли мочевой кислоты.

Половину раствора динатриевой соли мочевой кислоты поместите в чистую пробирку и добавьте 1 каплю насыщенного раствора хлорида аммония (10). Выпадает осадок урата аммония.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции взаимодействия мочевой кислоты с гидроксидом натрия.*

*Напишите схему реакции образования урата аммония, учитывая, что оба иона натрия замещаются на ионы аммония.*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 11

**ТЕМА: Липиды: классификация, строение, свойства.  
Пероксидное окисление липидов**

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания зависимости физико-химических свойств, биологической активности и значимости липидов от структуры (характера ацильных остатков высших жирных кислот и других структурных компонентов)

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 444-464; [2] С. 103-118.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Определение и классификация липидов, их биологическое значение.
2. Высшие жирные кислоты (ВЖК), входящие в состав липидов, строение, свойства. Эссенциальные жирные кислоты,  $\omega$ -номенклатура.
3. Триацилглицеролы. Строение, свойства, номенклатура.
4. Строение и свойства восков. Применение восков в медицине.
5. Фосфолипиды. Строение, номенклатура, свойства. Физико-химические свойства фосфолипидов, лежащих в основе липидного бислоя клеточных мембран.
6. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. Антиоксиданты.

#### ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Приведите структурную формулу 1-пальмитоилдидолинолеоилглицерола.
2. Напишите схему реакции щелочного гидролиза (омыления) 1-олеоил-2-пальмитоил-3-стеароилглицерола. Назовите продукты реакции.
3. Напишите структурные формулы а) 1-пальмитоил-2-линоленоилфосфатидилэтаноламина, б) 1-стеароил-2-арахидоноилфосфатидилхолина. Укажите гидрофильные и гидрофобные части молекул.
4. Напишите схему реакции кислотного гидролиза 1-стеароил-2-линолеоилфосфатидилхолина, назовите продукты реакции.

ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Воски* –

*Жиры* –

*Мыла* –

*Фосфолипиды* –

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

#### 1. Открытие остатков непредельных кислот в жире

В пробирку поместите 1 каплю растительного масла\* и добавьте несколько капель бромной воды\*. Энергично встряхните. Происходит присоединение брома и раствор обесцвечивается.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции присоединения брома к олеиновой кислоте, назовите полученное соединение:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### 2. Окисление непредельных кислот раствором $\text{KMnO}_4$

В пробирку поместите 1 каплю растительного масла\* и добавьте 10 капель раствора  $\text{KMnO}_4$  (14) и 2 капли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (43). Энергично встряхните. Розовая окраска исчезает, происходит окисление по месту разрыва двойной связи.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### 3. Определение малонового диальдегида в продуктах перекисного окисления растительных масел

В пробирку № 1 поместите 10 капель раствора свежего подсолнечного масла\*, в пробирку № 2–10 капель длительно хранившегося на свету (в условиях доступа кислорода) подсолнечного масла, в пробирку № 3–10 капель раствора маргарина\* (масло и маргарин растворились в гептан-хлороформной смеси в соотношении 1:1 по объему). Затем в каждую пробирку



добавьте по 10 капель ТБК-реактива (0,8%-ный раствор тиобарбитуровой кислоты в ледяной уксусной кислоте)\*. Пробирки с реакционной смесью встряхните и, закрыв фольгой, поместите в кипящую водяную баню. Через 15 минут пробирки достаньте из водяной бани и визуально оцените интенсивность розовой окраски в них.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 12

### ТЕМА: Углеводы. Моносахариды

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания стереохимического строения, таутомерии, важнейших химических свойств моносахаридов как основу для понимания их метаболических превращений и для изучения структурной организации полисахаридов.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 369-400, [3] С. 32-41.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Углеводы, классификация, биологическое значение.
2. Определение и классификация моносахаридов, стереоизомерия. Формулы Фишера. Эпимеры.
3. Цикло-оксо-таутомерия моносахаридов. Таутомерные превращения D-глюкозы, D-фруктозы, D-рибозы. Аномеры. Формулы Хеуорса.
4. Химические свойства моносахаридов. O- и N- гликозиды. Гидролиз гликозидов.
5. Окисление моносахаридов. Гликуроновые кислоты.
6. Восстановление моносахаридов. Ксилит, сорбит, их применение.
7. Фосфаты моносахаридов, их биологическое значение.
8. Аминосакхара. Строение, свойства, биологическое значение.
9. Аскорбиновая кислота (витамин С). Строение, свойства, биологическое значение.

#### ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Отнесите моносахариды к определенной группе, в соответствии с природой карбонильной группы и длиной углеродной цепи:

<p>a)</p> $  \begin{array}{c}  \text{CHO} \\    \\  \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	<p>б)</p> $  \begin{array}{c}  \text{CHO} \\    \\  \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\    \\  \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	<p>в)</p> $  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	<p>г)</p> $  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $
--	--	--	--

2. Напишите схему таутомерных превращений, происходящих при растворении в воде  $\alpha$ -D-глюкопиранозы и назовите все таутомерные формы.
3. Напишите по Хеурсу формулы  $\beta$ -D-рибофуранозы и  $\beta$ -D-дезоксирибофуранозы.
4. Изобразите  $\alpha$ - и  $\beta$ -D-глюкопиранозу в конформации *кресла*.
5. Напишите схему реакции взаимодействия  $\beta$ -D-галактопиранозы с этанолом в присутствии HCl.
6. Напишите формулы D-глюкуроновой и D-галактурановой кислот по Хеурсу.
7. Составьте структурную формулу 2-дезокси-2-амино- $\beta$ -D-глюкопиранозы.
8. Напишите по Хеурсу формулу 6-фосфата D-глюкопиранозы.

ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Моносахариды –

Эпимеры –

Аномеры –

Гликозиды –

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

#### 1. Доказательство наличия гидроксильных групп в глюкозе

Поместите в пробирку 5 капель 0,5% раствора глюкозы (54) и 2 капли 10% раствора гидроксида натрия (21). К полученной смеси добавьте 2 капли 2% раствора сульфата меди (II) (26). Образующийся вначале осадок гидроксида меди (II) быстро растворяется.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Какой структурный фрагмент глюкозы обуславливает участие в растворении осадка?*

*Напишите схему реакции образования комплексной соли иона  $Cu^{2+}$  с диольным фрагментом глюкозы:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

#### 2. Восстановительные свойства глюкозы (реакция с реактивом Фелинга)

Поместите в пробирку 3 капли раствора Фелинга (55) и добавьте 10 капель 0,5% раствора глюкозы (54). Держа пробирку наклонно, осторожно нагрейте до кипения. Синяя окраска исчезает. Выпадает желтый осадок гидроксида меди (I), переходящий в оранжево-красный осадок оксида меди (I).

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Какая таутомерная форма глюкозы обладает восстановительными свойствами?*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

#### 3. Сравнение реакций глюкозы и формалина с фуксинсернистой кислотой

В две пробирки внесите по 2 капли фуксинсернистой кислоты (33), затем в одну пробирку добавьте 5 капель формалина (32), в другую 5 капель 0,5% раствора глюкозы (54). В пробирке с формалином появляется розово-фиолетовое окрашивание.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

---

Наличие какой функциональной группы можно обнаружить данной реакцией?

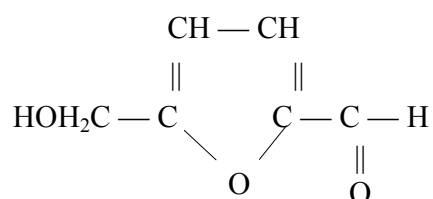
Почему раствор глюкозы не реагирует с фуксинсернистой кислотой?

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

#### 4. Реакция Селиванова на фруктозу

Поместите в пробирку крупинку сухого резорцина\* и 2 капли концентрированной соляной кислоты\*. Добавьте 2 капли 0,5% раствора фруктозы (56) и нагрейте до начала кипения. Постепенно жидкость приобретает красное окрашивание. Реакция обусловлена образованием нестойкого соединения – 5-гидроксиметилфурфуrolа.



Под влиянием концентрированной соляной кислоты 5-гидроксиметилфурфуrol конденсируется с резорцином, давая окрашенное соединение. Реакция Селиванова характерна для фруктозы и для других кетогексоз. Она основана на том, что гидроксиметилфурфуrol образуется из кетоз легче, чем из альдоз, не требуя кипячения. При длительном же кипячении и глюкоза может вызвать небольшое покраснение раствора.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

---

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

Подпись преподавателя:

### ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 13

#### ТЕМА: Олиго- и полисахариды

**Цель занятия:** сформировать знания принципов химического строения и основных химических свойств дисахаридов, гомо- и гетерополисахаридов во взаимосвязи с их биологическими функциями.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 400-420, [3] С. 43-53.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Классификация полисахаридов, их биологическая роль.
2. Дисахариды: мальтоза, лактоза, лактулоза, сахароза, целлобиоза. Строение, характер гликозидной связи, цикло-оксо-таутомерия, свойства, биологическое значение.
3. Крахмал. Строение, свойства. Биологическая значимость крахмала. Гликоген.
4. Целлюлоза, конформационное строение, свойства; распространенность в природе, роль в питании человека.
5. Декстран. Строение, применение.

