

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

**О. Н. РИНЕЙСКАЯ, И. В. РОМАНОВСКИЙ, Л. Э. ЗАЙТУЛЛАЕВА**

# **БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Практикум для студентов стоматологического факультета



Минск БГМУ 2015

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

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве  
практикума 20.05.2015 г., протокол № 9

Р е ц е н з е н т ы: канд. мед. наук, доц. Ж. А. Рутковская; канд. мед. наук, доц. Т. В. Ла-  
тушко

**Ринейская, О. Н.**

P51 Биоорганическая химия : практикум для студ. стом. ф-та / О. Н. Ринейская, И. В. Ро-  
мановский, Л. Э. Зайтуллаева. – Минск : БГМУ, 2015. – 88 с.

ISBN 978-985-567-243-3.

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.

Предназначен для студентов 1-го курса стоматологического факультета.

УДК 577.1(076.5) (075.8)  
ББК 28.072 я73

ISBN 978-985-567-243-3

© Ринейская О. Н., Романовский И. В., Зайтуллаева Л. Э., 2015  
© УО «Белорусский государственный медицинский университет», 2015

## УЧЕБНО-УЧЕТНАЯ КАРТА

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

№	Тема лабораторного занятия	Дата занятия	Оценка	Подпись преподавателя
1.	Введение в практикум. Классификация и номенклатура органических соединений			
2.	Строение химических связей и взаимное влияние атомов в молекулах			
3.	Стереои́зомерия, ее значение для проявления биологической активности			
4.	Реакционная способность углеводов			
5.	Реакционная способность монофункциональных производных углеводов			
6.	Биологически важные реакции альдегидов и кетонов			
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			
10.	Органические соединения, применяемые в стоматологии			
11.	Углеводы. Моносахариды			
12.	Олиго- и полисахариды			
13.	Структура и реакционная способность аминокислот			
14.	Пептиды, строение, свойства, значение. Уровни организации белковых молекул			
15.	Нуклеозиды и нуклеотиды. Нуклеиновые кислоты			
16.	Липиды: классификация, строение, свойства. ПОЛ			
17.	<b>Итоговое занятие</b> «Биополимеры и их структурные компоненты. Липиды»			
18.	Дифференцированный зачет			

## **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 практикум.
3. Во время работы в учебной аудитории необходимо соблюдать дисциплину и порядок, за поддержание которых отвечает дежурный по группе и староста группы.
4. Запрещается вносить в учебный практикум верхнюю одежду.
5. Запрещается принимать пищу в учебном практикуме.
6. Рабочее место следует содержать в чистоте и порядке, не загромождая его посторонними предметами.
7. В учебной аудитории запрещается выполнение любых экспериментальных работ, не связанных с выполнением учебного задания.
8. Запрещается выполнять лабораторные опыты в отсутствие преподавателя.
9. Отработанные реактивы необходимо сливать в предназначенную для них специальную склянку. Запрещается выливать их в раковины.
10. По окончании работы необходимо: вымыть химическую посуду, навести порядок на рабочем месте, выключить светильники.
11. 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.
12. 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**  
**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 значимых веществ.

**Литература\***

[1] С. 18–32, [2] С. 11–24, [3] С. 4–7.

**Вопросы для подготовки к занятию:**

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

**Письменные задания**

1. Напишите структурные формулы следующих соединений:

пентен-2	бутанол-2	этаналь
пропановая кислота	2-метилпропанол-1	2,2-диметилпропаналь
этандиовая кислота	4-аминофенол	бутендиовая кислота
2-аминопентандиовая кислота		2-амино-3-метилбутановая кислота
3-гидрокси-3-карбоксипентандиовая кислота (лимонная кислота)		2-аминоэтанол

\* Список литературы см. на с. 87.

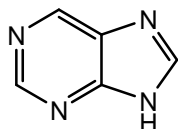
2-амино-4-метилтибутановая кислота	гексадиен-2,4-аль
4,4-диметил-2-оксопентановая кислота	1-этоксипропанол
2-метиламино-1-фенилпропанол-1	диметоксиметан

2. Назовите по заместительной номенклатуре IUPAC следующие соединения:

			акриловая кислота 
молочная кислота 	щавелевоуксусная кислота 	серин 	

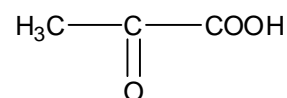
### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ (ответы на стр. 86)

1. Назовите гетероцикл



- 1) пиррол;    2) пурин;    3) пиридин;    4) пиримидин.

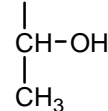
2. Назовите по заместительной номенклатуре IUPAC соединение



- 1) α-кетопропионовая кислота;  
2) 2-оксопропановая кислота;  
3) пировиноградная кислота;  
4) щавелевоуксусная кислота.

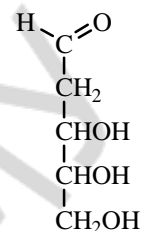
3. Аминокислоту треонин по заместительной номенклатуре называют  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$

- 1) 2-гидроксипентановая кислота;
- 2) 2-аминобутановая кислота;
- 3) 2-амино-3-гидроксипропановая кислота;
- 4) 2-амино-3-гидоксибутановая кислота.



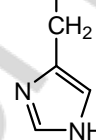
4. Приведите название дезоксирибозы по систематической номенклатуре

- 1) 1,3,4,5,6-пентагидрогексанон-2;
- 2) 2,3,4,5,6-пентагидрогексаналь;
- 3) 2,3,4,5-тетрагидропентаналь;
- 4) 3,4,5-тригидропентаналь.

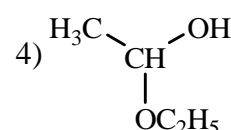
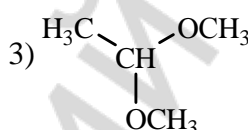
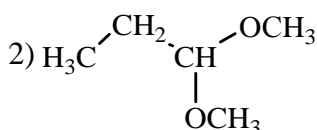
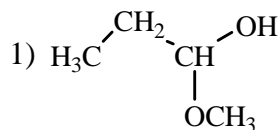


5. Назовите по заместительной номенклатуре IUPAC соединение  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$

- 1) 2-амино-3-имидазолилпропановая кислота;
- 2) 2-амино-3-индолилпропановая кислота;
- 3) 2-амино-4-имидазолилпропановая кислота;
- 4) 2-гидрокси-3-имидазолилпропановая кислота.

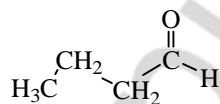


6. Выберите формулу 1-метоксипропанола:



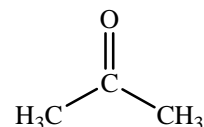
7. Выберите название соединения:

- 1) пропановая кислота;
- 2) пропаналь;
- 3) бутаналь;
- 4) бутановая кислота.



8. Дайте название соединения по заместительной номенклатуре IUPAC:

- 1) ацетон;
- 2) пропанон;
- 3) пропаналь;
- 4) пропановая кислота.

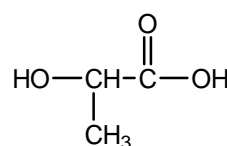


9. Выберите ненасыщенное(-ые) соединение(-я):

- 1) бутен-2;
- 2) этан;
- 3) циклогексен;
- 4) бензол.

10. Выберите тривиальное название соединения:

- 1) 2-гидроксипропановая кислота;
- 2) аланин;
- 3) молочная кислота;
- 4) яблочная кислота.



Подпись преподавателя:

**ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 2**  
**СТРОЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ И ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ АТОМОВ**  
**В ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛАХ**

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

**Литература**

[1] С. 33–74, [2] С. 24–47, [3] С. 22–29.

**Вопросы для подготовки к занятию:**

1. Электронное строение атома углерода и азота.
2. Гибридизация атомных орбиталей. Типы гибридизации.
3. Типы химических связей в органических соединениях. Основные характеристики ковалентных  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей.
4. Сопряжение. Сопряженные системы с открытой цепью, их виды ( $\pi$ - $\pi$ - и  $p, \pi$ -сопряжение). Энергия сопряжения. Бутадиен-1,3 как сопряженная система.
5. Циклические сопряженные системы. Ароматичность. Правило Хюккеля.
6. Ароматичность гетероциклических систем (пиррол, пиридин, пиримидин, имидазол, пурин). Электронное и пространственное строение пиррольного и пиридинового атомов азота.
7. Индуктивный эффект и мезомерный эффект. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители.

**Письменные задания**

1. Напишите электронную конфигурацию атома углерода в основном и возбужденном состояниях.

Изобразите пространственное строение:

а)  $sp^3$ -гибридного атома углерода

б)  $sp^2$ -гибридного атома углерода

2. *Сопряжение* — это ...

Напишите структурные формулы нижеперечисленных соединений и укажите, в каких из них есть сопряжение:

бутадиен-1,3	гексадиен-2,4
--------------	---------------



пентадиен-1,4	бутен-2
---------------	---------

3. Изобразите пространственное строение:

а) пиррольного атома азота

б) пиридинового атома азота

4. Определите вид сопряжения в молекулах:

2-метилбутадиена-1,3	пропановой кислоты
виниламина	пиррола
пропеналя	пиридина

5. *Ароматичность* — это ...

Докажите ароматичность соединений, используя правило Хюккеля:

фенантрена	пиримидина
пиррола	имидазола
пиридина	пурина

6. Электронные эффекты:

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

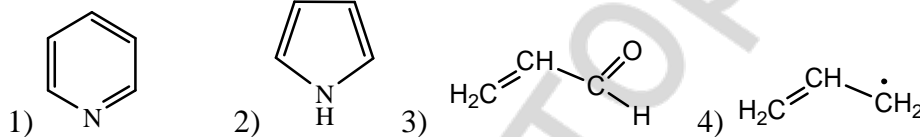
этиламин	анилин
пропаналь	бензальдегид

ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

1. Укажите соединения, в которых осуществляется сопряжение:

- 1) этен; 2) пентадиен-1,3; 3) циклогептатриенильный катион; 4) пропеновая кислота.

2. Укажите соединения, для которых характерно p-π сопряжение:



3. К p-π сопряженным системам относятся:

- 1) бензол; 2) нафталин; 3) цикlopentadiенильный анион; 4) виниламин.

4. Охарактеризуйте строение пиридина: 1) все атомы цикла находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации; 2) атом азота представляет в систему сопряжения 2 электрона; 3) является π-недостаточной ароматической системой; 4) атом азота представляет в систему сопряжения 1 электрон; 5) является π-избыточной ароматической системой.

- 1) 1, 4, 5; 2) 1, 2, 3; 3) 1, 3, 4; 4) 1, 2, 5.

5. Гидроксильная группа в пропанолe проявляет электронный(-ые) эффект(-ы):

- 1) +I, -M; 2) -I; 3) -I, +M; 4) -I, -M.

6. Проявляют электронодонорные свойства по отношению к бензольному ядру заместители:

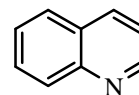
- 1) -COOH; 2) -CH<sub>3</sub>; 3) -OH; 4) -NHCH<sub>3</sub>.

7. Гидроксильная группа в феноле проявляет электронный(-ые) эффект(-ы):

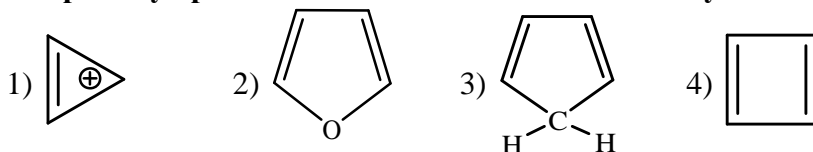
- 1) +I, -M; 2) -I; 3) -I, +M; 4) -I, -M.

8. Укажите число электронов в циклической системе сопряжения хинолина:

- 1) 14; 2) 8; 3) 12; 4) 10.



9. Правилу ароматичности Хюккеля соответствуют:



10. Найдите соответствие между соединением и электронными эффектами (или эффектом) содержащейся в нем функциональной группы:

- |                      |                |
|----------------------|----------------|
| А) бензиловый спирт; | 1) $-I, -M$ ;  |
| Б) фенол;            | 2) $-I < +M$ ; |
| В) этанол;           | 3) $-I$ ;      |
| Г) хлоробензол.      | 4) $-I > +M$ . |

Подпись преподавателя:

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 3  
СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ, 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. 75–112, [2] С. 50–85, [3] С. 8–21.

**Вопросы для подготовки к занятию:**

1. Основные понятия стереохимии — конфигурация и конформации.
2. Конформации алифатических соединений, их сравнительная энергетическая характеристика. Проекционные формулы Ньюмена.
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. Стереизомерия 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. **Конформации** — это ...

С помощью проекционных формул Ньюмена напишите конформации следующих соединений, возникающие при вращении вокруг связи С—С:

а) этана

б) бутана

2. Изобразите возможные конформации кресла циклогексанола.

3. Изобразите наиболее устойчивую конформацию следующих соединений:

а) 2-метилциклогексанола

б) 1,3-дихлорциклогексана

4. *Конфигурация* — это ...

*Асимметрический атом углерода* — это ...

*Энантимеры* — это ...

*Диастереомеры* — это ...

5. Напишите проекционные формулы Фишера возможных стереоизомеров следующих соединений, укажите пары энантимеров и диастереомеров:

а) 2-аминопропановая кислота

б) 2-гидроксипропаналь

в) 2-амино-3-гидоксибутановая кислота

**Рацемическая смесь** — это ...

6. Составьте формулы R, S-изомеров следующих соединений:

а) 2-гидроксипропановой кислоты

б) 2-амино-3-метилбутановой кислоты

7. Изобразите *цис*- и *транс*- изомеры бутендиовой кислоты.

## ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

**1. Напряжение, обусловленное взаимодействием электронов противостоящих связей, называют:**

- 1) ван-дер-ваальсовым; 2) угловым; 3) байеровским; 4) торсионным.

**2. Выберите соединения, имеющие хиральный(-ые) центр(-ы):**

- 1) 2,3-дигидроксибутандиовая кислота; 3) 2-аминобутановая кислота;  
2) метанол; 4) бутанол-2.

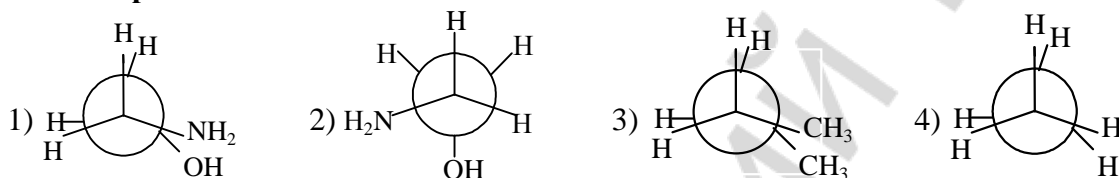
**3. Различные пространственные формы молекулы, возникающие в результате вращения вокруг одинарной связи, называют:**

- 1) энантиомерами; 3) диастереомерами;  
2) конфигурациями; 4) конформациями.

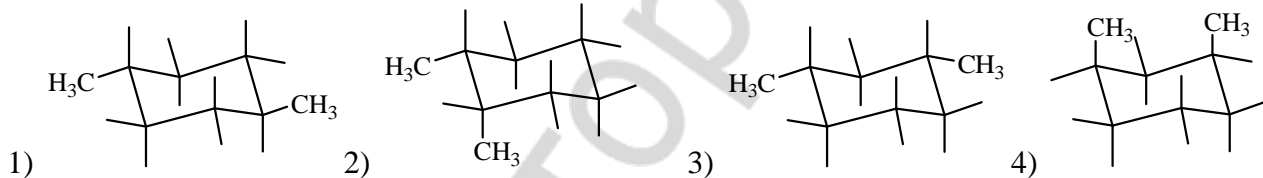
**4. Наименее устойчивая конформация бутана:**

- 1) заторможенная; 2) заслоненная; 3) скошенная; 4) зигзагообразная.

**5. Выберите конформации, которые характеризуются максимальным ван-дер-ваальсовым напряжением:**



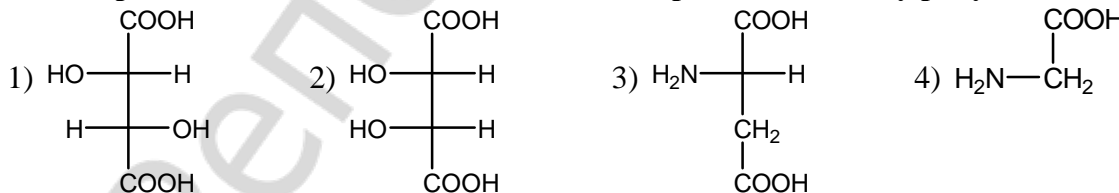
**6. Наименее стабильной конформацией 1,3-диметилциклогексана является:**



**7. Укажите соединения, имеющие два хиральных центра:**

- 1) 2-амино-3-метилпентановая кислота;  
2) 2,3-дигидроксибутандиовая кислота;  
3) 2-амино-3-метилбутановая кислота;  
4) 2-гидроксиэтановая кислота.

**8. Выберите соединения, относящиеся к L-стереохимическому ряду:**



### 9. Найдите соответствие между структурой и названием стереоизомера:

А)	1) R-2-хлорпропановая кислота
Б)	2) R-2-гидроксипропаналь
В)	3) S-2-гидроксипропаналь
Г)	4) S-2-хлорпропановая кислота

### 10. Диастереомеры — это:

- 1) стереоизомеры, являющиеся зеркальным отображением друг друга в идеальном плоском зеркале и отличающиеся конфигурацией всех хиральных центров;
- 2) стереоизомеры, не являющиеся зеркальным отображением друг друга и обладающие различными физическими и химическими свойствами;
- 3) стереоизомеры, не являющиеся зеркальным отображением друг друга и обладающие одинаковыми физическими и химическими свойствами;
- 4) пары стереоизомеров, способные переходить в растворе друг в друга до установления термодинамического равновесия.

Подпись преподавателя:

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 4 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

[1] С. 136–165, [2] С. 85–99, 116–149, [3] С. 42–46, 50–58.

### Вопросы для подготовки к занятию:

1. Классификация органических реакций по направлению (конечному результату) реакции.
2. Гомолитический и гетеролитический механизмы разрыва ковалентной связи. Типы реагентов.
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. Особенности реакций  $S_E$  в ряду гетероциклических ароматических соединений.

7. Ориентирующее влияние заместителей в бензольном кольце и гетероатомов в ароматических гетероциклических соединениях на скорость реакции  $S_E$  и характер образующихся продуктов.

#### Письменные задания

1. *Субстрат* — это ...

*Реагент* — это ...

*Электрофил* — это ...

*Нуклеофил* — это ...

*Радикал* — это ...

2. Укажите тип нижеприведенных реагентов (электрофил, нуклеофил, радикал):

$^+CH_3$	НОН	$\cdot CH_3$	$CH_3-Cl$	$CH_3-OH$
----------	-----	--------------	-----------	-----------

3. Опишите механизм реакций радикального замещения на примере хлорирования пропана.

4. Напишите схему реакций полимеризации:

а) акриловой кислоты

б) метилового эфира метакриловой (2-метилпропеновой) кислоты



5. Напишите схемы реакций

а) хлороводорода к пропену

б) бромоводорода к пропеновой (акриловой) кислоте

в) воды к бутендиовой (фумаровой) кислоте

6. Опишите механизм реакций электрофильного замещения:

а) хлорирования бензола

б) алкилирования толуола этилхлоридом, используя катализатор  $\text{AlCl}_3$

### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

**1. Нуклеофильными реагентами являются:**

1)  $\text{H}^-$ ;    2)  $\text{OH}^-$ ;    3)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ;    4)  $\text{H}^+$ ;    5)  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ .

**2. Признаками свободно-радикальных реакций являются:**

- 1) наличие в молекуле полярной или легкополяризуемой ковалентной связи;
- 2) гомолитический разрыв ковалентной связи;
- 3) протекают под действием катализаторов — кислот и оснований;
- 4) протекают под действием высокой  $t^\circ$ , давления, облучения.

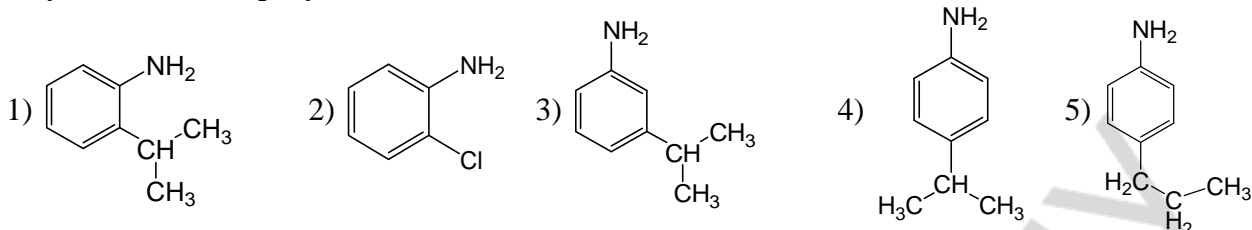
**3. Укажите соединения, для которых возможно электрофильное присоединение:**

- 1) циклогексен;    3) этан;
- 2) бутен-2-овая кислота;    4) 3-метил-1-хлорбутан.