6. Гетерополисахариды: гиалуроновая кислота, хондроитинсульфаты.

#### **ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ**

1. Напишите схемы реакций гидролиза сахарозы, мальтозы, лактозы.
2. Напишите схему реакции взаимодействия лактозы с этанолом в присутствии хлороводорода.
3. Приведите структурную формулу дисахаридного фрагмента амилозы.
4. Приведите фрагмент структуры амилопектина. Укажите типы гликозидных связей между моносахаридными звеньями.
5. Приведите структурную формулу дисахаридного фрагмента целлюлозы и его конформацию.

#### **ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

***Гомополисахариды –***

***Гетерополисахариды –***

#### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

1. **Отсутствие восстановительной способности у сахарозы**

В пробирку поместите 10 капель раствора сахарозы (57) и 3 капли реактива Фелинга (55). Осторожно нагрейте пробирку над пламенем спиртовки.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Объясните причину отсутствия восстановительных свойств у сахарозы.*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 2. Восстановительная способность лактозы

В пробирку поместите 10 капель раствора лактозы (58) и 3 капли реактива Фелинга (55). Осторожно нагрейте пробирку над пламенем спиртовки.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Объясните причину наличия восстановительных свойств у лактозы. Какой из моносахаридных остатков в молекуле лактозы способен к цикло-оксо-таутомерии?*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 3. Качественная реакция на крахмал

В пробирку поместите 10 капель крахмального клейстера и 1 каплю раствора йода в йодиде калия (47). Появляется синее окрашивание (йодкрахмальная реакция). Нагрейте пробирку, при этом происходит обесцвечивание ее содержимого. При охлаждении пробирки под струей воды вновь появляется синее окрашивание.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Какова причина появления синей окраски раствора крахмала при добавлении йода и ее исчезновения при нагревании?*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 14

**ТЕМА: Структура и реакционная способность аминокислот  
как гетерофункциональных соединений**

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания стереохимического строения и реакционной способности аминокислот как гетерофункциональных соединений, являющихся структурными

компонентами пептидов и белков; умения проводить качественные реакции на аминокислоты.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 314-345, [3] С. 54-66.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Протеиногенные аминокислоты: классификация, строение, стереоизомерия.
2. Амфотерные свойства аминокислот.
3. Реакции аминокислот по —COOH группе.
4. Реакции аминокислот по —NH<sub>2</sub> группе.
5. Биологически важные реакции α-аминокислот: декарбоксилирование, дезаминирование, трансаминирование, гидроксילирование.
6. Качественные реакции аминокислот.

#### ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Постройте проекционные формулы Фишера энантиомеров валина; изолейцина.
3. Обозначьте конфигурацию аланина по *R,S*-системе.
4. Составьте схему реакции окисления цистеина *in vivo*.
5. Напишите схемы реакций декарбоксилирования L-серина, L-глутаминовой кислоты, L-гистидина. Назовите полученные биогенные амины.
6. Напишите схемы реакций дезаминирования глутаминовой кислоты *in vivo*.





Поместите в пробирку 5 капель формалина (32). Добавьте 1 каплю 0,2% раствора индикатора метилового красного\*. Появляется красное окрашивание (кислая среда). С помощью стеклянной палочки добавьте небольшое количество 10% раствора гидроксида натрия (21) до нейтральной реакции (раствор пожелтеет). Полученный нейтрализованный формалин добавьте к нейтральному раствору глицина, полученному в предыдущем опыте. Немедленно появляется красное окрашивание, указывающее на появление кислоты.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

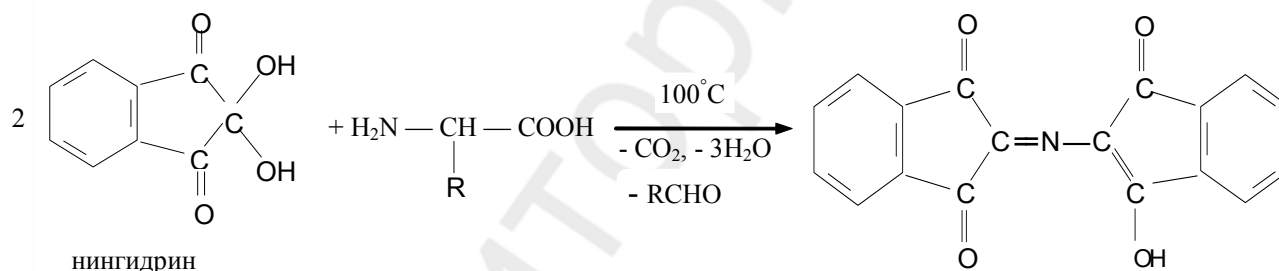
Напишите схему реакции взаимодействия глицина с формальдегидом:

**Вывод:** \_\_\_\_\_

#### 4. Реакция глицина с нингидрином (общая реакция обнаружения α-аминокислот)

В пробирку поместите 5 капель 1% раствора глицина (6) и 2 капли 0,1% раствора нингидрина\*. Содержимое пробирки встряхните и осторожно нагрейте. Какую окраску приобретает раствор?

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_



**Вывод:** \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя:

### ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 15

**ТЕМА:** Пептиды, строение, свойства, значение. Уровни организации белковых молекул

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания строения пептидов и уровней пространственной организации пептидов и белков во взаимосвязи с их биологическими функциями.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 345-369, [3] С. 67-79.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Пептиды. Электронное и пространственное строение пептидной связи.
2. Первичная структура пептидов и белков.
3. Отдельные представители пептидов: аспартам, нейропептиды, глутатион, инсулин, их биологическая роль и применение.
4. Синтез пептидов *in vitro*. Стратегия «активации» и «защиты» функциональных групп аминокислот.
5. Вторичная структура белков.  $\alpha$ -Спираль,  $\beta$ -структура,  $\beta$ -поворот.
6. Третичная и четвертичная структура белков. Домены. Факторы, стабилизирующие пространственную структуру белков. Фолдинг.
7. Структура и функции гемоглобина.
8. Особенности структуры коллагена.

## ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Приведите схемы образования дипептидов. Запишите ионные формы дипептидов при физиологическом значении pH крови (7,4).

а) His-Thr

б) Asp-Tyr

2. Какие продукты образуются при полном кислотном гидролизе трипептида аспартилглицилвалина? Напишите схему реакции.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 1. Ксантопротеиновая реакция

В пробирку поместите 10 капель раствора яичного белка (28) и 3 капли концентрированной азотной кислоты\*. Содержимое пробирки осторожно нагрейте. Раствор и осадок окра-

шиваются в желтый цвет. Пробирку охладите и добавьте 2-3 капли раствора гидроксида натрия (21). Какая окраска появляется?

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Напишите схему реакции взаимодействия тирозина с азотной кислотой:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 2. Биуретовая реакция

В пробирку поместите 5 капель раствора яичного белка (28), добавьте равный объем 10% раствора NaOH (21), а затем 2-3 капли 2% раствора сульфата меди (II) (26). Какую окраску приобретает раствор?

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 3. Осаждение белков сульфосалициловой кислотой

В пробирку поместите 10 капель раствора яичного белка (28), добавьте 5 капель 20% раствора сульфосалициловой кислоты\*. Наблюдается образование осадка.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 4. Осаждение белков дегидратирующими агентами

В пробирку поместите 10 капель раствора яичного белка (28), добавьте 5 капель ацетона\*. Наблюдается помутнение раствора (образование осадка).

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

# ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 16

**ТЕМА:** Нуклеозиды и нуклеотиды. Нуклеиновые кислоты

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания строения и свойств нуклеотидов, их роли в метаболизме; первичной и вторичной структуры нуклеиновых кислот.



5. Напишите схему реакции ферментативного окисления этанола в уксусный альдегид с участием кофермента НАД<sup>+</sup>.

ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Нуклеозиды* –

*Нуклеотиды* –

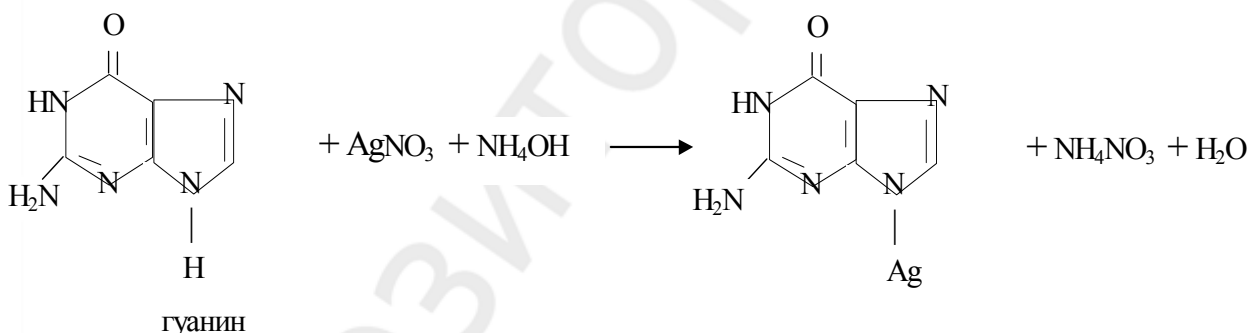
*Нуклеиновые кислоты* –

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

#### 1. Обнаружение пуриновых оснований в продуктах кислотного гидролиза нуклеотидов (серебряная проба)

В пробирку поместите 5 капель гидролизата дрожжей\* и 1 каплю концентрированного раствора аммиака. Затем добавьте 5 капель 2 % раствора нитрата серебра\*. Через 3–5 мин. выпадает светло-коричневый осадок серебряных солей пуриновых оснований.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_