**4. При взаимодействии 2-метилпентена-1 с  $\text{HCl}$  преимущественно образуется:**

- 1) 4-метил-3-хлорпентан;    3) 2-метил-2-хлорпентан;
- 2) 4-метил-2-хлорпентан;    4) 2-метил-1-хлорпентан.

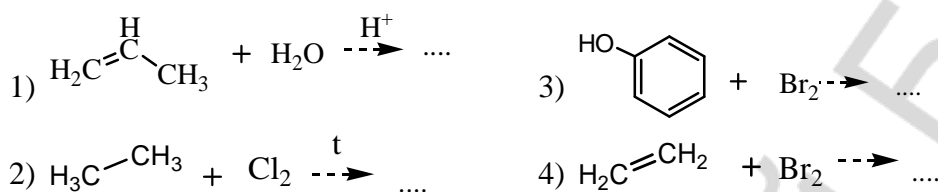
5. При взаимодействии 2-хлорпропана с анилином в присутствии катализатора преимущественно образуются:



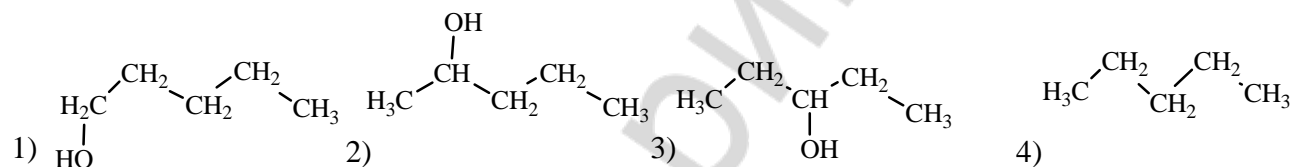
6. Реакция гидратации — это:

- 1) присоединение водорода; 3) отщепление водорода;  
2) присоединение воды; 4) отщепление воды.

7. Выберите схему(-ы) реакции(-й) электрофильного присоединения:



8. Укажите основной продукт реакции пентен-1 +  $\text{HOH} \xrightarrow{\text{H}^+}$



9. Выберите реакции, протекающие по правилу Марковникова:

- 1) гидратация этена; 4) гидробромирование бутена-2;  
2) гидратация пропановой кислоты; 5) гидробромирование бутена-1.  
3) гидратация пропена;

10. Наибольшую реакционную способность в реакции  $\text{S}_{\text{E}}$  проявляет:

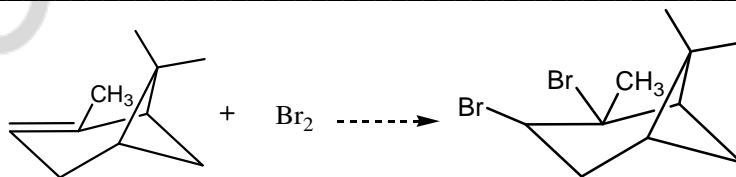
- 1) бензол; 2) толуол; 3) бензойная кислота; 4) пиридин.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 1. Доказательство непредельности терпенов

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

Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_



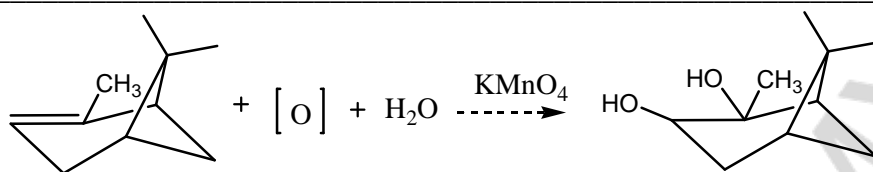
Вывод: \_\_\_\_\_

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

## 2. Легкая окисляемость терпенов

В пробирку поместите 3 капли раствора  $\text{KMnO}_4$  (14), добавьте 1 каплю  $\alpha$ -пинена и встряхните.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_



**Вывод:** \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя:

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 5 РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ МОНОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

**Цель занятия:** сформировать знания: реакционной способности монофункциональных производных углеводородов; основных теорий кислотности и основности органических соединений, изучить факторы, влияющие на их выраженность и позволяющие качественно оценивать кислотность и основность органических соединений.

### Литература

[1] С. 113–135, 166–192, [2] С. 149–181, [3] С. 30–41, 46–50.

### Вопросы для подготовки к занятию:

1. Протолитическая теория кислотности и основности органических соединений Бренстеда. Электронная теория кислотности и основности Льюиса.
2. Классификация органических кислот по Бренстеду. Качественная характеристика кислотности. Факторы, влияющие на выраженность кислотных свойств органических соединений.
3. Классификация оснований Бренстеда. Факторы, влияющие на выраженность основных свойств органических соединений.
4. Амфотерные свойства органических соединений. Водородная связь как специфическое проявление кислотно-основных свойств, ее роль в формировании пространственной структуры биополимеров.
5. Реакционные центры в молекулах спиртов, тиолов, аминов, галогенопроизводных углеводородов, фенолов.
6. Механизм реакций нуклеофильного замещения ( $\text{S}_\text{N}$ ) у  $\text{sp}^3$ -гибридизированного атома углерода. Конкурентные реакции элиминирования.
7. Реакции окисления спиртов, тиолов, фенолов.
8. Окисление соединений, содержащих гидроксильную группу, с участием кофермента НАД<sup>+</sup> *in vivo*.
9. Соединения, содержащие тиольную группу, фенольный гидроксил, как антиоксиданты.

## Письменные задания

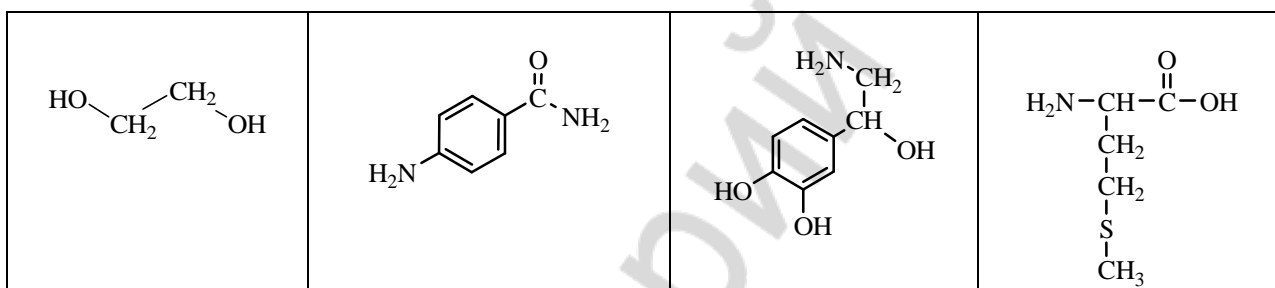
1. *Кислоты Бренстеда* — это...

*Основания Бренстеда* — это...

*Кислоты Льюиса* — это...

*Основания Льюиса* — это...

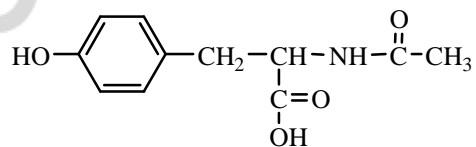
2. Укажите кислотные и основные центры в молекулах амфотерных соединений:



3. Сравните кислотность соединений в группах:

этанол и этантиол	этановая и этандиовая кислота
-------------------	-------------------------------

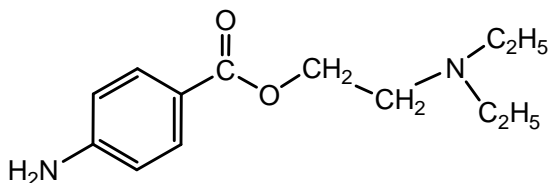
4. Укажите в молекуле N-ацетилтирозина кислотные центры и расположите их в порядке уменьшения кислотности.



5. Сравните основность соединений в группах:

этиламин и этанол	диметиламин и метиламин
-------------------	-------------------------

6. Укажите наиболее сильный основной центр в молекуле новокаина, гидрохлорид которого используется в качестве местноанестезирующего средства. Напишите реакцию взаимодействия новокаина с HCl.



7. Укажите реакционные центры в молекулах следующих соединений

--	--	--	--

8. Напишите схемы реакций взаимодействия нижеуказанных веществ и укажите механизм реакции:

а) 1-хлорпропана и водного раствора NaOH

б) пропанола-1 и HBr

в) 2-бром-2-метилпропана и спиртового раствора NaOH

9. Напишите схему реакции дегидратации гидроксипутандиовой (яблочной) кислоты *in vivo*, укажите механизм.

10. Напишите схему реакции окисления этанола *in vivo*.

11. Составьте схемы реакций окисления тиольной группы мягким окислителем у следующих соединений:

а) метантиол

б) 2-амино-3-меркаптопропановая кислота

*Антиоксиданты* — это ...

### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

**1. Кислотность возрастает в ряду:**

- 1) уксусная, щавелевая, малоновая;      3) щавелевая, малоновая, уксусная;  
2) уксусная, малоновая, щавелевая;      4) малоновая, уксусная, щавелевая.

**2. Основность по Бренстеду — это способность молекулы или иона:**

- 1) присоединять электроны;                      3) отдавать протон;  
2) отдавать электроны;                            4) присоединять протон.

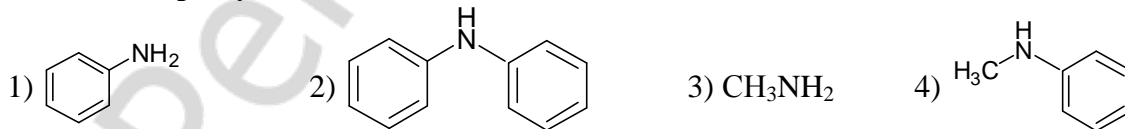
**3. Выберите верные утверждения относительно факторов, оказывающих влияние на кислотность (при условии наличия одинаковых кислотных центров у сравниваемых кислот):**

- 1) сопряжение стабилизирует анион и увеличивает кислотность;  
2) электронодонорные заместители увеличивают кислотность;  
3) электроноакцепторные заместители увеличивают кислотность;  
4) чем лучше сольватирован анион, тем сильнее сопряженная кислота.

**4. Выберите вещества, способные связывать катионы тяжелых металлов:**

- 1) 2-амино-3-меркаптопропановая кислота;      3) 2,3-димеркаптопропанол-1;  
2) пропанол-2;    4) диэтилдисульфид.

**5. Укажите ряд уменьшения основности аминов:**



**6. Кислотность по Льюису — это способность молекулы или иона:**

- 1) присоединять протон;                              3) отдавать электроны;  
2) присоединять электроны;                        4) отдавать протон.

**7. Выберите справедливые утверждения относительно факторов, которые учитываются при сравнении основности соединений (при условии наличия одинаковых радикалов у сравниваемых оснований):**

- 1) поляризуемость элементов основного центра, находящихся в одном периоде таблицы Менделеева;
- 2) электроотрицательность элементов основного центра, находящихся в одном периоде;
- 3) электроотрицательность элементов основного центра, находящихся в одной группе системы Менделеева;
- 4) поляризуемость элементов основного центра, находящихся в одной группе.

**8. Охарактеризуйте реакцию взаимодействия бутена-2 и  $H_2O$  (в кислой среде):**

- 1) механизм реакции  $S_N$ ;
- 2) вода является электрофилом;
- 3) механизм реакции  $S_E$ ;
- 4) механизм реакции  $A_E$ .

**9. Охарактеризуйте реакцию взаимодействия бензола с изопропилхлоридом (в присутствии  $AlCl_3$ ):**

- 1) электрофилом является  $Cl^+$ ;
- 2) в результате реакции происходит алкилирование бензола;
- 3) механизм реакции  $S_E$ ;
- 4) механизм реакции  $S_N$ .

**10. Найдите соответствие между схемой реакции и механизмом, который преимущественно реализуется в данной реакции:**

- |   |            |
|---|------------|
| А) толуол + $CH_3Br$ ( $FeBr_3$ );          | 1) $S_R$ ; |
| Б) пропен + $HCl$ ;                         | 2) $A_E$ ; |
| В) этан + $Cl_2$ (на свету);                | 3) $S_E$ ; |
| Г) трет-бутиловый спирт + $HBr_{(конц.)}$ . | 4) $S_N$ . |

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 1. Окисление этилового спирта

В пробирку поместите 3 капли этанола\*, 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 антоновских яблок. Внесите 1 каплю полученного раствора в другую пробирку с 3 каплями фуксинсернистой кислоты\*. Появляется розово-фиолетовое окрашивание (цветная реакция на альдегиды).

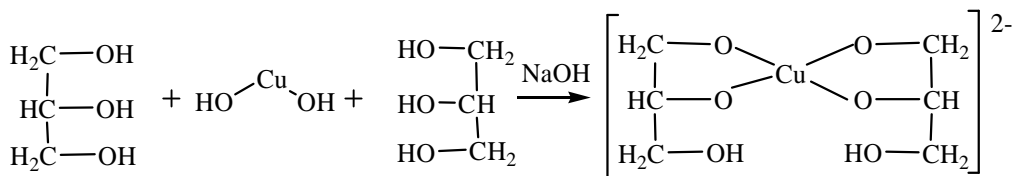
*Напишите схему реакции окисления этанола в ацетальдегид:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 2. Качественная реакция на многоатомные спирты

В пробирку внесите 2 капли раствора  $CuSO_4$  (26) и 2 капли раствора гидроксида натрия (21). Образуется голубой осадок гидроксида меди (II). Добавьте к нему 2 капли глицерина (4) и встряхните.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_



**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

### 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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (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<sub>3</sub> (8), встряхивают.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

### 5. Сравнение основных свойств метиламина и анилина

Одну полоску универсальной индикаторной бумаги\* смачивают водным раствором метиламина\*, другую — водным раствором анилина\*. Фиксируют изменение цвета универсальной индикаторной бумаги.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

---

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

*Подпись преподавателя:*



## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

### 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

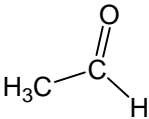
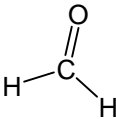
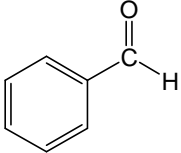
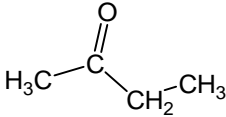
[1] С. 193–207, [2] С. 184–194, [3] С. 59–65.

#### 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. Восстановление альдегидов и кетонов. Биологическое значение реакций нуклеофильного присоединения.
3. Реакции по СН-кислотному центру. Реакции альдольной конденсации. Галоформные реакции.
4. Формальдегид. Формалин, применение в медицине. Реакция диспропорционирования.

#### Письменные задания

1. Укажите реакционные центры в молекулах карбонильных соединений:

2. Напишите уравнение реакции взаимодействия этанала с 2 моль метанола. Опишите механизм.

3. Опишите механизм реакции внутримолекулярной ацетализации 4-гидроксигексаналя.

4. Опишите механизм реакции взаимодействия ацетальдегида с анилином.
5. Напишите схему реакции восстановления этанала *in vivo*.
6. Составьте схему реакции альдольной конденсации метанала и 2-метилпропаналя.
7. Напишите схему реакции диспропорционирования водного раствора формальдегида.
8. Формалин — это ...

Формалин используется как дезинфектант и консервант анатомических препаратов, так как он способен вызывать денатурацию белка. Приведите схему реакции, объясняющей денатурирующее действие формалина.

#### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

**1. В молекуле 2,2-диметилпропаналя имеются реакционные центры:**

- 1) кислотный центр у  $\alpha$ -углеродного атома;
- 2) основной центр на атоме кислорода;
- 3) электрофильный центр на карбонильном атоме углерода;
- 4) нуклеофильный центр на карбонильном атоме углерода.

**2. Найдите соответствие между карбонильным соединением и продуктом его восстановления:**

- |                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| А) 2-метилпропаналь;         | 1) 2-гидроксибутандиовая кислота; |
| Б) 2-оксопропановая кислота; | 2) 2-метилпропанол-1;             |

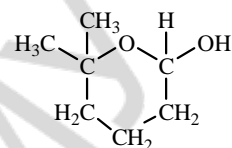
- В) 2-оксобутандиовая кислота; 3) пропанол-1;  
 Г) пропаналь. 4) 2-гидроксипропановая кислота.

**3. При взаимодействии метаналь и этанола (соотношение 1:2) в кислой среде образуется:**

- 1) 2-метоксиэтанол; 3) этоксиметанол;  
 2) диэтоксиметан; 4) 1,1-диметоксиэтан.

**4. При гидролизе полуацетала, изображенного на рисунке, образуется:**

- 1) 4-гидрокси-5-метилгексаналь;  
 2) 5-гидроксигексаналь;  
 3) 5-гидрокси-5-метилгексаналь;  
 4) 5-гидрокси-5-метилгептаналь.



**5. Замещенный имин образуется в результате взаимодействия:**

- 1) метиламина и этаналь; 3) пропаналь и этиламина;  
 2) метиламина и бензойной кислоты; 4) метиламина и этиламина.

**6. В реакцию альдольной конденсации способны вступать соединения:**

- 1) 2-метилпропаналь; 3) бензальдегид;  
 2) пропаналь; 4) 2,2-диметилпропаналь.

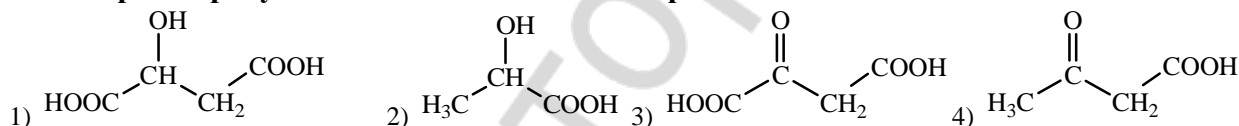
**7. Качественно определить наличие альдегидной группы в соединении можно при помощи:**

- 1) фуксинсернистой кислоты; 3) гидроксида меди (II) при нагревании;  
 2) хлорида железа (III); 4) аммиачного раствора оксида серебра.

**8. Выберите карбонильное соединение, обладающее наиболее высокой реакционной способностью в реакциях  $A_N$ :**

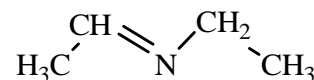
- 1) пропанон; 2) бутанон-2; 3) этаналь; 4) метаналь.

**9. Выберите продукт восстановления 2-оксопропановой кислоты:**



**10. Взаимодействие каких веществ приводит к образованию следующего продукта:**

- 1) метиламина и этаналь; 3) этиламина и метаналь;  
 2) этиламина и этаналь; 4) этиламина и метиламина.



## 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, далее на стенках пробирки 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\*, встряхните, отметьте изменение окраски.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 3. Реакция диспропорционирования водных растворов формальдегида

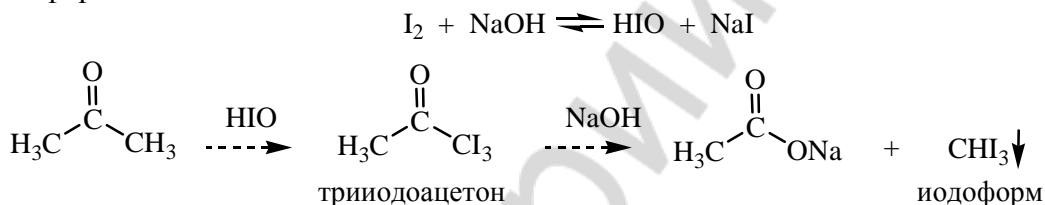
В пробирку поместите 2-3 капли формалина (32), добавьте 1 каплю раствора индикатора метилового красного\*. *Покраснение раствора указывает на кислую реакцию среды.*

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**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.



**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 нитропрусида натрия (35) и 1 каплю раствора NaOH (21). Через 2–3 минуты прибавьте 1 каплю уксусной кислоты (36). Запишите наблюдения.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя:

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 7 КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ

**Цель занятия:** сформировать знания реакционной способности карбоновых кислот и их функциональных производных, механизма реакций ацилирования, их биологической роли.