**Вывод:** \_\_\_\_\_

#### 2. Обнаружение пентоз в продуктах кислотного гидролиза нуклеотидов

К 10 каплям гидролизата пекарских дрожжей\* добавьте 10 капель реактива Биляя\* (раствор орцина в HCl с FeCl<sub>3</sub>) и кипятите 1–2 мин.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

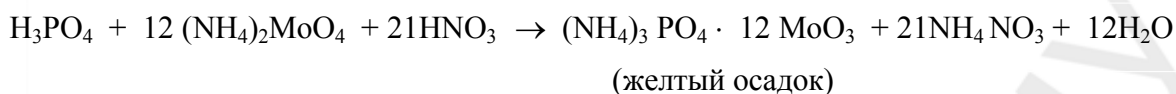
#### 3. Обнаружение фосфорной кислоты в продуктах кислотного гидролиза нуклеотидов

К 5 каплям гидролизата дрожжей\* добавьте 5 капель молибденового реактива\* и прокипятите. При этом жидкость окрашивается в лимонно-желтый цвет. Пробирку охладите в

струе холодной воды. На дне пробирки появляется кристаллический лимонно-желтый осадок фосфорномолибденовокислого аммония.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

Молибденовая проба на фосфорную кислоту:



**Вывод:** \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя:

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 17

**ТЕМА: Итоговое занятие «Биополимеры и их структурные компоненты. Липиды»**

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать целостное представление о строении и свойствах биополимеров, их структурных компонентов и липидов. Проверить усвоение программного материала

### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 444-464, 369-400, 400-420, 314-345, 345-369, 420-444.

[3] С. 32-41, 43-53, 54-66, 67-79, 80-92.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Реакции окисления гидроксикислот *in vivo*.
2. Реакции восстановления кетокислот *in vivo*.
3. Реакции декарбоксилирования кето- и  $\alpha$ -аминокислот. Биогенные амины, их биологическое значение.
4. Реакция разложения лимонной кислоты при нагревании.
5. Реакция образования лимонной кислоты из щавелевоуксусной кислоты и ацетил-СоА.
6. Реакция дегидратации лимонной кислоты *in vivo*.
7.  $\pi$ -Диастереомеры бутендиовой кислоты. Реакция гидратации fumarовой кислоты.
8. Специфические реакции, происходящие при нагревании  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -гидрокси- и аминокислот.
9. Таутомерия. Кето-енольная и лактим-лактаманная таутомерия гетерофункциональных соединений.
10. Кетоновые тела, биологическое значение.
11. Ацетилсалициловая кислота, получение. Оценка доброкачественности аспирина.
12.  $p$ -Аминобензойная кислота, ее производные. Современные местные анестетики.
13. Высшие жирные кислоты, конформационное строение.  $\omega$ -Номенклатура ненасыщенных жирных кислот.
14. Триацилглицеролы, строение, номенклатура, кислотный и щелочной гидролиз, биологическая роль.
15. Фосфолипиды, строение, номенклатура, физико-химические свойства. Кислотный и щелочной гидролиз фосфолипидов. Структура липидного бислоя.

16. Перекисное окисление липидов и его биологическая роль.
17. Цикло-оксо-таутомерия моносахаридов. Формулы Фишера и Хеуорса. Конформации моносахаридов. Реакции образования гликозидов.
18. Окисление моносахаридов. Гликоновые, гликарвые и уроновые кислоты. Биологическое значение уроновых кислот.
19. Производные моносахаридов: ксилит, сорбит, аминсахара, нейраминавая кислота, фосфорные эфиры.
20. Аскорбиновая кислота, биологическое значение.
21. Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды. Строение, биологическое и медицинское значение.
22. Полисахариды, строение, биологическое значение.
23. Протеиногенные аминокислоты, строение, стереоизомерия, кислотно-основные свойства.
24. Биологически важные реакции аминокислот: декарбоксилирование, переаминирование, окислительное дезаминирование, гидроксирование. Окисление цистеина.
25. Пептиды, строение, номенклатура, кислотно-основные свойства. Глутатион, биологическая роль.
26. Нуклеиновые основания, строение, таутомерные формы, кислотные и основные центры.
27. Комплементарные пары нуклеиновых оснований. Водородные связи.
28. Нуклеозиды. Нуклеотиды. Строение, номенклатура. Гидролиз нуклеотидов.
29. Нуклеозидди- и нуклеозидтрифосфаты. Макроэргическая связь.

**К итоговому занятию необходимо знать формулы:**

Щавелевая кислота	Олеиновая кислота
Малоновая кислота	Линоленовая кислота
Янтарная кислота	Арахидоновая кислота
Глутаровая кислота	Холин
Пировиноградная кислота (ПВК)	Инозитол
Щавелевоуксусная кислота (ЩУК)	Этаноламин
$\alpha$ -Кетоглутаровая кислота	D-рибоза
Молочная кислота	D-дезоксирибоза
Яблочная кислота	D-глюкоза
Ацетилкоэнзим А	D-манноза
Лимонная кислота	D-галактоза
Фумаровая кислота	D-фруктоза
Малеиновая кислота	Нейраминавая кислота
$\beta$ -Гидроксимасляная кислота	Аскорбиновая кислота
$\beta$ -Кетомасляная кислота	Сахароза
$\gamma$ -Аминомасляная кислота (ГАМК)	Мальтоза
Барбитуровая кислота	Лактоза
Фенобарбитал	Лактулоза
Мочевая кислота	Крахмал
Гипоксантин	Гликоген
Ксантин	Целлюлоза

Ацетилсалициловая кислота	Декстран
Новокаин	Гиалуроновая кислота
Ульттракаин	Урацил
Лидокаин	Тимин
Пальмитиновая кислота	Цитозин
Стеариновая кислота	Аденин
Линолевая кислота	Протеиногенные аминокислоты: тривиальные названия и трехбуквенный код.

#### ОБРАЗЕЦ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

1. Напишите уравнение реакции восстановления щавелевоуксусной кислоты *in vivo*. Назовите стереоизомер образующегося соединения. По какому механизму протекает эта реакция?
2. Напишите схему реакции гидролиза 1-стеароил-2-линолеоил-3-олеоилглицерола в щелочной среде, назовите продукты реакции.
3. Напишите таутомерные формы D-рибозы, дайте им названия. В какой форме D-рибоза входит в состав РНК?
4. Напишите формулу трипептида Glu-Ile-Asn. Обозначьте N- и C-концевые аминокислоты. Какой заряд будет иметь этот трипептид при физиологическом значении pH крови?
5. Напишите схему таутомерных превращений тимина. Какой из таутомеров преобладает в равновесной смеси?



## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 18

**ТЕМА: Низкомолекулярные биорегуляторы. Стероиды. Алкалоиды**

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** сформировать знания принципов строения, стереохимии, свойств стероидов и алкалоидов как биологически активных веществ.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] С. 464-498, [3] С. 93-107.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Гонан. Стереохимия гонанового ядра.  $5\alpha$ - и  $5\beta$ -стероиды.
2. Классификация и номенклатура стероидов.
3. Строение и биологическая роль стероидов, производных эстрана и андростана.
4. Кортикостероиды как производные ряда прегнана; их биологическая роль и медицинское применение.
5. Структура, физико-химические свойства и биологическая значимость желчных кислот.
6. Холестерол как представитель стеринов; строение, свойства, биологическая роль.
7. Витамины группы D ( $D_2$  и  $D_3$ ), их биологическая роль.
8. Общая характеристика и классификация алкалоидов, их химические свойства и биологическая роль в растениях.
9. Строение и медицинское применение ряда алкалоидов (хинина, морфина, атропина) и их производных. Никотин — строение, свойства, токсическое влияние на организм человека.

### ПИСЬМЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Напишите структурные формулы:

- 1) 1,3,5(10)-эстратриен-3,17 $\beta$ -диол (эстрадиол)
- 2) 17 $\beta$ - гидроксидиол-4-андростен-3-он (тестостерон)
- 3) 17 $\alpha$ , 11 $\beta$ , 21-тригидроксидиол-4-прегнен-3,20-дион (кортизол)
- 4) 4-прегнен-3,20-дион (прогестерон)

5) 3 $\alpha$ , 7 $\alpha$ , 12 $\alpha$ -тригидрокси-5 $\beta$ -холан-24-овая кислота

6) 5-холестен-3 $\beta$ -ол (холестерол)

7) 7-дегидрохолестерол

8) витамин D<sub>3</sub>

**ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

***Биологически активные соединения –***

***Стероиды –***

***5 $\alpha$ -стероиды –***

***5 $\beta$ -стероиды –***

***Стерины –***

***Алкалоиды –***

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

### **1. Открытие алкалоидов (реакции осаждения)**

На предметное стекло поместите 3 капли исследуемого раствора\* на расстоянии 2 см друг от друга. К первой капле добавьте 1 каплю раствора Люголя (47), ко второй – 1 каплю 1 %-ного раствора пикриновой кислоты\*, к третьей – 1 каплю фосфорномолибденовой кислоты. Алкалоид с подкисленным водным раствором Люголя дает бурый осадок.