### Литература

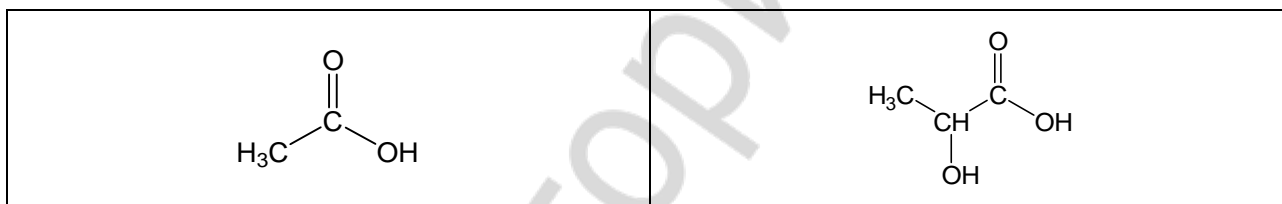
[1] С. 208–228, [2] С. 194–214, [3] С. 66–74.

### Вопросы для подготовки к занятию:

1. Электронное строение карбоксильной группы. Реакционные центры в молекулах карбоновых кислот.
2. Кислотные свойства карбоновых кислот: одно-, двухосновных, предельных, непредельных, ароматических.
3. Двухосновные карбоновые кислоты: реакции декарбоксилирования и образования циклических ангидридов.
4. Реакции нуклеофильного замещения у  $sp^2$ -гибридизованного атома углерода карбоновых кислот и их функциональных производных. Реакции ацилирования.
5. Ацилирующая способность карбоновых кислот и их производных. Биологическое значение реакций ацилирования.
6. Амиды кислот. Мочевина как полный амид угольной кислоты, роль в организме.
7. Гидролиз сложных эфиров, ангидридов, амидов.

### Письменные задания

1. Укажите реакционные центры в молекулах карбоновых кислот:



2. Сравните кислотные свойства этановой и этандиовой кислот. Напишите уравнение реакции этандиовой кислоты с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

3. Напишите уравнения реакций декарбоксилирования малоновой и 2-аминопентандиовой кислот. Какие особенности строения карбоновых кислот способствуют протеканию реакций декарбоксилирования?

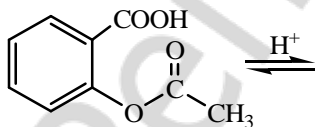
4. Напишите уравнение реакции внутримолекулярной дегидратации пентандиовой кислоты.

5. Напишите формулы функциональных производных карбоновых кислот:

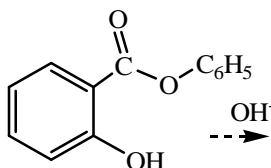
ангидрид уксусной кислоты	хлорангидрид пропионовой кислоты
этиловый эфир уксусной кислоты	ацетат аммония
неполный амид щавелевой кислоты	полный амид угольной кислоты

6. Опишите механизм реакции этерификации на примере реакции взаимодействия этановой кислоты с метанолом.

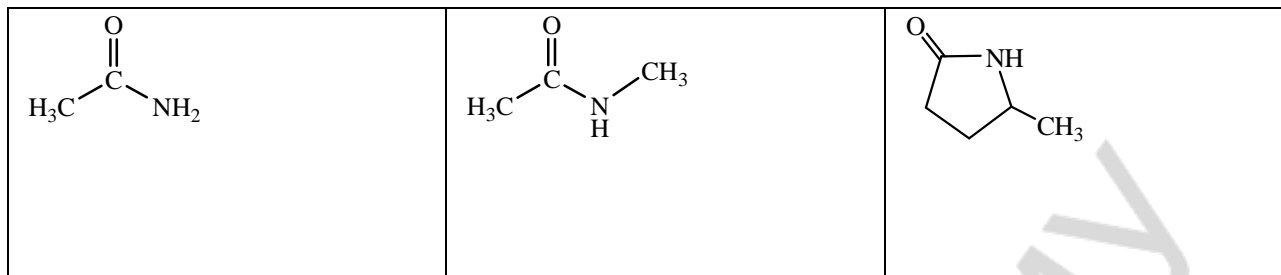
7. Напишите схему реакции гидролиза представленного ниже сложного эфира в кислой среде:



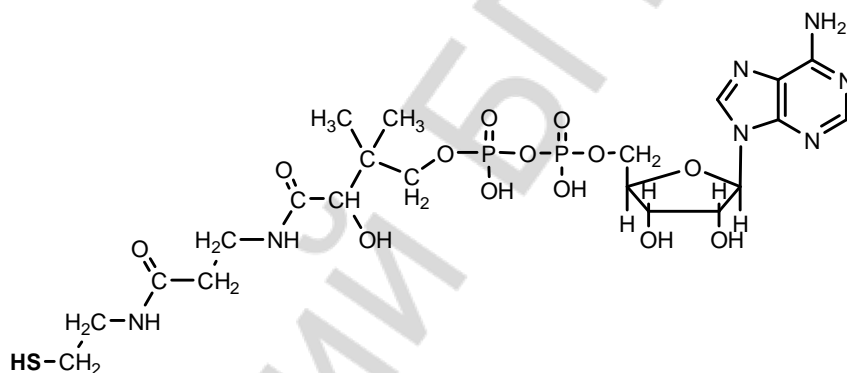
8. Напишите схему реакции щелочного гидролиза сложного эфира, опишите механизм.



9. Напишите схемы гидролиза амидов, представленных в таблице.

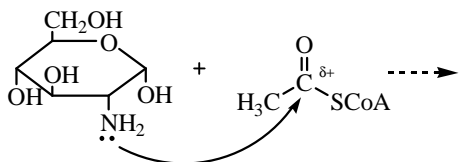


10. Обозначьте в молекуле кофермента А сложноэфирные, амидные, ангидридную связи. Приведите схему образования ацетилкофермента А, обозначив кофермент А сокращенно CoA-SH.

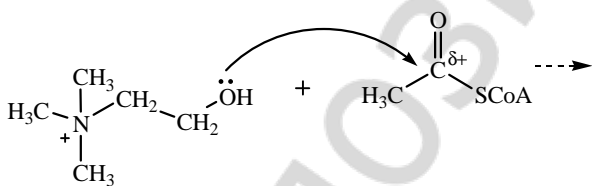


11. Напишите схемы реакций ацилирования:

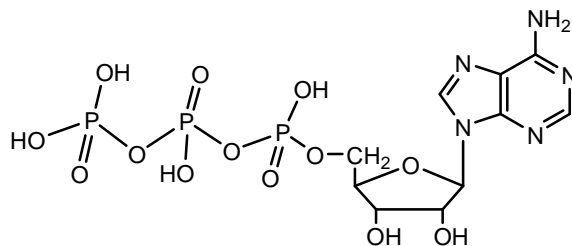
а) аминогруппы в глюкозамине ацетилкоферментом А



б) холина ацетилкоферментом А

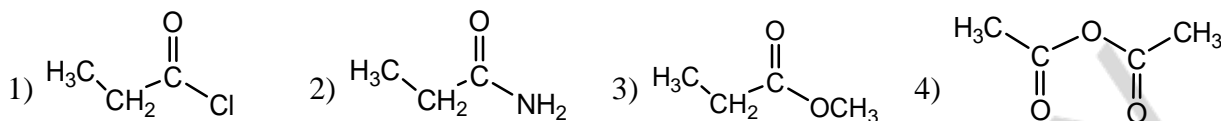


12. Укажите ангидридные связи в молекуле аденозинтрифосфата (АТФ):



## ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

1. Расположите в порядке убывания реакционной способности в реакциях  $S_N$  следующие соединения:

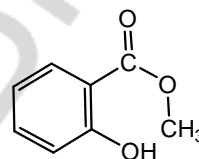


2. Найдите соответствие между соединением и продуктом его декарбоксилирования:

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| А) этандиовая кислота;                   | 1) пропанон;          |
| Б) 2-амино-3-гидроксипропановая кислота; | 2) 2-аминоэтанол;     |
| В) пропандиовая кислота;                 | 3) этановая кислота;  |
| Г) 3-оксобутановая кислота.              | 4) метановая кислота. |

3. При кислотном гидролизе метилсалицилата образуются:

- 1) метанол и *o*-гидроксибензойная кислота;
- 2) *o*-гидроксибензойная кислота и метановая кислота;
- 3) *n*-гидроксибензойная кислота и метанол;
- 4) *o*-гидроксибензойная кислота и фенол.



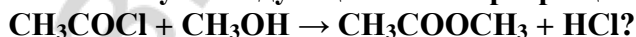
4. Выберите справедливые утверждения:

- 1) RS-группа обладает меньшим +M эффектом по сравнению с RO-группой;
- 2) RS-ионы стабильнее RO-ионов и являются более легко уходящими группами;
- 3) RO-ионы стабильнее RS-ионов и являются более легко уходящими группами;
- 4) эффективный частичный положительный заряд на карбонильном атоме углерода в сложных тиоэфирах выше, чем в обычных сложных эфирах.

5. Распределение электронной плотности в молекуле пропановой кислоты характеризуется наличием реакционных центров:

- 1) O – H кислотного центра в карбоксильной группе;
- 2) нуклеофильного центра на атоме углерода карбоксильной группы;
- 3) C – H кислотного центра в алкильной группе;
- 4) основного центра на атоме кислорода карбонильной группы;
- 5) электрофильного центра на атоме углерода карбоксильной группы.

6. Какой тип реакции соответствует следующей схеме превращения



- 1) элиминирования;
- 2) нуклеофильного замещения;
- 3) электрофильного замещения;
- 4) нуклеофильного присоединения.

7. Какие кислоты более сильные, чем уксусная?

- 1) 2-хлоруксусная;
- 2) соляная;
- 3) пропановая;
- 4) муравьиная.

8. Как можно увеличить реакционную способность карбоновых кислот в реакциях нуклеофильного замещения?

- 1) проводить реакцию в щелочной среде;
- 2) проводить реакцию в кислой среде;
- 3) ввести более сильный электроноакцептор в боковую цепь;
- 4) ввести более сильный электроноакцептор в карбоксильную группу.

9. Функциональными производными карбоновых кислот являются:

- 1) этановая кислота;
- 2) этилхлорид;
- 3) уксусный ангидрид;
- 4) метилбензоат.

10. При нагревании в кислой среде бутандиовой кислоты образуются:

- 1)  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- 2)  $\text{CO}_2$ ;
- 3) пропановая кислота;
- 4) янтарный ангидрид.



## 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  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.})^*$  и осторожно нагрейте над пламенем спиртовки. Через несколько секунд появляется специфический запах эфира.

*Напишите схему реакции образования этилацетата:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 2. Декарбоксилирование щавелевой кислоты (демонстрационный опыт)

В сухую пробирку поместите кристаллическую щавелевую кислоту\* (навеска 0,5 г). Пробирку закройте газоотводной трубкой и осторожно нагрейте. Конец газоотводной трубки опустите в пробирку, содержащую 15 капель известковой воды (2).

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

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

**Вывод:** \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 8 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

См. лабораторные занятия 1–7.

### 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. Стереои́зомерия 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 (заселенность орбиталей электронами).
12. Электронные эффекты: индуктивный, мезомерный. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители.
13. Гомолитический и гетеролитический механизмы разрыва ковалентной связи. Типы реагентов. Свободные радикалы, электрофильные и нуклеофильные реагенты.
14. Классификация органических реакций по направлению реакции.
15. Реакции радикального замещения ( $S_R$ ) как цепные реакции. Генерирование радикальных частиц. Механизм реакций галогенирования алканов и циклоалканов. Полимеризация непредельных соединений.
16. Реакции электрофильного присоединения ( $A_E$ ). Механизм реакций галогенирования, гидрогалогенирования и гидратации алкенов. Правило Марковникова (статический и динамический факторы).
17. Механизм реакций электрофильного замещения ( $S_E$ ) в ароматических соединениях. Ориентирующее влияние заместителей в бензольном кольце и гетероатомов в ароматических гетероциклических соединениях на скорость реакции  $S_E$  и характер образующихся продуктов.
18. Теории кислотности и основности: Бренстеда и Льюиса.
19. Классификация органических кислот. Сравнительная характеристика кислотных свойств спиртов, фенолов, тиолов и карбоновых кислот. Факторы, влияющие на выраженность кислотных свойств органических соединений.
20. Основность. Классификация оснований Бренстеда. Факторы, влияющие на выраженность основных свойств органических соединений. Основность алифатических и ароматических аминов.
21. Амфотерные свойства органических соединений. Водородная связь как специфическое проявление кислотно-основных свойств.
22. Реакционная способность монофункциональных производных углеводов. Реакции нуклеофильного замещения у  $sp^3$ -гибридизованного атома углерода. Реакции элиминирования.
23. Реакции окисления спиртов, тиолов, фенолов. Антиоксиданты
24. Электронное строение карбонильной группы. Реакционные центры в альдегидах и карбоновых кислотах. Различия в реакционной способности.
25. Механизм реакций нуклеофильного присоединения ( $A_N$ ). Присоединение спиртов, аминов. Восстановление альдегидов и кетонов *in vitro* и *in vivo*.
26. Реакции по CН-кислотному центру. Реакции альдольной конденсации. Галоформные реакции.
27. Формальдегид. Формалин, применение в медицине. Реакция диспропорционирования.
28. Карбоновые кислоты. Кислотные свойства карбоновых кислот: одно-, двухосновных, предельных, непредельных, ароматических.
29. Реакции нуклеофильного замещения у  $sp^2$ -гибридизованного атома углерода карбоновых кислот и их функциональных производных.
30. Реакции ацилирования. Кислотный и щелочной гидролиз сложных эфиров. Гидролиз амидов.

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 9 ПОЛИ- И ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

**Цель занятия:** сформировать знания реакционной способности гидрокси- и оксокислот с учетом взаимного влияния функциональных групп; умения прогнозировать химические свойства гетерофункциональных соединений.

### Литература

[1] С. 230–253, [2] С. 233–278, [3] С. 75–87.

### Вопросы для подготовки к занятию:

1. Классификация поли- и гетерофункциональных соединений. Кислотно-основные свойства. Типичная реакционная способность поли- и гетерофункциональных соединений. Специфические свойства, обусловленные взаимным влиянием групп: хелатообразование многоатомных спиртов,  $\alpha$ -аминоспиртов,  $\alpha$ -аминокислот, а также внутримолекулярная (у  $\gamma$ - и  $\delta$ -гидроксиальдегидов,  $\gamma$ - и  $\delta$ -гидрокси- и аминокислот, дикарбоновых кислот с числом атомов углерода 4 или 5) и межмолекулярная (у  $\alpha$ -гидрокси- и  $\alpha$ -аминокислот) циклизация. Реакции декарбоксилирования. Реакции элиминирования  $\beta$ -гидрокси- и  $\beta$ -аминокислот. Таутомерия: кето-енольная и лактим-лактамина.

2. Многоатомные спирты: этиленгликоль, глицерин, инозит, ксилит, сорбит. Сложные эфиры многоатомных спиртов с неорганическими кислотами (нитроглицерин, фосфаты глицерина и инозита).

3. Двухатомные фенолы: гидрохинон, резорцин, пирокатехин. Окисление двухатомных фенолов. Фенолы как антиоксиданты.

4. Двухосновные карбоновые кислоты: щавелевая, малоновая, янтарная, глутаровая, фумаровая. Дегидрирование янтарной кислоты с образованием фумаровой.

5. Аминоспирты: 2-аминоэтанол, холин. Образование холина из L-серина. Ацетилхолин. Катехоламины: дофамин, норадреналин, адреналин.

6. Гидроксикислоты: молочная, яблочная, винная, лимонная кислоты. Реакции окисления молочной и яблочной кислот с участием кофермента НАД<sup>+</sup>. Лимонная кислота, реакция образования ее из щавелевоуксусной кислоты и ацетил-СоА. Использование цитрата для консервирования донорской крови.

7. Оксокислоты: пировиноградная, ацетоуксусная, щавелевоуксусная,  $\alpha$ -кетоглутаровая кислоты. Реакции декарбоксилирования  $\beta$ -кетомасляной кислоты и окислительного декарбоксилирования пировиноградной кислоты. Кето-енольная таутомерия щавелевоуксусной кислоты.

8.  $\beta$ -Гидроксимасляная,  $\beta$ -кетомасляная кислоты, ацетон - представители *кетонových тел*, их биологическое и диагностическое значение.

9. Салициловая кислота и ее производные: ацетилсалициловая кислота, метилсалицилат, фенолсалицилат.

10. *n*-Аминобензойная кислота и ее производные, обладающие анестезирующим действием: анестезин, новокаин. *n*-Аминобензойная кислота как структурный компонент фолиевой кислоты. Современные анестезирующие средства (лидокаин, ультракаин).

11. Сульфаниловая кислота и ее амид. Сульфаниламидные препараты. Понятие об антиметаболитах.

### Письменные задания

1. Напишите формулы представителей многоатомных спиртов и двухатомных фенолов:

этиленгликоль	глицерин	миоинозит

пирокатехин	резорцин	гидрохинон
-------------	----------	------------

2. Напишите формулы представителей дикарбоновых кислот и названия их солей:

щавелевая соли — ...	малоновая соли — ...	янтарная соли — ...
глутаровая соли — ...	фумаровая соли — ...	

3. Напишите формулы представителей аминокспиртов:

2-аминоэтанол	холин
---------------	-------

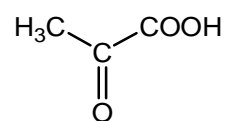
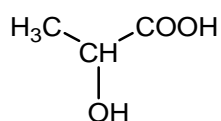
4. Напишите формулы представителей гидроксикислот:

гликолевая	молочная соли — ...	яблочная соли — ...
------------	------------------------	------------------------

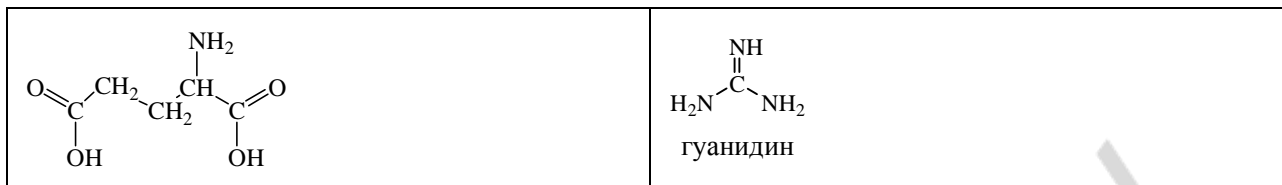
5. Напишите формулы представителей оксокислот и названия их солей:

пировиноградная соли — ...	щавелевоуксусная соли — ...	$\alpha$ -кетоглутаровая соли — ...
-------------------------------	--------------------------------	--

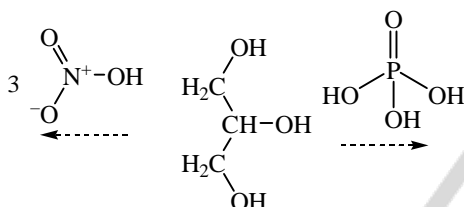
6. Обозначьте реакционные центры в молекулах молочной и пировиноградной кислот и укажите механизмы реакций, протекающих по обозначенным центрам.



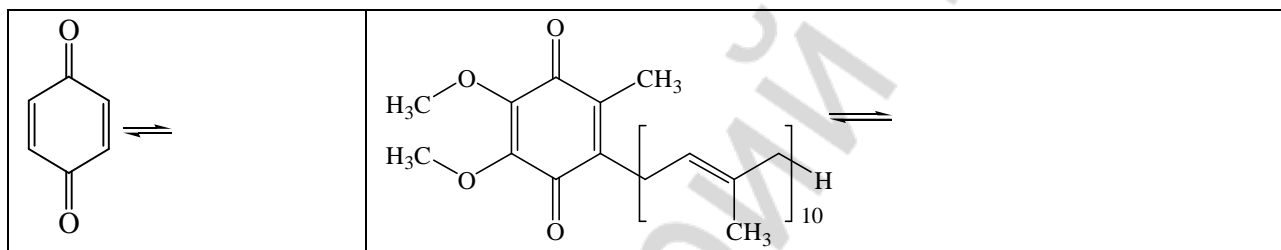
7. Укажите кислотные и основные центры в молекулах и напишите их в ионном виде



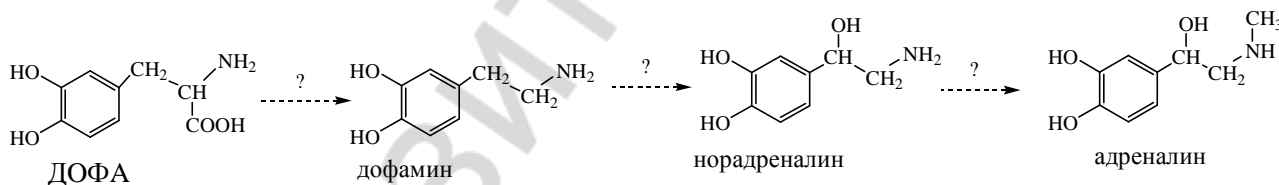
8. Напишите продукты реакций образования сложных эфиров глицерина ( $\alpha$ -глицерофосфата и тринитрата глицерина).