Пикриновая кислота при взаимодействии с алкалоидами дает пикраты – осадки желтого цвета. При взаимодействии алкалоида с фосфорномолибденовой кислотой образуются аморфные осадки желто-зеленого цвета.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 2. Цветная реакция на холестерин (реакция Златкиса)

В сухую пробирку поместите 1 каплю  $\text{FeCl}_3$  в уксусной кислоте\* и 5 капель конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ \*. Пробирку осторожно встряхните и добавьте 5 капель раствора холестерина в уксусной кислоте\*.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

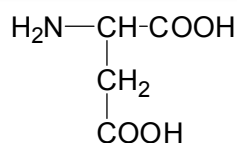
*Подпись преподавателя:*

РЕПОЗИТОРИЙ БГМУ

## ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

1. Выберите правильное название:

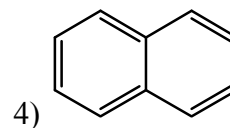
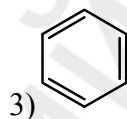
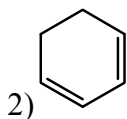
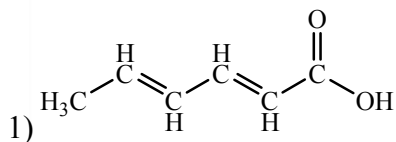
- 1) 2-гидроксипентановая кислота
- 2) 2-аминобутандиовая кислота
- 3) 2-аминобутановая кислота
- 4) 2-аминопропановая кислота



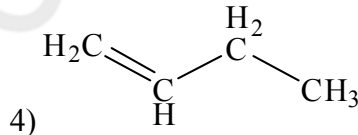
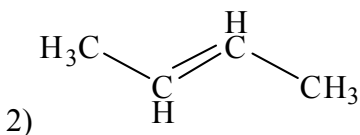
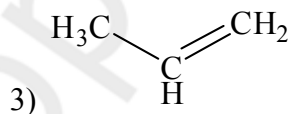
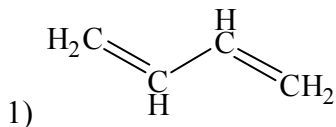
2. Укажите соединение, имеющее хиральный центр:

- 1) пропанол-1
- 2) 2-амино-3-метилбутановая кислота
- 3) этиламин
- 4) 2-гидроксиэтановая кислота

3. Укажите соединения с открытой цепью сопряжения:



4. Найдите формулу бутена-1:



5. При декарбоксилировании 2-амино-3-гидроксипропановой кислоты образуется  $\text{CO}_2$  и ... 1) пропанон 2) 2-аминоэтанол 3) этановая кислота 4) метановая кислота

6. При взаимодействии щавелевоуксусной кислоты с ацетилкоферментом А *in vivo* образуется кислота:

- 1) молочная
- 2) пировиноградная
- 3) лимонная
- 4) яблочная

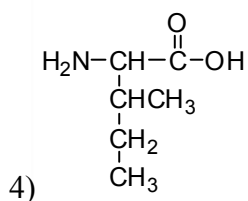
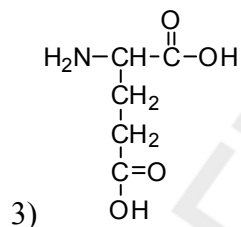
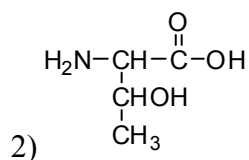
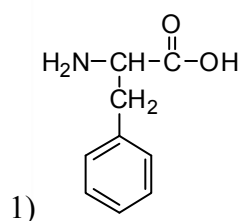
7. К альдогексозам относят моносахариды:

- 1) манноза
- 2) галактоза
- 3) глюкоза
- 4) фруктоза

8. Укажите биологически важные вещества пептидной природы:

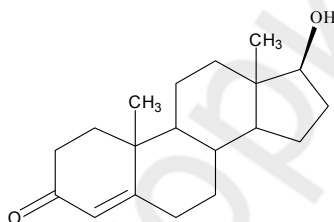
- 1) серотонин
- 2) глутатион
- 3) гликоген
- 4) инсулин

9. Выберите формулу аминокислоты треонин:



10. К какой группе стероидов относится соединение на рисунке?