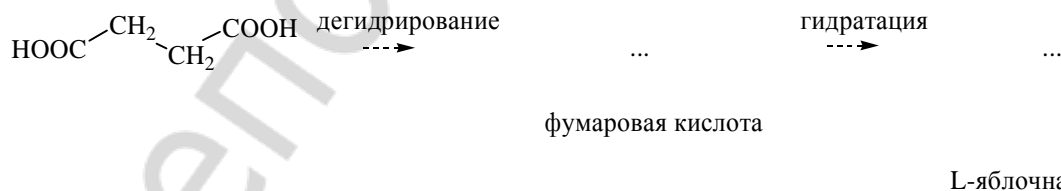
9. Составьте схемы восстановления хинона (*in vitro*) и убихинона, участвующего в процессе переноса электронов в дыхательной цепи.



10. Выделите в молекулах катехоламинов и их предшественнике ДОФА (3,4-дигидроксифенилаланин) ядро пирокатехина. Напишите над стрелками названия реакций, происходящих в процессе синтеза катехоламинов *in vivo* (алкилирование, декарбоксилирование, гидроксילирование). Обозначьте хиральные центры в молекулах.



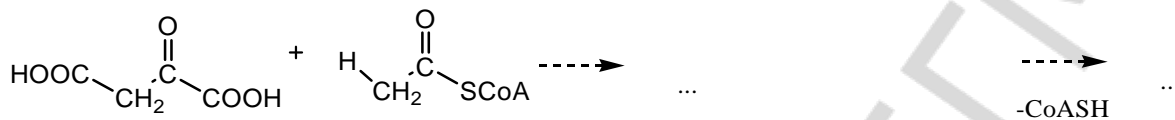
11. Заполните схему реакций, протекающих *in vivo*:



12. Напишите схему реакции окисления малата *in vivo*, изобразите стереоизомер яблочной кислоты, участвующий в процессах жизнедеятельности человека, по R-, S-номенклатуре.

13. Напишите схему реакции восстановления пировиноградной кислоты *in vivo*, продукт реакции изобразите по Фишеру и назовите по D-, L-номенклатуре.

14. Заполните схему реакции образования лимонной кислоты из ЩУК и ацетил-CoA *in vivo*.

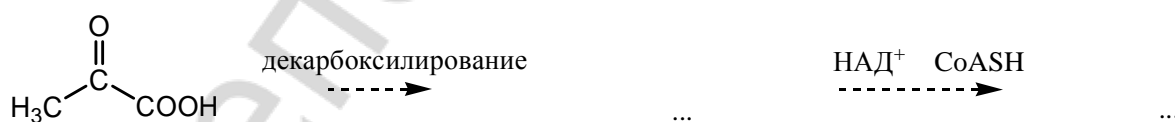


15. **Таутомерия** — это ...

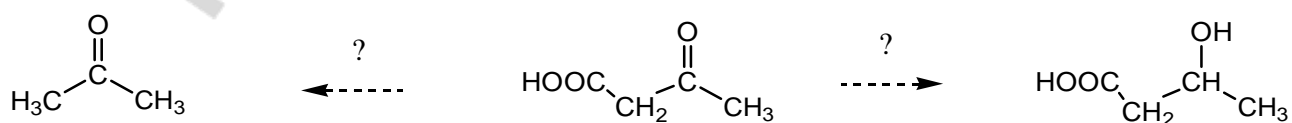
Напишите таутомерные формы шавелевоуксусной кислоты. Укажите вид таутомерии.

16. Напишите таутомерные формы пировиноградной кислоты. Приведите схему реакции ПВК в енольной форме с фосфорной кислотой с образованием фосфоенолпирувата.

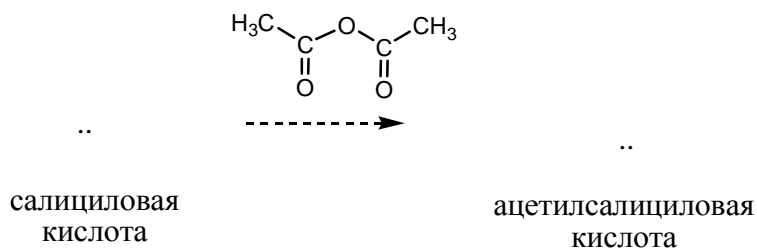
17. Заполните схему, назовите продукты реакций:



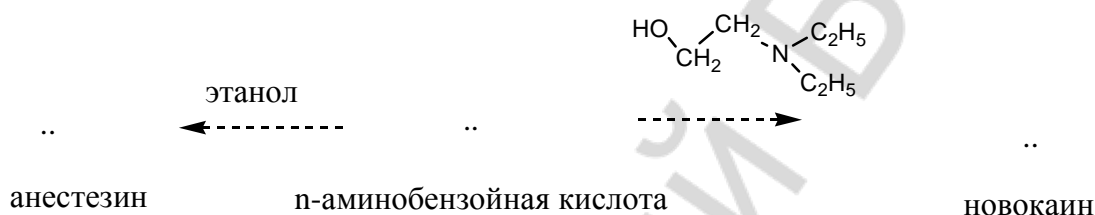
18. Приведите названия реакций, которыми связаны между собой *кетонные тела*. Назовите вещества, относящиеся к *кетонным телам*.



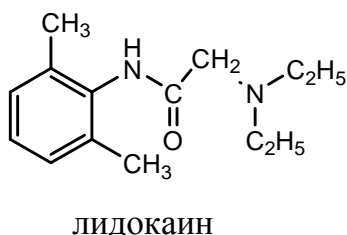
19. Заполните схему реакции получения производного салициловой кислоты. Укажите механизм.



20. Заполните схему реакций получения производных п-аминобензойной кислоты. Укажите механизм реакций.



Объясните более длительное анестезирующее действие лидокаина по сравнению с новокаином и напишите реакцию солеобразования лидокаина с HCl.



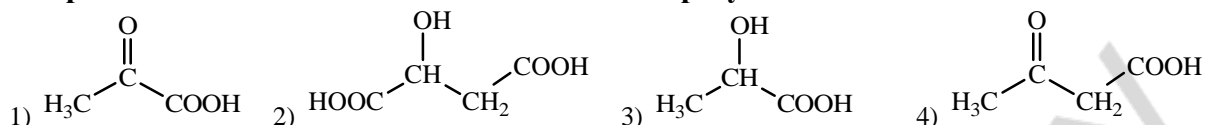
21. Напишите формулы сульфаниловой кислоты, ее амида, а также общую формулу сульфаниламида.

Объясните механизм антибактериального действия, основываясь на строении фолиевой кислоты. Что такое антиметаболиты?



## ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

1. При окислении *in vivo* яблочной кислоты образуется:



2. Салициловая кислота является более сильной кислотой, чем бензойная, так как:

- 1) обе функциональные группы являются кислотными;
- 2) мезомерный эффект фенольного гидроксила уменьшает стабильность образующегося аниона;
- 3) внутримолекулярная водородная связь между ионизированной карбоксильной группой и фенольным гидроксилом дополнительно стабилизирует образующийся анион;
- 4) мезомерный эффект фенольного гидроксила увеличивает стабильность образующегося аниона.

3. Новокаин обладает менее длительным анестезирующим действием, чем ультракаин, так как:

- 1) содержит простую эфирную связь;
- 2) является шиффовым основанием, легко подвергающимся гидролизу;
- 3) содержит сложноэфирную связь, которая гидролизуется легче, чем амидная;
- 4) содержит гликозидную связь.

4. При декарбоксилировании 2-амино-3-гидроксипропановой кислоты образуется  $\text{CO}_2$  и:

- 1) пропанон;    2) 2-аминоэтанол;    3) этановая кислота;    4) метановая кислота.

5. Укажите справедливые утверждения относительно щавелевоуксусной кислоты:

- 1) относится к кетокислотам;
- 2) обладает оптической активностью;
- 3) существует в растворе в таутомерных формах;
- 4) вступает в реакции нуклеофильного присоединения.

6. Выберите производные угольной кислоты:

- 1) карбаминовая кислота;    2) карбамид;    3) мочева кислота;    4) мочевина.

7. При взаимодействии салициловой кислоты и уксусного ангидрида образуется:

- 1) ацетилсалициловая кислота;    3) метилсалицилат;
- 2) фенолсалицилат;    4) этилсалицилат.

8. Выберите справедливые утверждения относительно мочевины:

- 1) при растворении в воде дает кислую реакцию среды;
- 2) обладает основными свойствами;
- 3) является конечным продуктом обмена азота в организме;
- 4) при взаимодействии с кислотой происходит протонирование атома кислорода;
- 5) при взаимодействии с кислотой происходит протонирование атома азота.

9. В реакцию элиминирования вступают кислоты:

- 1) 4-гидроксипентановая;    3) 3-гидроксипентановая;
- 2) 2-гидрокси-3-метилбутановая;    4) 3-аминопентановая.

10. Какое из перечисленных ниже соединений образует при нагревании гамма-лактон?

- 1) 4-гидрокси-2-метилбутановая кислота;
- 2) 2-гидроксипентановая кислота;
- 3) 3-гидроксипентановая кислота;
- 4) 5-гидроксипентановая кислота.

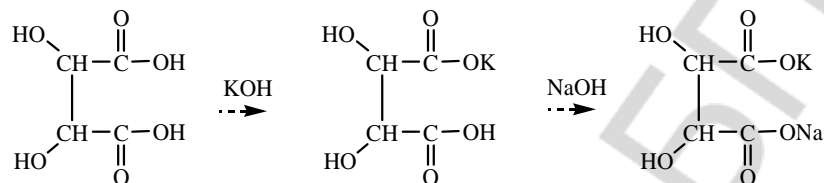


## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 1. 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.

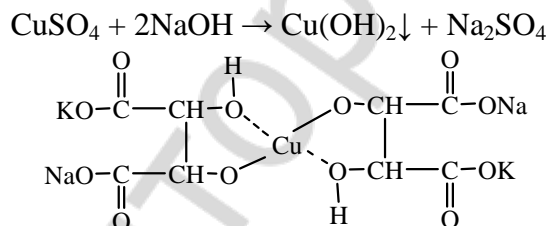
**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_



**Вывод:** \_\_\_\_\_

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

В пробирку поместите 2 капли 2 % раствора сульфата меди (II) (26) и по 2 капли 10 % раствора NaOH (21), 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.



**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 3. 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<sub>3</sub> (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<sub>3</sub> (8). Как меняется цвет раствора? Как можно объяснить изменение цвета?

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя:

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 10 ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТОМАТОЛОГИИ

**Цель занятия:** сформировать знания о строении и свойствах полимерных материалов, применяемых в стоматологии.

### Литература

[4].

### Вопросы для подготовки к занятию:

1. Общая характеристика ВМС; мономер, элементарное звено ВМС, степень полимеризации. Олиго- и полимеры, сополимеры, композиционные полимеры.
2. Классификация полимеров:
  - по химическому составу основной макромолекулярной цепи;
  - по структуре макромолекул;
  - по составу главной цепи;
  - по поведению при нагревании;
  - по способу соединения элементарных звеньев;
  - по пространственной изомерии цепи.
3. Способы получения полимеров (полимеризация, поликонденсация, химическая модификация природных полимеров).
4. Механизм свободнорадикальной полимеризации эфиров акриловых кислот.
5. Генерация свободных радикалов. Инициаторы процесса полимеризации. Активаторы. Ингибиторы свободнорадикальной реакции.
6. Современные реставрационные материалы. Композиционные материалы фото- и химического отверждения.
7. Основные компоненты композиционных материалов. Реакция образования Bis-GMA (бис-фенола-А-глицидилметакрилата), ТЭГ-ДМА (триэтиленгликолдиметакрилата), глицидилдиметакрилата, уретандиметакрилата.
8. Низкомолекулярные соединения, используемые в адгезивных системах для улучшения прилипания материала пломбы к тканям зуба.

### Письменные задания

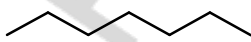
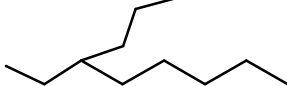
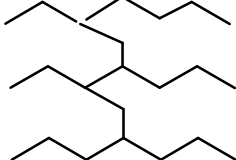
1. Классифицируйте полимеры:  
*по происхождению*

полистирол	крахмал	полиэтилен	полиэтиленгликоль
------------	---------	------------	-------------------

*по составу главной цепи*

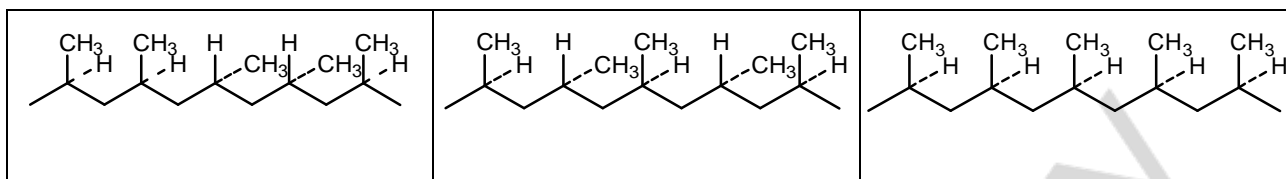
силикон	полиэтиленгликоль	поливинилхлорид	полистирол
---------	-------------------	-----------------	------------

*по структуре макромолекулы*

		
---	---	---

по поведению при нагревании: ...

по строению макромолекул с учетом пространственной изомерии:



2. Способы получения полимеров: ...

Механизмы полимеризации: ...

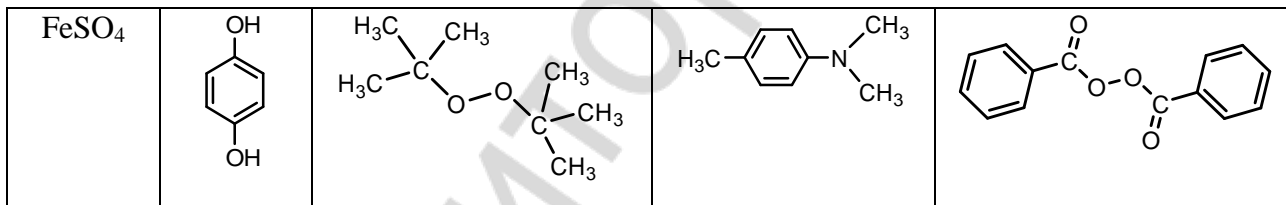
Радикальная полимеризация может инициироваться факторами физической природы ..... и химическими веществами .....

3. **Инициаторы** —

**Активаторы** —

**Ингибиторы** —

Выберите инициаторы, активаторы и ингибиторы из нижеприведенных структур.



4. Напишите схемы реакций образования сложных эфиров акриловой и метакриловой кислот и соответствующих полимеров:

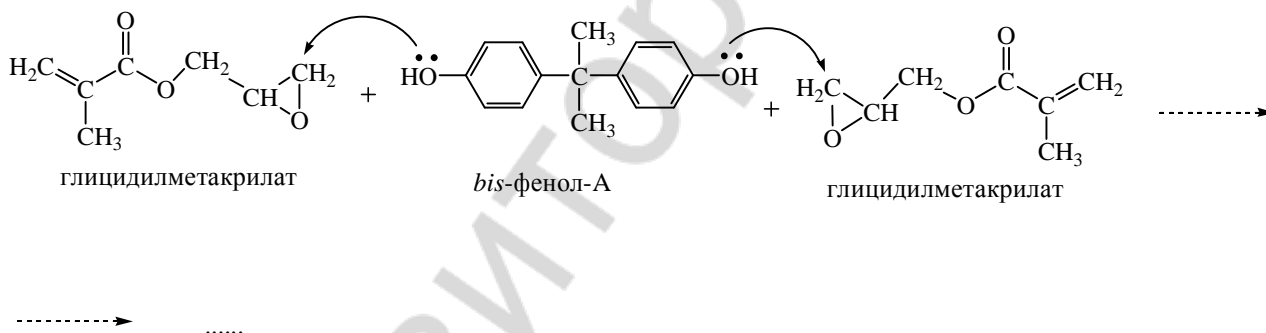
а) метилметакрилата

б) этилметакрилата

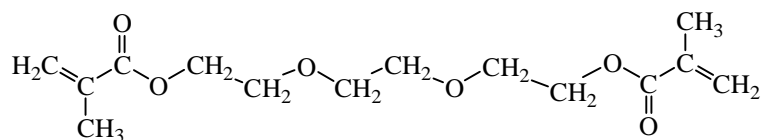
в) бутилакрилата

5. Опишите механизм радикальной полимеризации этилметакрилата участием инициатора (перекиси дибензоила).

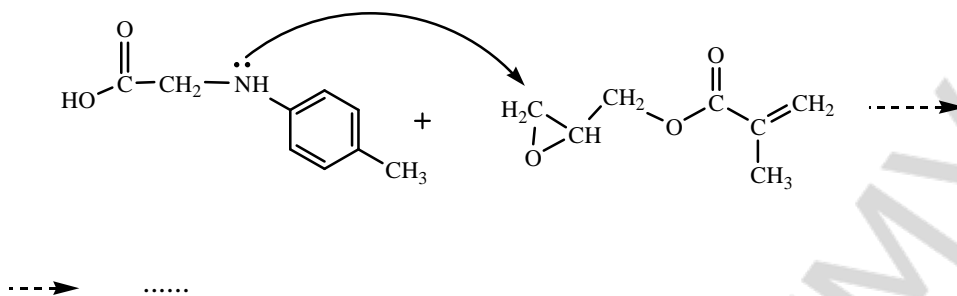
6. Важным компонентом современных реставрационных материалов и адгезивных систем является Bis-GMA (бис-фенол-А-глицидилметакрилата). Проанализируйте соединения, вступающие во взаимодействие при образовании Bis-GMA, закончите схему реакции, укажите механизм.



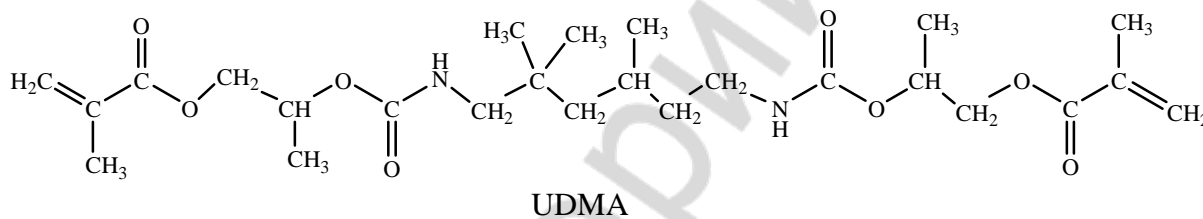
Bis-GMA из-за высокой вязкости разбавляется мономером более низкой вязкости — триэтиленгликольдиметакрилатом. Выделите в формуле этого вещества знаковые фрагменты и типы связей.



7. Дополните схему реакции образования NTG-GMA из глицидилметакрилата и N-(п-толил)глицина. Укажите механизм.



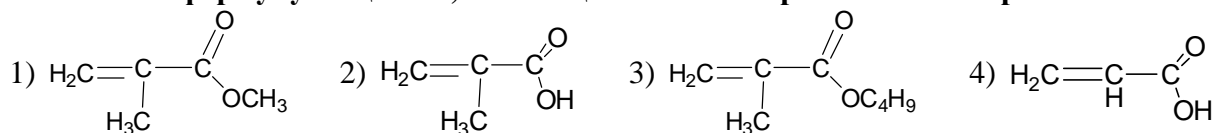
8. В состав современных средств стоматологического назначения нередко входит в качестве матрицы UDMA – уретандиметакрилат – (2,2,4-триметилгексаметилен-бис-(2-карбомоилоксиизопрпил)-диметакрилат). Выделите в его структуре знакомые фрагменты.



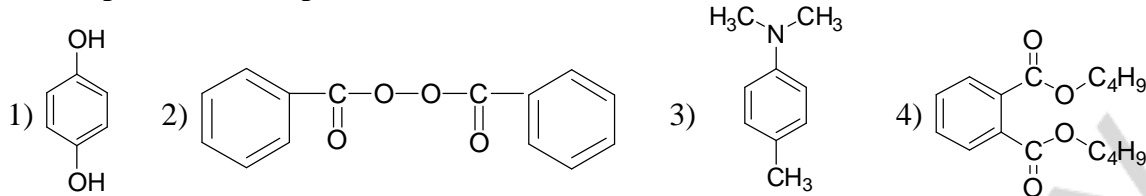
9. Напишите формулу диметакрилата глицерофосфорной кислоты и объясните, почему это вещество используется в адгезивных системах.

### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

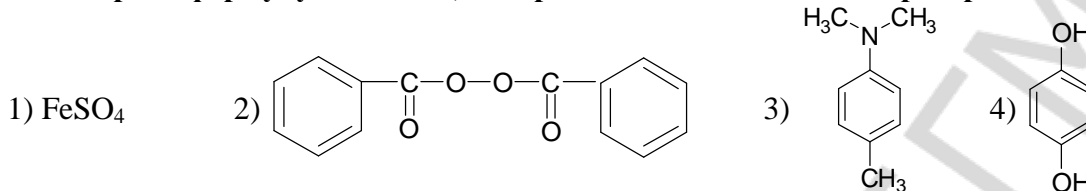
1. Укажите формулу вещества, являющегося мономером полиметакрилата:



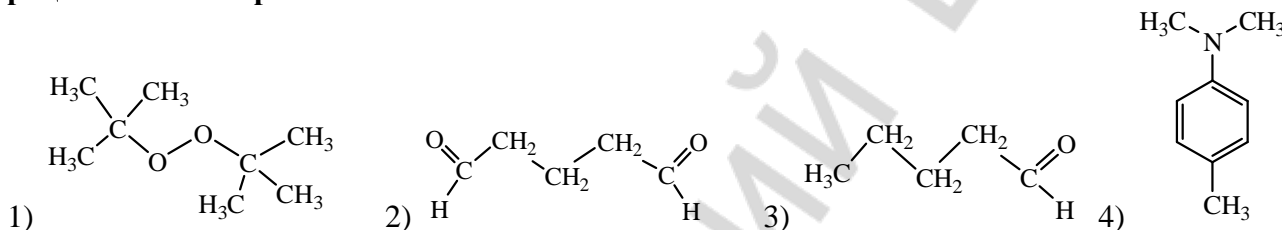
2. Выберите формулу вещества, которое может быть активатором процесса иницирования радикальной реакции:



3. Выберите формулу вещества, которое может быть ингибитором радикальной реакции:



4. Укажите соединение, которое может обеспечивать связывание тканей зуба с реставрационным материалом:



5. Гуттаперча представляет собой:

- 1) *цис*-полибутадиен;                      3) *цис*-полиизопрен;  
2) *транс*-полибутадиен;                    4) *транс*-полиизопрен.

6. Для использования альгината натрия в стоматологии в качестве слепочного материала в него вводят гипс:

- 1) для снижения термостойкости;  
2) для повышения эластичности и жесткости материала;  
3) как консервант;  
4) как индифферентный наполнитель.

7. Полиэтиленгликоль является полимером:

- 1) карбоцепным;    2) гетероцепным;    3) линейным;                      4) разветвленным.

8. Натуральный каучук представляет собой:

- 1) *цис*-полибутадиен;                      3) *цис*-полиизопрен;  
2) *транс*-полибутадиен;                    4) *транс*-полиизопрен.

9. Для замедления процессов старения полимера используют:

- 1) пероксиды;    2) ароматические амины;    3) фенолы;                      4) карбоновые кислоты.

10. Благодаря каким свойствам диметакрилат глицерофосфорной кислоты используется в адгезивных системах?

- 1) наличию в гидрофобной части двойных связей;  
2) способности вступать в реакцию нуклеофильного присоединения;  
3) наличию свободного остатка фосфорной кислоты;  
4) бифильности.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 1. Приготовление и отверждение формовочной массы, используемой для изготовления зубных протезов

В фарфоровый тигелек поместите небольшое количество порошка (АКР-7 или АКР-15) и несколько капель мономера (до полного смачивания порошка). Содержимое тигля перемешайте стеклянной палочкой, закройте картонной крышечкой и оставьте для набухания на 15–20 мин. Масса считается готовой, когда она теряет липкость и не пристает к стенкам тигля и палочке. Из полученной массы слепите предмет требуемой формы и проведите сополимеризацию (сшивку олигомеров), для чего изделие поместите в сосуд с водой, нагрейте до кипения и кипятите до полного отверждения (10–15 мин).

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 2. Деполимеризация полиметилметакрилата и доказательство неопределенности мономера

В пробирку поместите небольшое количество полимера (АКР-7 или АКР-15) или кусочек плексигласа, зафиксируйте пробирку держателем почти горизонтально (с небольшим наклоном в сторону отверстия) и осторожно нагревайте на спиртовке. Образующиеся пары мономера в виде белого дыма (тяжелее воздуха) осторожно перелейте во вторую пробирку с 3–5 каплями бромной воды и встряхните.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции присоединения брома к метилметакрилату:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 11 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. 292–320, [2] С. 369–400, [3] С. 99–109.

### 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 Хеурса.
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. Аминосахара. Структура, свойства, биологическое значение.
9. Аскорбиновая кислота (витамин С). Структура, свойства, биологическое значение.

**Письменные задания**

1. **Моносахариды** — это ...

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

$  \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}  $	$  \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}  $	$  \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}  $	$  \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 (циклические формы изобразите по Фишеру и по Хеурсу).



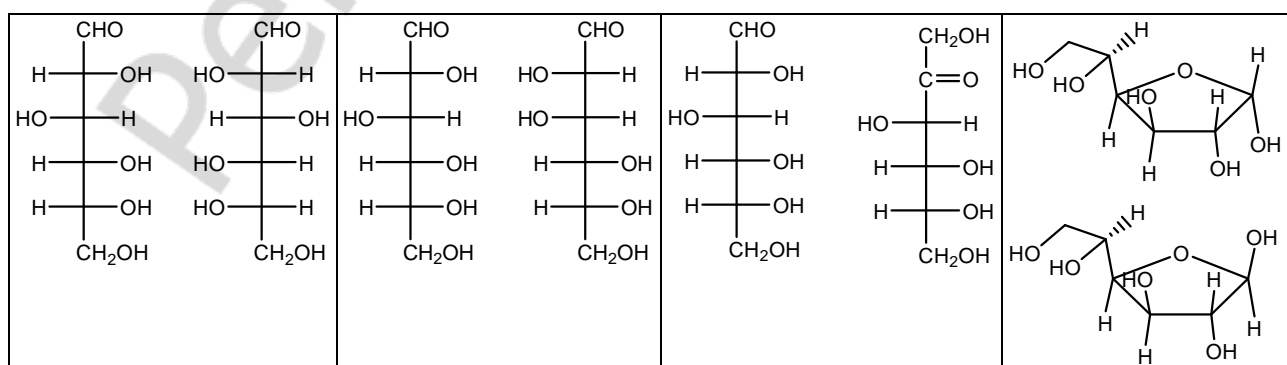
**Аномеры** — это ...

3. Изобразите  $\alpha$ -D-глюкопиранозу в конформации *кресла*.

4. Напишите таутомерные формы D-фруктозы (циклические формы изобразите по Фишеру и по Хеуорсу).

5. **Эпимеры** — это ...

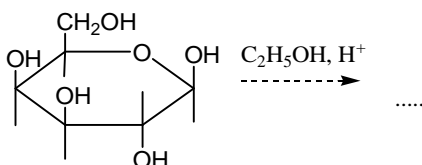
Назовите пары изомеров (*эпимеры, аномеры, функциональные изомеры, энантиомеры*).



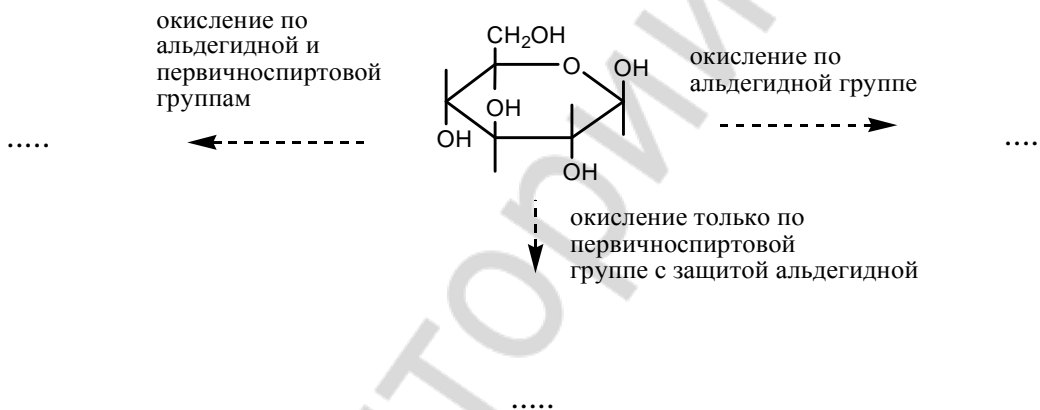
6. Напишите по Хеурсу формулы  $\beta$ -D-рибофуранозы и  $\beta$ -D-дезоксирибофуранозы.

7. Гликозиды — это ...

Закончите схему реакции, назовите субстрат и продукты реакции.

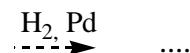


8. Напишите формулы продуктов реакций и назовите их, укажите биологическое значение уроновой кислоты.



9. При восстановлении моносахаридов образуются ...

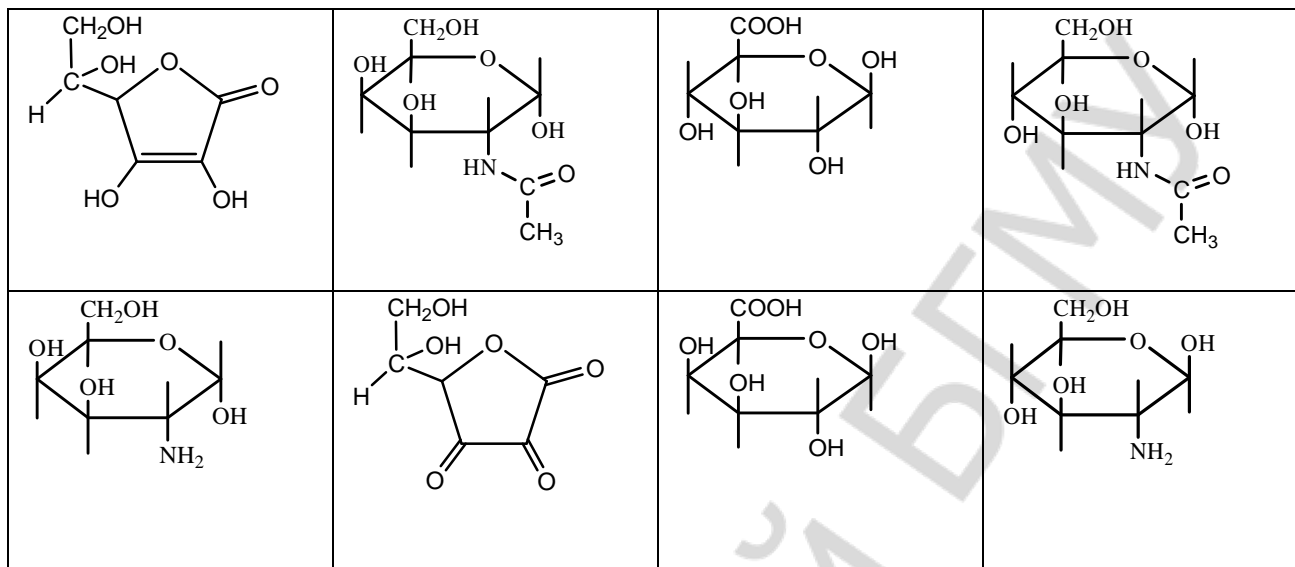
Напишите формулы продуктов восстановления моносахаридов и назовите их; укажите применение в медицине.



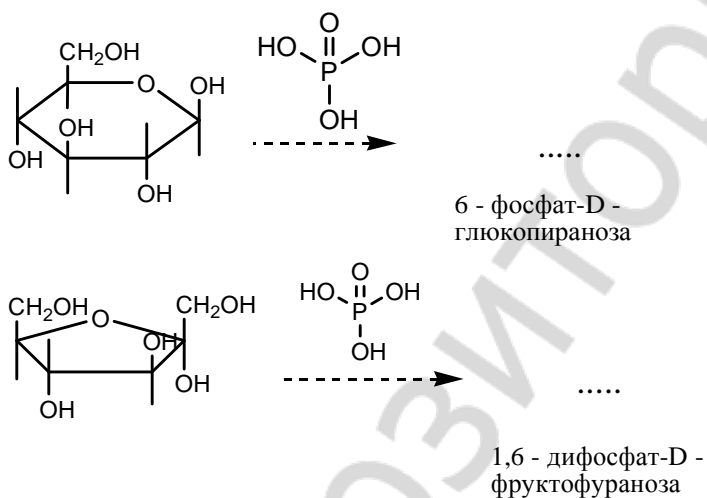
D-ксилоза

D-глюкоза

10. Выберите из ряда соединений 2-дезоксид-2-амино-β-D-глюкопиранозу, 2-дезоксид-2-амино-α-D-галактопиранозу, N-ацетилгалактозамин, N-ацетилглюкозамин, глюкуроновую кислоту, галактуроновую кислоту, восстановленную форму аскорбиновой кислоты, окисленную форму аскорбиновой кислоты. Укажите биологическое значение соединений.



11. Фосфорилирование моносахаридов — это путь образования метаболически активных форм моноз. Заполните схемы реакций фосфорилирования.



### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

**1. К альдогексозам относят моносахариды:**

- 1) манноза; 2) галактоза; 3) ксилоза; 4) глюкоза; 5) фруктоза.

**2. Охарактеризуйте строение D-глюкозы:**

- 1) относится к группе гексоз; 3) является пентозой;  
 2) является альдозой; 4) является кетозой.

**3. При каком типе брожения глюкозы выделяется водород?**

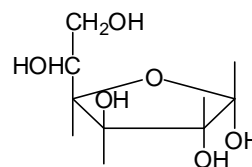
- 1) молочнокислое; 2) спиртовое; 3) маслянокислое; 4) лимоннокислое.

**4. Число асимметрических атомов углерода в циклической форме глюкозы равно:**

- 1) 4; 2) 5; 3) 3; 4) 6; 5) 2.

5. Укажите название соединения, формула которого...

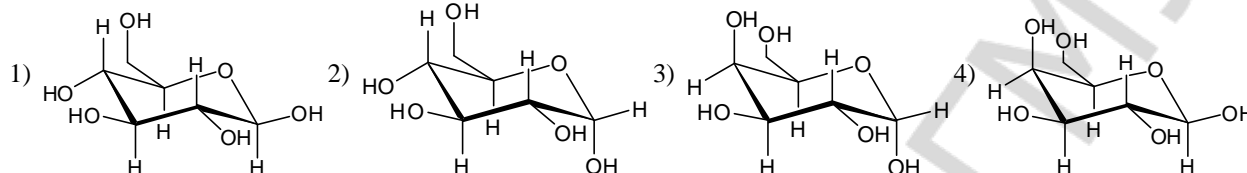
- 1)  $\alpha$ -D-галактопираноза;
- 2)  $\alpha$ -D-глюкофураноза;
- 3)  $\alpha$ -D-фруктофураноза;
- 4)  $\beta$ -D-глюкопираноза.



6. D-глюкоза и D-манноза — это пара стереоизомеров, которые называются:

- 1) энантиомерами;
- 2) эпимерами;
- 3) функциональными изомерами;
- 4) аномерами.

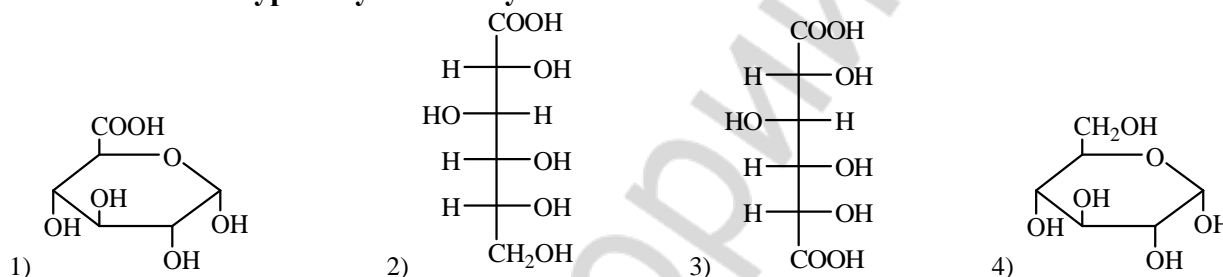
7. Укажите  $\beta$ -D-галактопиранозу:



8. При взаимодействии  $\alpha$ -D-глюкопиранозы с метанолом в присутствии хлороводорода образуются:

- 1) 2,3,4,6-тетраметил-D-пираноза;
- 2) 2,3,4,6-тетраметил-O-метил-D-глюкопиранозид;
- 3) метил- $\alpha$ -D-глюкопиранозид;
- 4) метил- $\beta$ -D-глюкопиранозид.

9. Укажите глюкуроновую кислоту:



10. Выберите верные утверждения относительно превращения ациклической формы моносахарида в циклическую:

- 1) циклическая форма моносахарида является ацеталем;
- 2) карбонильный атом углерода переходит из  $sp^2$ -гибридного в  $sp^3$ -гибридное состояние и становится асимметрическим;
- 3) образуются аномерные формы моносахарида;
- 4) циклическая форма моносахарида является полуацеталем.

## 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?

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 только верхнюю часть раствора до кипения.

**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\*, затем в одну пробирку добавьте 5 капель формалина (32), в другую 5 капель 0,5 % раствора глюкозы (54). Что вы наблюдаете?

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

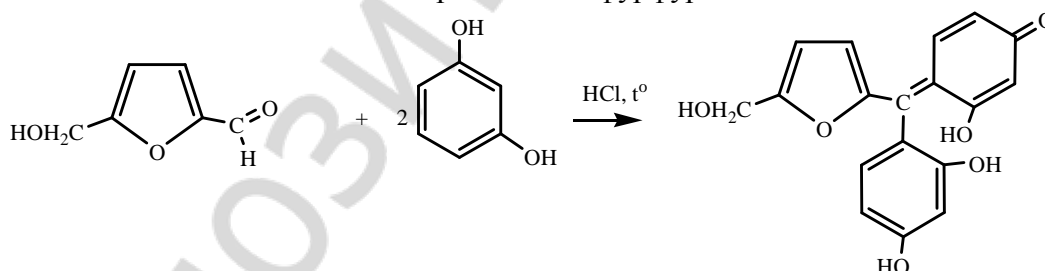
*Наличие какой функциональной группы можно обнаружить данной реакцией?*

*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 № 12 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. 320–341, [2] С. 400–420, [3] С. 110–118.

### Вопросы для подготовки к занятию:

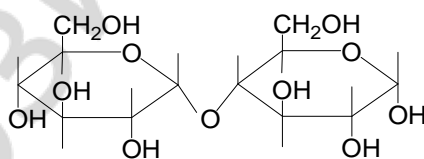
1. Классификация полисахаридов, их биологическая роль.
2. Дисахариды: мальтоза, лактоза, лактулоза, сахароза, целлобиоза. Строение, характер гликозидной связи, цикло-оксо-таутомерия, свойства, биологическое значение.
3. Крахмал. Строение, свойства. Биологическая значимость крахмала. Гликоген.
4. Целлюлоза,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

### Письменные задания

1. Отнесите полисахарид к определенной группе в соответствии с классификацией (дисахарид восстанавливающий, дисахарид невосстанавливающий, гомополисахарид, гетерополисахарид).

сахароза	целлюлоза	крахмал	целлобиоза	лактоза	мальтоза
декстран	гепарин	лактuloза	хондроитинсульфат	гиалуроновая кислота	

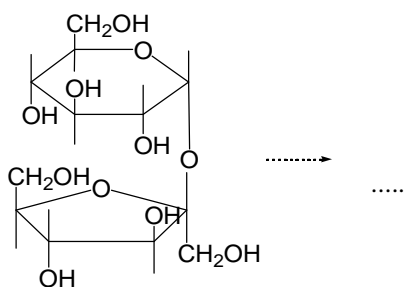
2. Укажите моносахариды, остатками которых образован дисахарид, тип гликозидной связи между ними, восстанавливающее звено, невосстанавливающее звено, полуацетальный гидроксил. Назовите дисахарид.



3. Приведите структурные формулы компонентов таутомерного равновесия в растворе лактозы. Укажите биологическое значение лактозы.

4. Напишите формулу дисахарида  $\beta$ -D-галактопиранозил-(1-4)- $\alpha$ -D-фруктофуранозы ( $\beta$ -D- Galp- (1-4)- $\alpha$ -D-Fruf). Укажите его тривиальное название и применение в медицине.