- 1) эстрона
- 2) андростана
- 3) прегнана
- 4) холана



11. Напишите формулу  $\alpha$ ,D-глюкофуранозы по Хеуорсу.

12. Изобразите структуру тимина.

13. Приведите формулу трипептида Pro-Lys-Ala.

14. Напишите формулу 1,2-диолеил-3-пальмитоилглицерола.

15. Стереизомерия. Энантиомерия. Значение пространственного строения для проявления биологической активности.

## ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Комплементарность, как основа специфического распознавания на молекулярном уровне.
2. Биогенные амины как нейротрансмиттеры – химические передатчики в синапсах нервной системы (адреналин, норадреналин, гистамин, серотонин).
3. Свободно-радикальные процессы и их роль в процессах жизнедеятельности.
4. Перекисное окисление липидов и его роль в повреждении биомембран при действии ионизирующего излучения.
5. Асимметрия строения и функции биологических мембран.
6. Антиоксидантные системы организма, их роль в адаптации к действию повреждающих факторов окружающей среды.
7. Холестерол – стереохимическое строение, свойства, роль в процессах жизнедеятельности.
8. Непредельные высшие жирные кислоты и их особенности, роль в структуре фосфолипидов и биомембран.
9.  $\omega$ -3 высшие жирные кислоты, роль в метаболизме липопротеинов и профилактике сердечно-сосудистых заболеваний.
10. Жирорастворимые витамины А и Е, роль в процессах жизнедеятельности.
11. Витамины группы Д и их роль в процессах минерального обмена.
12. Стереизомерные формы ретиналя (цис- и транс-), их роль в молекулярных механизмах функционирования зрительного анализатора.
13. Ретиноевая кислота как биорегулятор роста клеток и их дифференцировки.
14. Аскорбиновая кислота как водорастворимый антиоксидант, ее роль в синтезе коллагена.
15. Стереизомеры адреналина и норадреналина, свойства, биологическая активность и роль.
16. Стереизомеры талидомида, различия в фармакологических эффектах.
17. Биохимические механизмы действия этанола на поведение человека, механизмы формирования зависимости.
18. Опиатные пептиды – эндорфины и энкефалины, их биологическая роль.
19. Алкалоиды опиумного мака, их строение и применение в медицинской практике.
20. Алкалоид никотин – строение, свойства, действие на организм табачного дыма и его компонентов.
21. Трипептид глутатион – строение, свойства, роль в окислительно-восстановительных процессах в клетке.
22. Йодсодержащие гормоны щитовидной железы, конформационное строение, свойства, роль в процессах жизнедеятельности.
23. Органические соединения селена, их роль в метаболизме.
24. Белки как биологические катализаторы, их специфичность. Теория индуцированного взаимодействия Кошленда.
25. Гликированный гемоглобин и значимость его определения в крови при сахарном диабете.
26. Современные наноматериалы и их применение в медицинской практике.
27. Молекулярные основы действия дезинфектантов и антисептиков.
28. Полиизопреноидные соединения как природные низкомолекулярные биорегуляторы, их физиологическая активность и биологические функции.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Тюкавкина, Н. А.* Биоорганическая химия : учеб. для вузов / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков. 4-е изд. стереотип. М. : Дрофа, 2005. 542 с.
- [2] *Романовский, И. В.* Основы биоорганической химии : учеб.-метод. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Теоретические основы биоорганической химии / И. В. Романовский. 3-е изд. Минск : БГМУ, 2004. 119 с.
- [3] *Романовский, И. В.* Основы биоорганической химии : учеб.-метод. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Поли- и гетерофункциональные соединения, участвующие в процессах жизнедеятельности. Биополимеры / И. В. Романовский. 3-е изд. Минск : БГМУ, 2004. 123 с.
- [4] *Романовский, И. В.* Стереохимия гетерофункциональных органических соединений : учеб.-метод. пособие / И. В. Романовский, О. Н. Ринейская. Минск : БГМУ, 2009. 77 с.

Учебное издание

**Ринейская** Ольга Николаевна  
**Романовский** Иосиф Витольдович  
**Пинчук** Валентина Владимировна

## **БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Рабочая тетрадь для студентов медицинского факультета,  
обучающихся по специальности 1-79 01 01 «Лечебное дело»

Ответственная за выпуск О. Н. Ринейская  
В авторской редакции

Подписано в печать 26.05.11. Формат 60×84/8. Бумага писчая «Снегурочка».

Печать офсетная. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 2,11. Тираж 120 экз. Заказ 477.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет».

ЛИ № 02330/0494330 от 16.03.2009.

ЛП № 02330/0150484 от 25.02.2009.

Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.