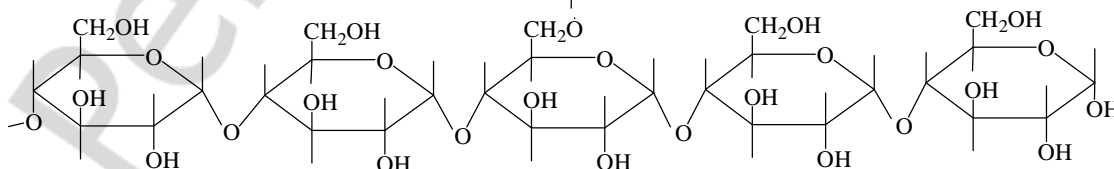
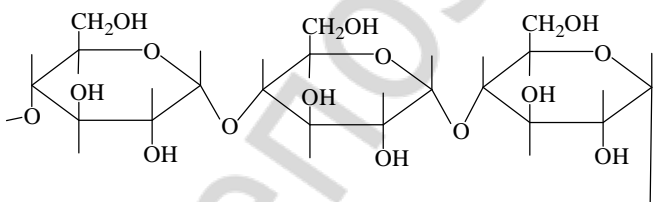
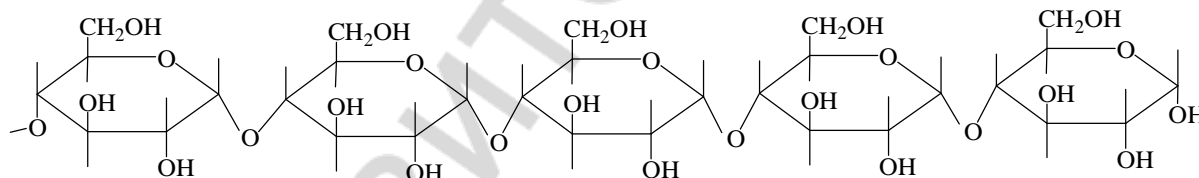
5. Закончите реакцию гидролиза дисахарида сахароза. Укажите значение сахарозы для человека.



6. **Гомополисахариды** —

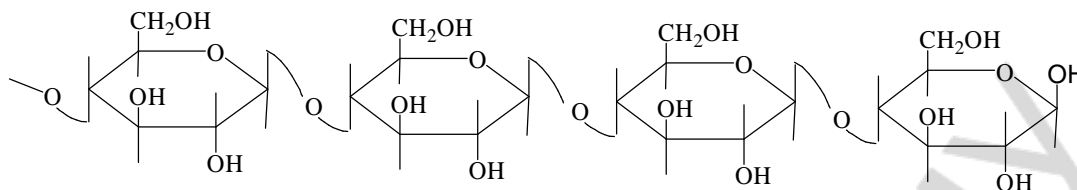
Крахмал состоит из следующих фракций:

Охарактеризуйте представленные ниже фрагменты полисахаридов: назовите их, укажите мономер, тип гликозидной связи между моносахаридными остатками.

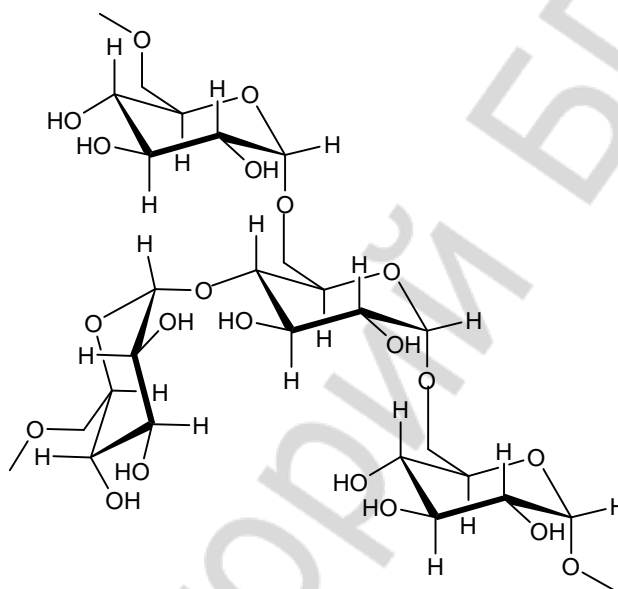


Продуктом полного гидролиза крахмала является ...

7. Проанализируйте приведенный фрагмент структуры полисахарида. Назовите данный гомогликан, укажите, из какого моносахарида он образуется в природе, тип связи между моносахаридными остатками.



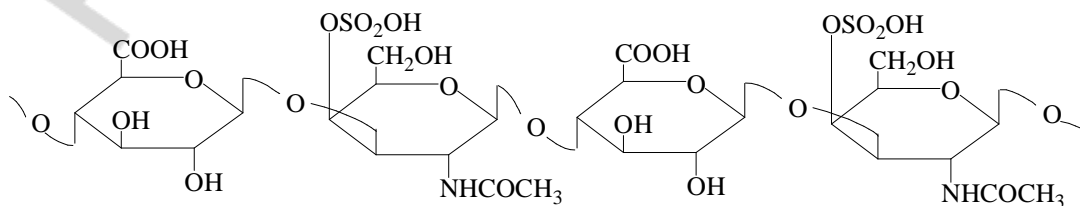
8. Фрагмент какого полисахарида изображен на рисунке? Назовите моносахарид, из которого он построен и укажите типы гликозидных связей между моносахаридными остатками. Каково применение в медицине продуктов частичного гидролиза данного полимера?



9. **Гетерополисахариды** — это ...

Продемонстрируйте строение гиалуроновой кислоты (*min.* 4 моносахаридных остатка), цепь которой состоит из дисахаридного фрагмента — D-глюкуроновой кислоты и N-ацетил-D-глюкозамина, связанных между собой  $\beta(1-3)$  гликозидной связью. Дисахаридные фрагменты соединяются  $\beta(1-4)$  гликозидными связями.

10. Назовите остатки моносахаридов, участвующие в построении цепи хондроитинсульфата, укажите типы связей между ними.

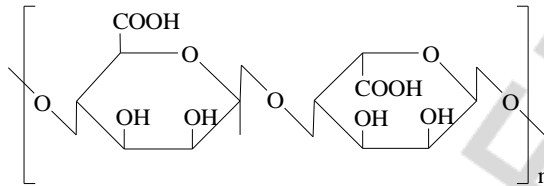




О чем свидетельствует употреблявшееся ранее название гетерополисахаридов соединительной ткани — *кислые мукополисахариды*? Благодаря чему гиалуроновая кислота, хондроитинсульфат и другие гетерополисахариды обеспечивают тургор различных тканей, выполняют рессорную (амортизационную) функцию в суставных хрящах?

*Протеогликаны* — это ...

11. Обозначьте во фрагменте альгиновой кислоты остатки производных моносахаридов, укажите типы гликозидных связей. Для чего используют альгинаты?



### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

**1. В образовании связи между остатками моносахаридов у невосстанавливающих дисахаридов участвуют:**

- 1) два спиртовых гидроксила;
- 2) спиртовой и полуацетальный гидроксильный;
- 3) два полуацетальных гидроксильных;
- 4) альдегидная и спиртовая группы.

**2. Мутаротация характерна для растворов следующих дисахаридов:**

- 1) лактулоза;
- 2) целлобиоза;
- 3) сахароза;
- 4) лактоза.

**3. При гидролизе сахарозы образуются:**

- 1) глюкоза и манноза;
- 2) галактоза и глюкоза;
- 3) галактоза и фруктоза;
- 4) глюкоза и фруктоза.

**4. Охарактеризуйте строение и свойства декстрана:**

- 1) основной тип гликозидной связи между моносахаридными остатками  $\alpha(1\rightarrow6)$ ;
- 2) при гидролизе образуется глюкоза;
- 3) является продуктом жизнедеятельности микроорганизмов;
- 4) имеет растительное происхождение.

**5. При гидролизе образуют только глюкозу следующие дисахариды:**

- 1) лактоза;
- 2) лактулоза;
- 3) мальтоза;
- 4) целлобиоза;
- 5) сахароза.

**6. К гомополисахаридам относятся углеводы:**

- 1) гепарин;
- 2) крахмал;
- 3) декстран;
- 4) целлюлоза;
- 5) гиалуроновая кислота.

**7. Инвертным сахаром называют продукты гидролиза:**

- 1) целлобиозы;
- 2) мальтозы;
- 3) лактозы;
- 4) сахарозы.

**8. Выберите тип гликозидной связи между моносахаридными остатками в лактозе:**

- 1)  $\alpha(1-4)$ ;
- 2)  $\alpha, \beta(1-2)$ ;
- 3)  $\beta(1-4)$ ;
- 4)  $\alpha(1-3)$ .

**9. Остатки моносахаридов в целлобиозе связаны гликозидной связью:**

- 1)  $\alpha, \beta(1-2)$ ;
- 2)  $\alpha(1-4)$ ;
- 3)  $\beta(1-4)$ ;
- 4)  $\alpha(1-6)$ .

## 10. Охарактеризуйте строение и свойства целлюлозы:

- 1) моносахаридные остатки связаны  $\alpha(1-4)$  гликозидной связью;
- 2) при гидролизе образуется глюкоза;
- 3) моносахаридные остатки связаны  $\beta(1-4)$  гликозидной связью;
- 4) имеет растительное происхождение.

### 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.

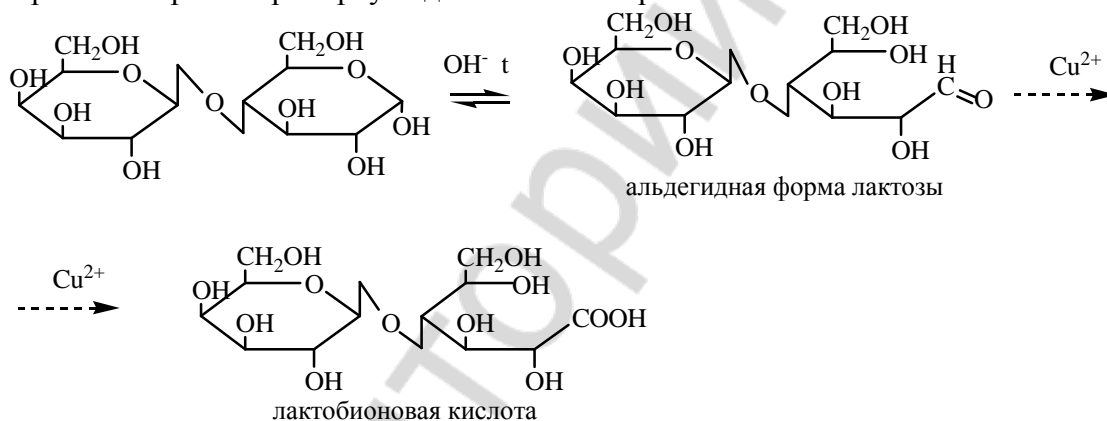
**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*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:** \_\_\_\_\_

**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 окрашивание появляется вновь.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

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

**Вывод:** \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 13 СТРУКТУРА И РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ АМИНОКИСЛОТ

**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. 342–362, [2] С. 314–345, [3] С. 119–127.

### Вопросы для подготовки к занятию:

1. Протеиногенные аминокислоты: классификация, строение, стереоизомерия.
2. Амфотерные свойства аминокислот.
3. Реакции аминокислот по карбоксильной группе.
4. Реакции аминокислот по амино-группе.
5. Биологически важные реакции  $\alpha$ -аминокислот: декарбоксилирование, дезаминирование, трансаминирование, гидроксילирование.
6. Качественные реакции аминокислот.

### Письменные задания

1. **Биогенные аминокислоты** — это ...

**Протеиногенные аминокислоты** — это ...

Перечислите в таблицах при помощи трехбуквенного кода протеиногенные аминокислоты в соответствии с различными классификациями.

Неполярные АМК (8)	Полярные АМК		
	<i>с неионизирующимся радикалом (7)</i>	<i>с ионизирующимся отрицательно радикалом (2)</i>	<i>с ионизирующимся положительно радикалом (3)</i>

<i>Алифатические АМК (5)</i>	
<i>Гидроксиаминокислоты (2)</i>	
<i>Дикарбоновые (кислые) АМК (2)</i>	
<i>Амиды дикарбоновых кислот (2)</i>	
<i>Диаминомонокарбоновые кислоты (2)</i>	
<i>Серосодержащие АМК (2)</i>	
<i>Ароматические АМК (2)</i>	
<i>Гетероциклические АМК (3)</i>	

В последней таблице обозначьте \* незаменимые АМК.

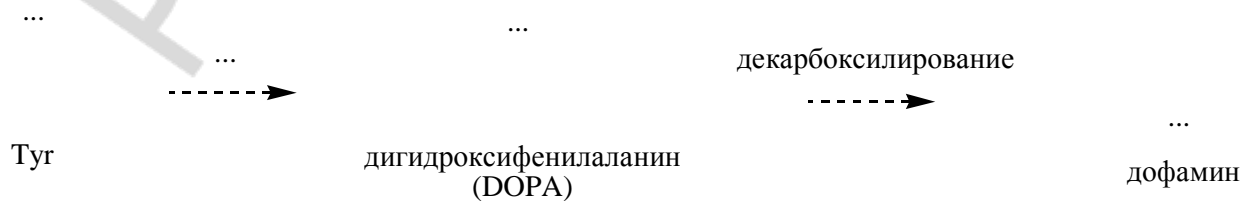
2. Запишите формулы аминокислот, относящихся к группе алифатических, обозначьте хиральные центры.

3. Постройте проекционные формулы Фишера L-стереоизомеров валина; изолейцина.

Изобразите конфигурацию S-стереоизомера аланина.

4. Запишите формулы аминокислот, относящихся к группе ароматических.

Укажите название реакции, которая приводит к образованию Туг из Phe *in vivo*. Заполните схему:



5. Изобразите гидроксиаминокислоты в молекулярной и ионной формах. Объясните, что такое изоэлектрическая точка.

Напишите схему реакции декарбоксилирования серина. Какой витамин в качестве кофермента участвует в реакциях декарбоксилирования аминокислот?

**Биогенные амины** — это ...

6. Напишите формулы серосодержащих аминокислот.

Составьте схему реакции окисления цистеина *in vivo*.

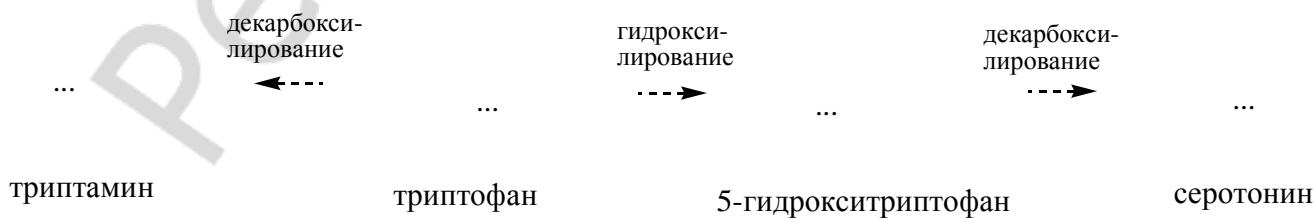
7. Напишите формулы полярных АМК с отрицательно ионизирующимся радикалом в ионной форме. Объясните, почему их *pI* значительно ниже 7 (3,0–3,2).

Напишите схему реакции декарбоксилирования Glu. Приведите тривиальное название продукта реакции, укажите его биологическое значение.

8. Напишите формулы полярных АМК с положительно ионизирующимся радикалом в ионной форме. Объясните, почему их  $pI$  выше 7 (7,6–10,8).

Напишите схему реакции декарбоксилирования His. Приведите тривиальное название продукта реакции, укажите его биологическое значение.

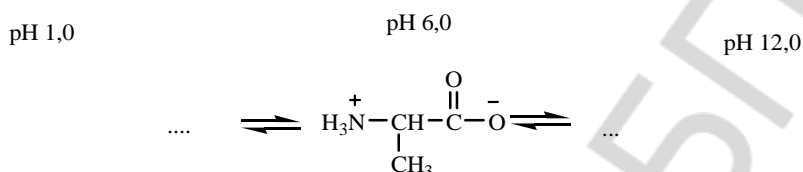
9. Напишите формулу триптофана. Какой гетероцикл входит в состав Trp? Заполните схему реакции.



Укажите названия витаминов, участвующих в качестве коферментов в данных реакциях.

10. Напишите формулы АМК, содержащих амидную группу. Объясните, почему их  $pI$  находятся в области 5,4-5,7?

11. Приведите различные формы аланина в сильнокислой и в сильнощелочной средах:



12. Напишите формулу пролина. Объясните, почему, наличие этой аминокислоты в структуре пептида придает цепи изгиб? Заполните схему реакции получения 4-гидроксипролина (нумерация атомов в цикле начинается с атома N).



Укажите кофермент, участвующий в гидроксилировании, и биологическое значение данной реакции.

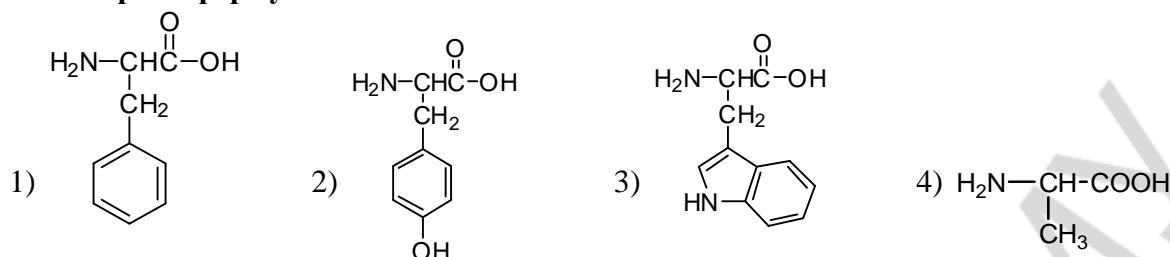
13. **Трансаминирование** — это ...

Напишите схему реакции переаминирования между L-аланином и  $\alpha$ -кетоглутаровой кислотой. Укажите витамин, участвующий в реакции, и биологическое значение переаминирования.

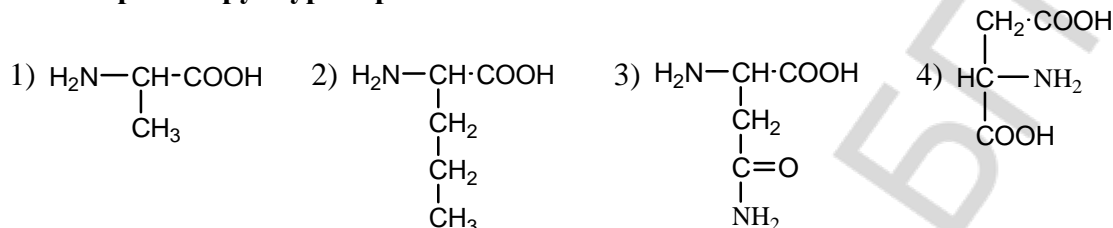
14. Напишите схему реакции окислительного дезаминирования Glu *in vivo*. Отметьте биологическое значение этой реакции.

## ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

### 1. Выберите формулы незаменимых аминокислот:



### 2. Выберите структуры протеиногенных аминокислот:



### 3. Выберите аминокислоты, содержащие ароматическое ядро:

- 1) Tyr; 2) Pro; 3) Thr; 4) His; 5) Trp.

### 4. Укажите аминокислоты, имеющие ионогенный радикал:

- 1) Asn; 2) Asp; 3) Arg; 4) Glu; 5) His.

### 5. В виде четырех стереоизомеров могут существовать аминокислоты:

- 1) изолейцин; 2) треонин; 3) 4-гидроксипролин; 4) аргинин.

### 6. Укажите аминокислоты, содержащие две карбоксильные группы:

- 1) Gln; 2) Ala; 3) Glu; 4) Asn; 5) Asp.

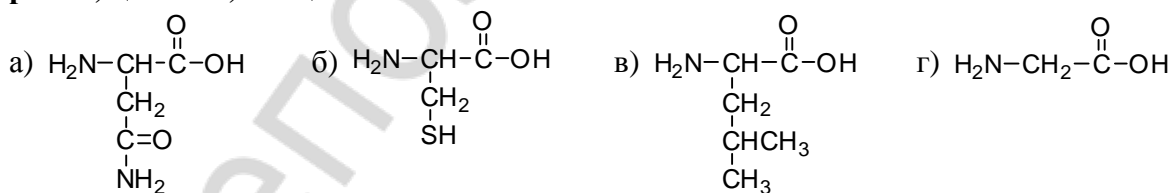
### 7. В реакциях гидроксирования лизина и пролина при синтезе соединительной ткани участвует витамин:

- 1) B<sub>6</sub>; 2) C; 3) PP; 4) D.

### 8. В результате посттрансляционной модификации образуются:

- 1) цистеин; 2) 4-гидроксипролин; 3) 5-гидроксилизин; 4) цистин.

### 9. Выберите структуры аминокислот в следующей последовательности: лейцин, аспарагин, цистеин, глицин:



- 1) в, а, б, г; 2) а, в, г, б; 3) а, б, в, г; 4) г, а, б, в.

### 10. В реакции переаминирования из ПВК и Glu образуются:

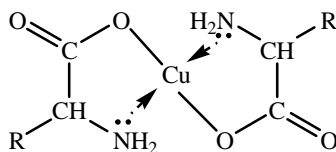
- 1) Ala и 2-оксобутандиовая кислота;  
2) Gly и 2-оксопентандиовая кислота;  
3) Ala и 2-оксопентандиовая кислота;  
4) Asp и 2-оксопентандиовая кислота.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 1. Образование внутрикомплексных солей $\alpha$ -аминокислот

В пробирку поместите 10 капель 1 % раствора глицина (6); добавьте кристаллик медного купороса (3) и кристаллик ацетата натрия (42). Пробирку аккуратно встряхните.



**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 2. Отсутствие кислой реакции у глицина

В пробирку поместите 5 капель 1 % раствора глицина (6). Добавьте 1 каплю 0,2 % раствора индикатора метилового красного\*. Раствор приобретает желтую окраску (нейтральная среда). Сохраните полученный раствор для следующего опыта.

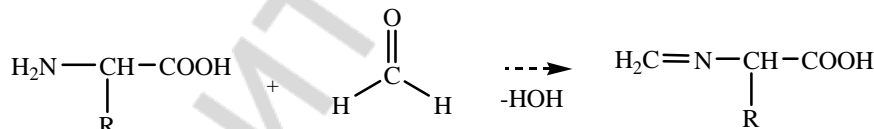
**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*С чем связано отсутствие кислой реакции у глицина?*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 3. Реакция глицина с формальдегидом (образование основания Шиффа)

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.



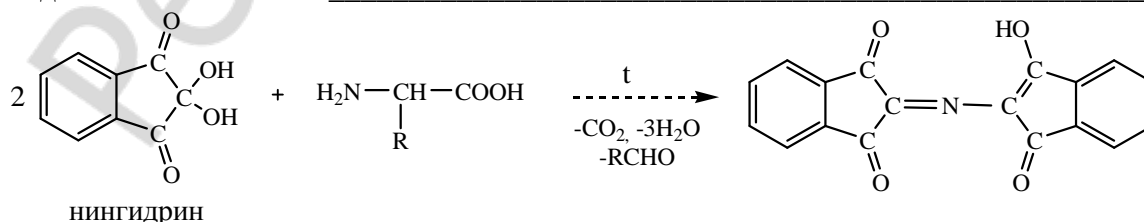
**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 4. Реакция глицина с нингидрином (общая реакция обнаружения $\alpha$ -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 № 14**  
**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. 363–408, [2] С. 345–369, [3] С. 130–138.

**Вопросы для подготовки к занятию:**

1. Пептиды. Электронное и пространственное строение пептидной связи как сопряженной системы.
2. Отдельные представители пептидов: аспартам, нейропептиды, глутатион, инсулин, их биологическая роль и применение.
3. Первичная структура пептидов и белков.
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. **Пептиды** — это ...

Приведите схему образования дипептида в общем виде, обозначьте пептидную связь, охарактеризуйте ее электронное и пространственное строение.

2. **Первичная структура белка** — это ...

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

- а) His-Thr

б) Glu-Pro

3. Напишите формулы пептидов в ионной форме при физиологическом значении рН крови (7,4).

а) Asp-Tyr-Met

б) Trp-Pro-Arg

в) аспартиласпарагиниллейцин

д) глутамилглицилглутаминилаланин

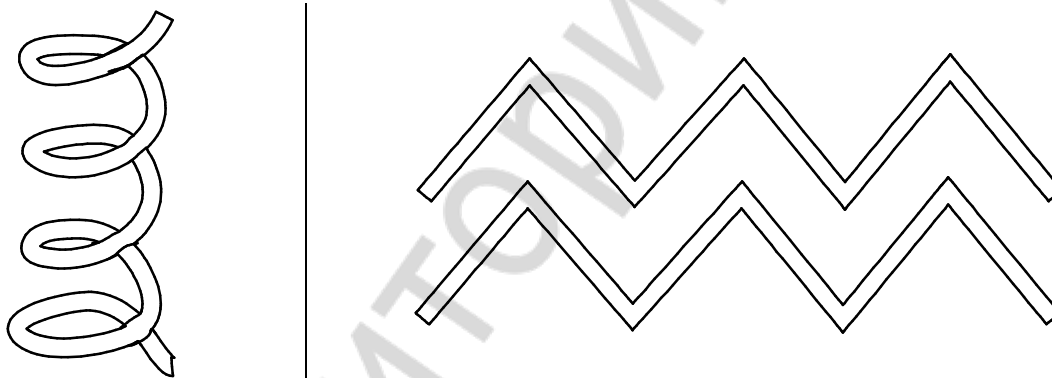
4. Приведите строение глутатиона восстановленного и схему его окисления до дисульфида.

5. **Белки** — это ...

Назовите виды вторичной структуры:

Различные виды вторичной структуры стабилизируются ...

Дополните рисунки, покажите направление формирования связей, стабилизирующих структуры.



6. Третичная структура стабилизируется связями и взаимодействиями ...

Укажите, какой вид взаимодействий реализуется между аминокислотами:

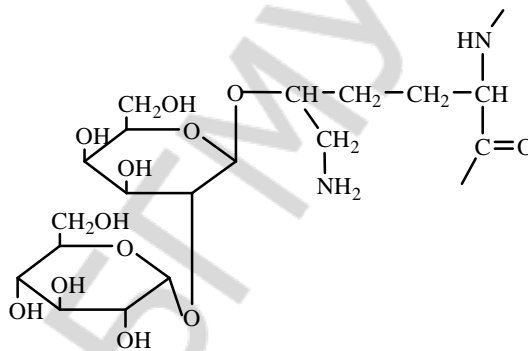
Phe и Ala	Arg и Glu	Ile и Val	Cys и Cys
Ser и Gln	Tyr и Thr	Asp и Lys	His и Ser
Trp и Leu	Glu и His	Asn и Ser	Met и Ala

7. **Денатурация** — это ...

Укажите, каким путем, преимущественно, вызывают денатурацию следующие денатурирующие агенты (*разрушение водородных связей, гидрофобных взаимодействий или восстановление дисульфидных связей*):

этанол	2-меркаптоэтанол	фенол	додецилсульфат
--------	------------------	-------	----------------

8. Гидроксилирование лизина и пролина в составе полипептидных цепей, составляющих коллаген, необходимо, так как через гидроксильные группы указанных аминокислот полипептид связывается с дисахаридным фрагментом, имеющим важное значение для формирования пространственной структуры коллагена. Укажите и назовите компоненты изображенного фрагмента, типы связей. Почему недостаточное поступление в организм витамина С может привести к снижению прочности сосудистой стенки, что сопровождается цингой?



### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

**1. В образовании ионных связей при формировании третичной структуры белка участвуют радикалы таких аминокислот как:** 1) Asn; 2) Arg; 3) Cys; 4) Asp; 5) Glu.

**2. В гидрофобных взаимодействиях при формировании третичной структуры белка участвуют радикалы таких аминокислот как:**

1) аргинин; 2) изолейцин; 3) фенилаланин; 4) триптофан; 5) аспарагиновая кислота.

**3. Выберите справедливые утверждения:**

- 1) белки представляют собой сополимеры протеиногенных аминокислот;
- 2) вторичная структура белка стабилизируется ионными связями;
- 3) в полипептидной цепи различают N-конец и C-конец;
- 4) в формировании третичной структуры белка участвуют белки-шапероны.

**4. В образовании водородных связей при формировании третичной структуры белка участвуют радикалы таких аминокислот как:**

1) глутамин; 2) фенилаланин; 3) тирозин; 4) пролин; 5) серин.

**5. При физиологических значениях pH положительный заряд имеют дипептиды:**

1) His-Val; 2) Thr-Lys; 3) Arg-Ser; 4) Ile-Tyr; 5) Cys-Arg.

**6. Аспартам — дипептид, состоящий из остатка аспарагиновой кислоты и метилового эфира:** 1) глицина; 2) фенилаланина; 3) глутамина; 4) тирозина.

**7. Укажите верные утверждения относительно пептидной связи:**

- 1) атомы углерода, азота и кислорода находятся в  $sp^2$ -гибридизации;
- 2) неподеленная пара электронов атома азота вступает в сопряжение с p-электронами двойной связи;
- 3) вокруг пептидной связи возможно вращение;
- 4) атомы углерода, кислорода и азота находятся в одной плоскости.

**8. Можно обнаружить пептидные связи в составе пептидов и белков при помощи реакции:**

1) биуретовой; 2) ксантопротеиновой; 3) декарбоксилирования; 4) дезаминирования.

**9. При физиологических значениях pH отрицательный заряд имеют дипептиды:**

1) Asp-Phe; 2) Gln-Trp; 3) Glu-Thr; 4) Ile-Asp; 5) Asn-Pro.

## 10. С-концевой аминокислотой глутатиона является:

- 1) глутаминовая кислота; 2) глицин; 3) цистеин; 4) глутамин; 5) серин.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 1. Ксантопротеиновая реакция

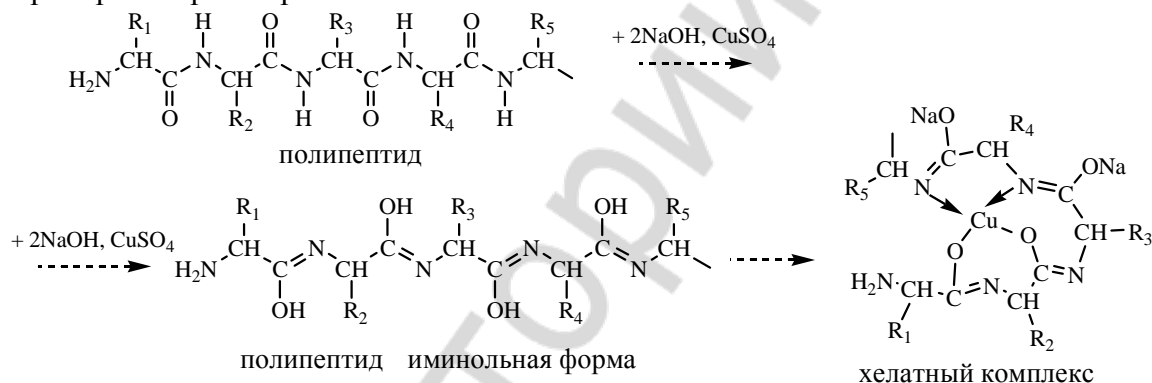
В пробирку поместите 10 капель раствора яичного белка\* и 3 капли концентрированной азотной кислоты\*. Содержимое пробирки осторожно нагрейте. Отметьте появление окрашивания. Пробирку охладите и добавьте 2–3 капли раствора гидроксида натрия (21). Какая окраска появляется?

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 2. Биуретовая реакция

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

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя:

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 15 НУКЛЕОЗИДЫ И НУКЛЕОТИДЫ. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

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

### Литература

[1] С. 409–439, [2] С. 420–444, [3] С. 139–151.

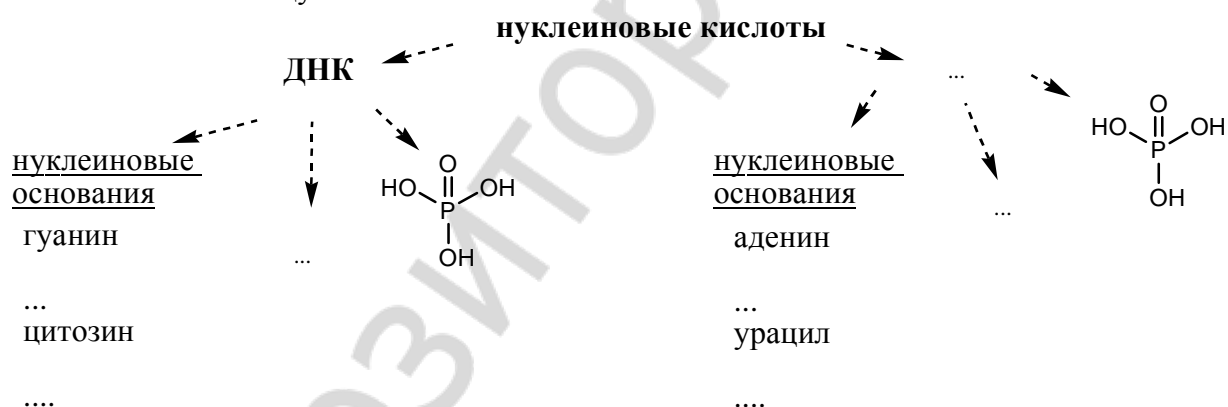
### Вопросы для подготовки к занятию:

1. Азотистые основания, входящие в состав нуклеиновых кислот. Таутомерные формы нуклеиновых оснований.
2. Нуклеозиды, строение, номенклатура.
3. Нуклеотиды, строение, номенклатура. Гидролиз нуклеотидов.
4. Первичная структура нуклеиновых кислот. Фосфодиэфирная связь. Нуклеотидный состав РНК и ДНК.
5. Строение и биологическая роль РНК. Виды РНК.
6. Вторичная структура ДНК.
7. Нуклеозидполифосфаты. АТФ, биологическое значение. Макроэргическая связь.
8. Строение кофермента НАД<sup>+</sup> и его фосфата НАДФ<sup>+</sup>. Система НАД<sup>+</sup> – НАДН; гидридный перенос.

### Письменные задания

1. **Нуклеиновые кислоты** — это ...

Заполните таблицу:



2. Напишите пиримидин, пронумеруйте атомы цикла. Изобразите тимин, урацил и цитозин в лактимной и лактамной формах. В какой из них нуклеиновые основания входят в состав нуклеиновых кислот?

пиримидин	урацил	тимин	цитозин
-----------	--------	-------	---------

3. Напишите пурин, пронумеруйте атомы цикла. Изобразите аденин, а также лактимную и лактамную формы гуанина.

пурин	аденин	гуанин
-------	--------	--------

4. Укажите водородные связи между парами комплементарных оснований:

аденин – тимин

гуанин – цитозин

5. **Нуклеозиды** — это ...

Напишите структурные формулы нуклеозидов:

уридин	дезоксаденозин
--------	----------------

6. **Нуклеотиды** — это ...

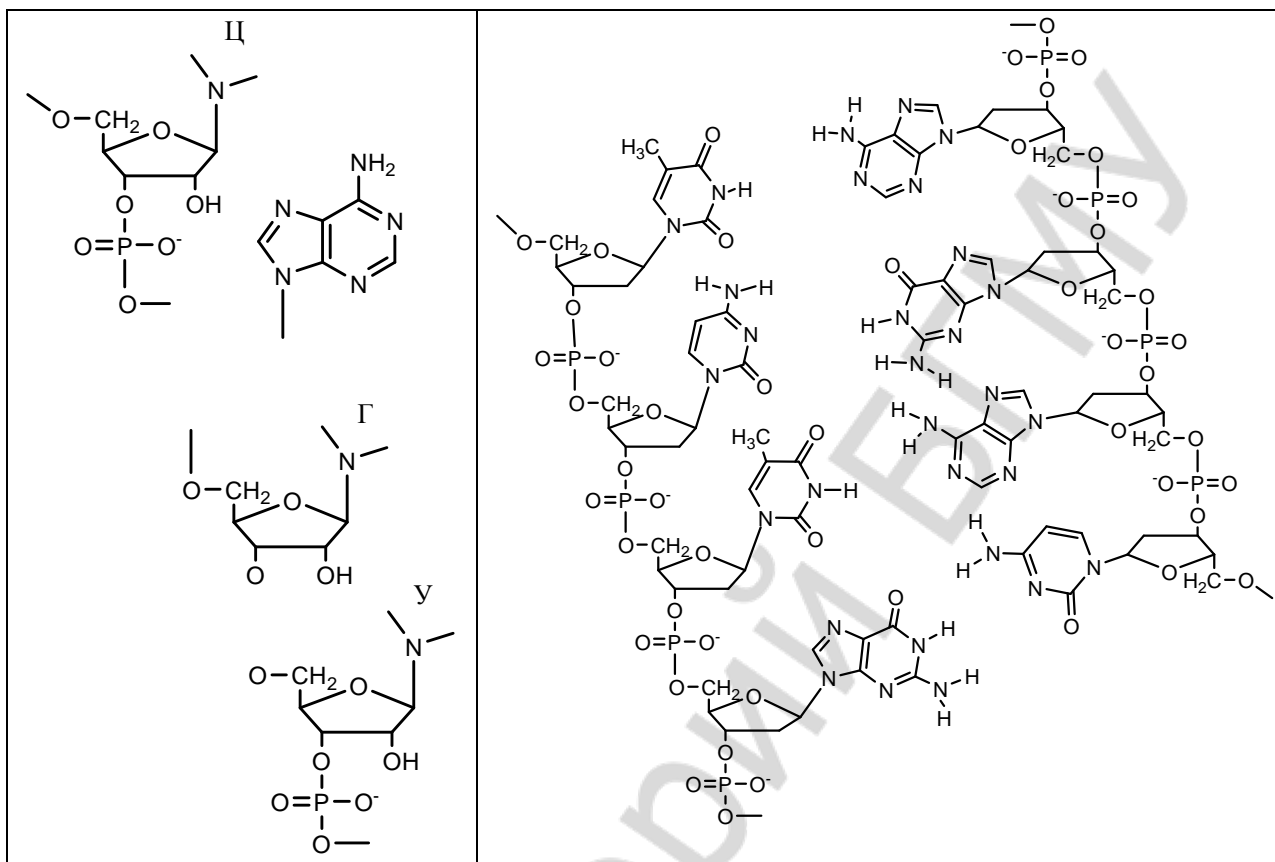
Напишите формулы следующих нуклеотидов:

аденозин-5'-фосфат	5'-дезокситидиловая кислота
--------------------	-----------------------------



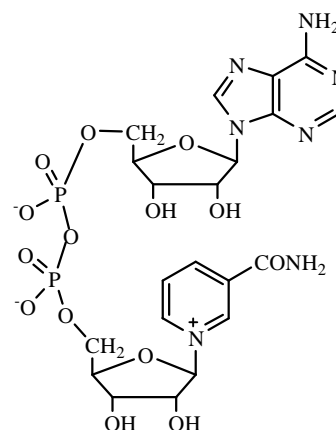
7. Охарактеризуйте общий план строения нуклеиновых кислот ДНК и РНК.

Восстановите структуру 4-нуклеотидного фрагмента РНК (слева) и обозначьте водородные связи между полинуклеотидными цепями в молекуле ДНК (справа).



8. Изобразите молекулу АТФ, укажите макроэргические связи, объясните роль ионов магния в процессе высвобождения аккумулированной энергии.

9. Проанализируйте строение кофермента НАД<sup>+</sup>, выделите структурные фрагменты, обозначьте типы связей. Укажите его биологическое значение.



## ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

1. Для цитозина характерны следующие виды таутомерии:

- 1) лактим-лактаминная;      3) аминок-иминная;  
2) кето-енольная;            4) цикло-оксо.

2. При щелочном гидролизе дезоксиаденозин-5'-монофосфата образуются:

- 1) дезоксирибоза;    2) аденин;      3) фосфат;      4) дезоксиаденозин.

3. Выберите названия азотистых оснований, входящих в состав РНК:

- 1) 2-амино-6-гидроксипурин;  
2) 2,4-дигидрокси-5-метилпиримидин;  
3) 6-аминопурин;  
4) 4-амино-2-гидроксипиримидин;  
5) 2,4-дигидроксипиримидин.

4. Между амидом никотиновой кислоты и остатком рибозы в коферменте НАД<sup>+</sup> присутствует связь:

- 1) ангидридная;      2) N-гликозидная;    3) O-гликозидная;    4) амидная.

5. При кислотном (рН 1) гидролизе тимидин-5'-монофосфата образуются:

- 1) тимин;    2) рибоза;    3) дезоксирибоза;    4) тимидин;    5) фосфорная кислота.

6. Сколько сложноэфирных связей в молекуле аденозин-3',5'-циклофосфата?

- 1) 1;      2) 2;      3) 3;      4) 4.

7. Для аденина характерна таутомерия:

- 1) кето-енольная;    2) цикло-оксо;      3) аминок-иминная;    4) лактим-лактаминная.

8. Для нуклеотида характерны типы связей:

- 1) сложноэфирная и ангидридная;      3) ангидридная и простая эфирная;  
2) сложноэфирная и N-гликозидная;    4) фосфодиэфирная и N-гликозидная.

9. Сколько макроэргических связей в молекуле аденозин-5'-трифосфата?

- 1) 3;      2) 2;      3) 1;      4) 4.

10. В молекуле ГТФ между вторым и третьим остатком фосфорной кислоты присутствует связь:

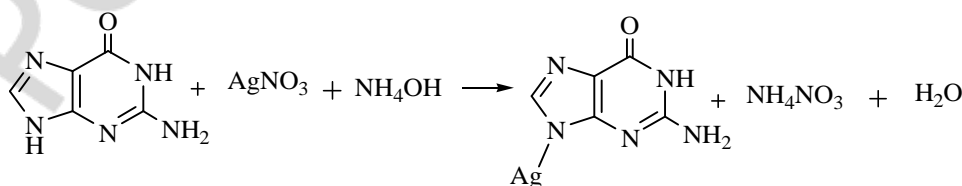
- 1) ангидридная;    2) сложноэфирная;    3) тиоэфирная;      4) водородная.

## 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 Биалья\* (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\* прибавьте 5 капель молибденового реактива\* и прокипятите несколько минут.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_



**Вывод:** \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 16 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. 440–467, [2] С. 444–464, [3] С. 90–98.

#### 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, ω-номенклатура.
3. Строение и свойства восков. Применение восков в медицине.
4. Триацилглицеролы. Строение, свойства, номенклатура.
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. *Липиды* — это ...

2. Напишите молекулярные и скелетные формулы высших жирных кислот. Приведите также названия ненасыщенных жирных кислот по  $\omega$ -номенклатуре.

Стеариновая кислота
Пальмитиновая кислота
Олеиновая кислота
Линолевая кислота
Линоленовая кислота
Арахидоновая кислота

Отметьте особенности высших жирных кислот, касающиеся числа атомов углерода, конфигурации двойной связи, взаимного расположения двойных связей. Перечислите эссенциальные жирные кислоты.

3. Напишите формулы различных спиртов, встречающихся в составе липидов, а также гетерофункциональных соединений, содержащих гидроксильную группу.

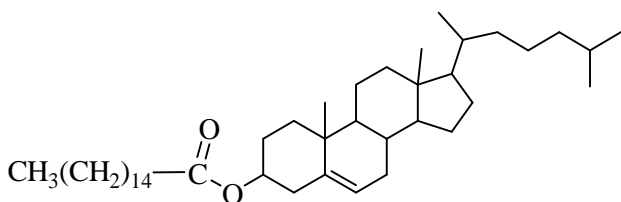
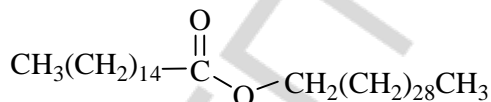
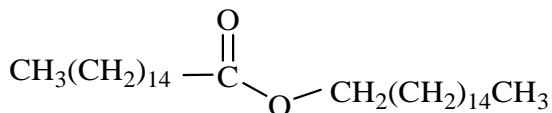
глицерол	гексадеканол-1 (цетиловый спирт)
этаноламин	ХОЛИН
серин	ИНОЗИТОЛ

4. **Простые липиды** — это ...

**Воски** — это ...

Благодаря какому физическому свойству, воски преимущественно выполняют защитную функцию?

Изображенные на рисунке формулы восков отнесите соответственно к спермацету, пчелиному воску и ланолину. Укажите применение этих веществ.

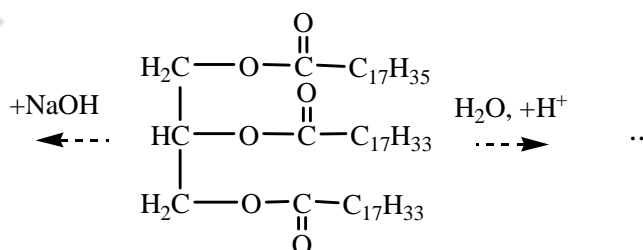


5. **Жиры** — это ...

Напишите формулы жиров, укажите их агрегатное состояние.

1,2-дилинолеил-3-линоленоилглицерол	1-олеоил-2-пальмитоил-3-стеароилглицерол

6. Напишите реакции гидролиза триацилглицерола.

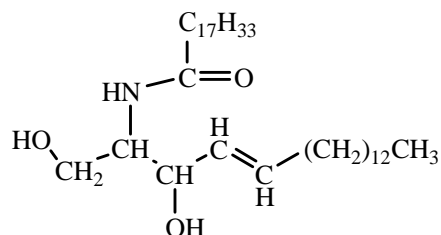


**Мыла** — это ...

Каково значение жиров для организма человека?

7. **Церамиды** — это ...

Выделите в представленной формуле церамида остатки сфингозина и жирной кислоты.

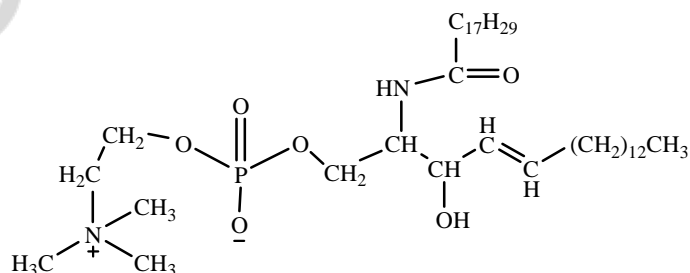


8. **Сложные липиды** — это ...

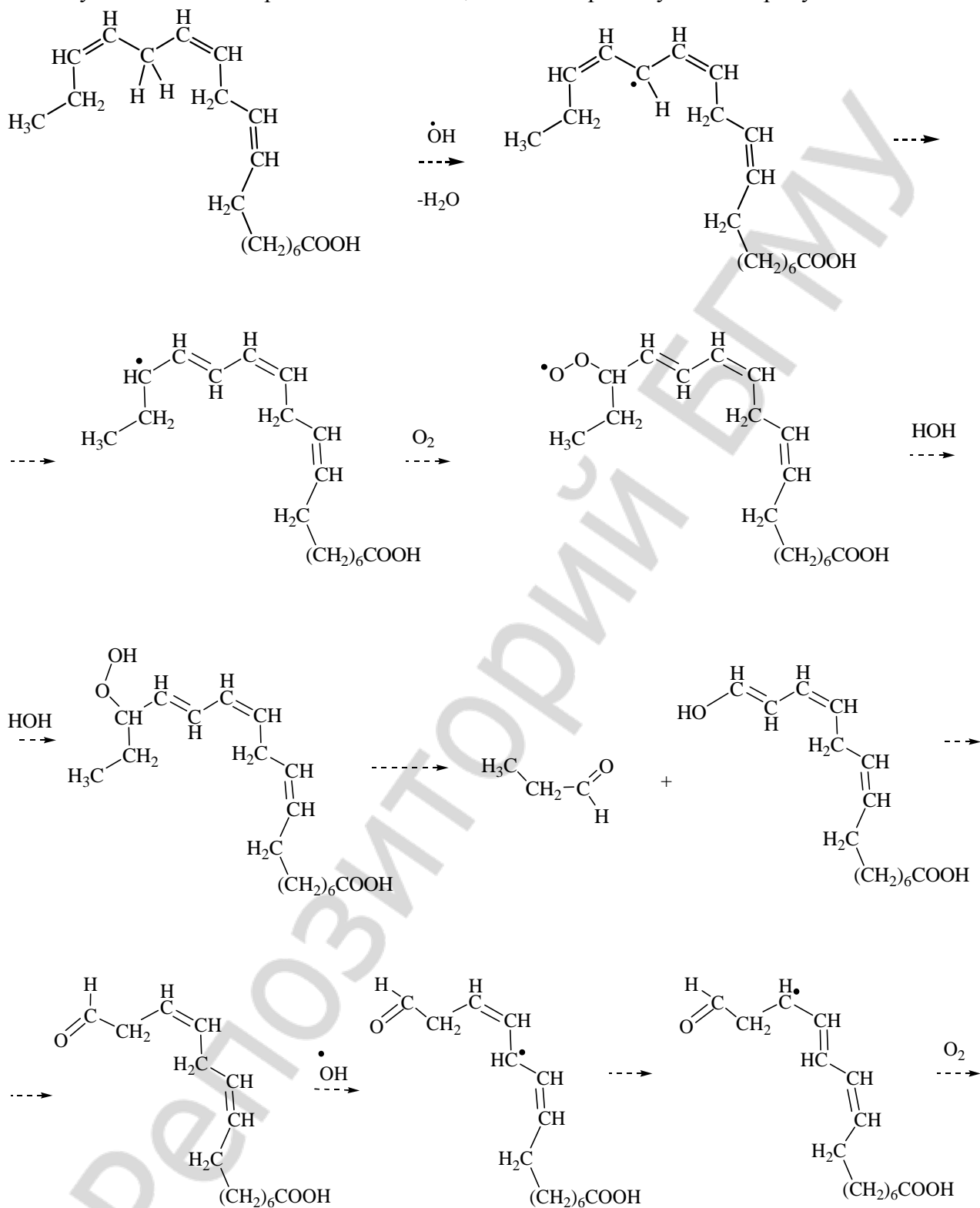
Напишите структурные формулы глицерофосфолипидов в таблице. Укажите гидрофильные и гидрофобные части молекул.

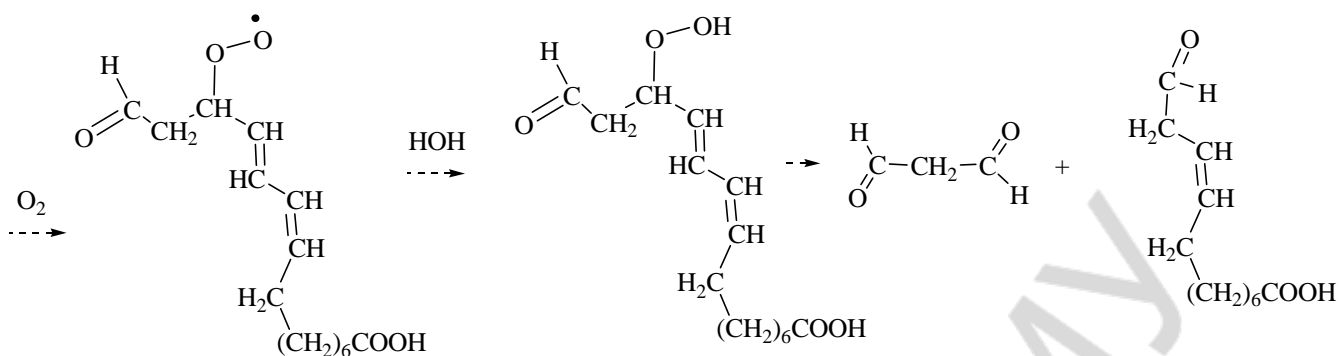
1-пальмитоил-2-линоленоилфосфатидилэтаноламин	1-стеароил-2-арахидоноилфосфатидилхолин
1-стеароил-2-олеоилфосфатидилсерин	1-стеароил-2-линоленоилфосфатидилинозитол

9. На рисунке представлена формула сфингомиелина. Проанализируйте ее, покажите структурные фрагменты и типы связей между ними. Укажите гидрофильную и гидрофобные части молекулы. К каким группам сложных липидов можно отнести сфингомиелин?



10. Процесс перекисного окисления линоленовой кислоты протекает в соответствии со следующей схемой. Проведите ее анализ, назовите промежуточные продукты.



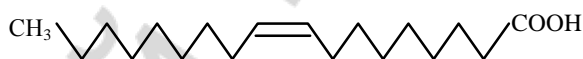


Каково биологическое значение ПОЛ, роль его в развитии патологических процессов?

### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

**1. Структура какой высшей жирной кислоты изображена на рисунке?**

- 1) линолевой;                      3) олеиновой;  
2) арахидоновой;                4) стеариновой.



**2. К простым липидам относятся:**

- 1) мирицилпальмитат;                      2) триолеилглицерол;  
3) 1-пальмитоил-2-олеоилфосфатидилхолин;                4) дипальмитоилфосфатидилсерин.

**3. Отметьте верные утверждения относительно ненасыщенных жирных кислот, входящих в состав липидов:**

- 1) двойные связи сопряжены;                      2) число атомов углерода четное;  
3) являются монокарбоновыми кислотами;                4) имеют разветвленную углеродную цепь;  
5) обычно являются *цис*-изомерами.

**4. Приведите обозначение линолевой кислоты по ω-номенклатуре:**

- 1) 20:4 ω 6;                2) 18:3 ω 3;                3) 18:1 ω 9;                4) 18:2 ω 6.

**5. К сложным липидам относятся:**

- 1) цетиловый эфир пальмитиновой кислоты;                2) 1-стеароил-2-олеоилфосфатидилинозитол;  
3) 1-пальмитоил-2-олеоилфосфатидилхолин;                4) тристеароилглицерол.

**6. В состав липидов могут входить спирты:**

- 1) пропантриол-1,2,3;                      3) 2-аминооктадецен-4-диол-1,3;  
2) этанол;                                      4) инозитол.

**7. Витамин Е является природным антиоксидантом благодаря наличию в его структуре:**

- 1) аминогруппы;                                      3) фенольного гидроксила;  
2) спиртового гидроксила;                      4) тиольной группы.

**8. Приведите обозначение арахидоновой кислоты по ω-номенклатуре:**

- 1) 20:4 ω 6;                2) 20:4 ω 3;                3) 18:1 ω 6;                4) 18:2 ω 6.

**9. К резервным липидам следует отнести:**

- 1) 1,2-диолеоил-3-линоленоилглицерол;                      2) 1-олеоил-2-стеароилфосфатидилхолин;  
3) 1-олеоил-2-стеароилфосфатидилинозитол;                4) 1,3-диолеоил-2-стеароилглицерол.

**10. Каким типом связи связаны в фосфатидилсерине фосфатидная кислота с серином?**

- 1) сложноэфирной;                                      3) O-гликозидной;  
2) ангидридной;                                      4) амидной.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 1. Открытие остатков непредельных кислот в жире

В пробирку поместите 1 каплю растительного масла\* и добавьте несколько капель бромной воды\*. Энергично встряхните.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

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

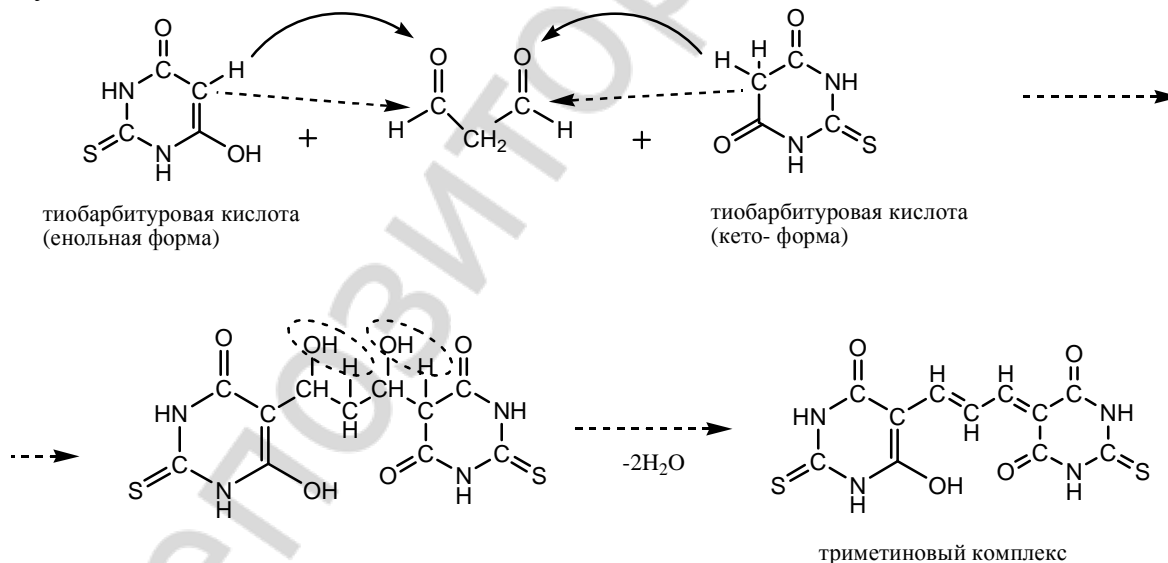
В пробирку поместите 1 каплю растительного масла\* и добавьте 1 каплю раствора  $\text{KMnO}_4$  (14) и 2 капли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (43). Энергично встряхните.

**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 растворялись 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, поместить в кипящую водяную баню. Через 15 минут пробирки достаньте из водяной бани и визуально оцените интенсивность розовой окраски в них. Наблюдаемые отличия обоснуйте.



**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя:

**ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 17**  
**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**

См. лабораторные занятия 9–17.

**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-лактаменная таутомерия гетерофункциональных соединений.
10. Кетонные тела, биологическое значение.
11. Ацетилсалициловая кислота, получение. Оценка доброкачественности аспирина.
12. *n*-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. Неферментативное перекисное окисление липидов и его биологическая роль.
17. Цикло-оксо-таутомерия моносахаридов. Формулы Фишера и Хеурса. Конформации моносахаридов. Реакции образования гликозидов.
18. Окисление моносахаридов. Гликоновые, гликаровые 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, гидроксигирование. 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:**

Пировиноградная кислота (ПВК)	Арахидоновая кислота
Щавелевоуксусная кислота (ЩУК)	Холин
$\alpha$ -Кетоглутаровая кислота	Инозитол
Молочная кислота	Этаноламин
Яблочная кислота	D-рибоза
Ацетилкоэнзим А	D-дезоксирибоза
Лимонная кислота	D-глюкоза
Фумаровая кислота	D-фруктоза
Малеиновая кислота	Нейраминавая кислота
$\beta$ -Гидроксимасляная кислота	Аскорбиновая кислота
$\beta$ -Кетомасляная кислота	Сахароза
$\gamma$ -Аминомасляная кислота (ГАМК)	Мальтоза
Мочевая кислота	Лактоза
Гипоксантин	Лактулоза
Ксантин	Крахмал
Ацетилсалициловая кислота	Гликоген
Новокаин	Целлюлоза
Ультракаин	Декстран
Лидокаин	Гиалуроновая кислота
Пальмитиновая кислота	Урацил
Стеариновая кислота	Тимин
Олеиновая кислота	Цитозин
Линолевая кислота	Аденин
Линоленовая кислота	Протеиногенные аминокислоты: тривиальные названия и трехбуквенный код на английском языке

### **ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 18 ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ЗАЧЕТ**

**Вопросы для подготовки к зачету:**

1. Системы с открытой цепью сопряжения. Энергия сопряжения.
2. Системы с замкнутой цепью сопряжения. Ароматичность. Правило ароматичности Хюккеля.
3. Конформации, факторы, влияющие на их состояние. Проекционные формулы Ньюмена. Виды напряжений. Энергетическая характеристика заслоненных, скошенных и заторможенных конформаций. Конформационное строение ацильных радикалов высших жирных кислот в липидах.
4. Энантиомерия соединений с одним центром хиральности. Относительная и абсолютная конфигурация. D, L- и R-, S-системы номенклатуры. Рацемические смеси.
5. Кислотность и основность органических соединений, факторы их определяющие.
6. Карбоновые кислоты. Функциональные производные карбоновых кислот: сложные эфиры, амиды, их гидролиз.
7. Реакция декарбоксилирования моно- и дикарбоновых кислот.

8. Мочевина как полный амид угольной кислоты. Ее физические и химические свойства, биологическая роль.
9. Формальдегид. Формалин. Параформ. Качественные реакции на альдегидную группу.
10. Двухатомные фенолы и их производные: гидрохинон, резорцин, пирокатехин, адреналин. Реакции окисления фенолов. Фенолы как антиоксиданты и ингибиторы свободно-радикальных реакций.
11. Биологически важные гидроксикислоты. Строение и свойства молочной, яблочной, винной, лимонной кислот, их солей.
12. Отдельные представители оксокислот: пировиноградная, щавелевоуксусная,  $\alpha$ -кетоглутаровая, их соли.
13. Анестезин и новокаин как сложные эфиры парааминобензойной кислоты. Новокаина гидрохлорид. Современные анестезирующие средства (лидокаина гидрохлорид, ультракаина гидрохлорид), применение в стоматологической практике.
14. Салициловая кислота, строение, кислотные свойства, качественная реакция на фенольный гидроксил. Сложные эфиры салициловой кислоты: метилсалицилат, фенилсалицилат, ацетилсалициловая кислота; применение в медицине.
15. Никотиновая кислота, ее амид как разновидности витамина РР. Роль в структуре и функционировании никотинамидных коферментов ( $\text{НАД}^+$ , НАДН).
16. Высшие жирные кислоты. Классификация, отдельные представители, особенности строения и конформаций непредельных высших жирных кислот. Эссенциальные высшие жирные кислоты,  $\omega$ -номенклатура. Качественные реакции на непредельность.
17. Липиды, классификация. Воски как представители простых омыляемых липидов. Строение, свойства, применение пчелиного воска, ланолина и спермацета в медицине.
18. Нейтральные триацилглицеролы, строение, свойства, биологическая значимость. Реакции омыления. «Анионные» мыла — их гигиеническое применение.
19. Фосфолипиды, их физико-химические свойства, роль в формировании липидного бислоя мембран.
20. Классификация моносахаридов. Стереоизомерия моносахаридов: энантиомеры, диастереомеры, эпимеры, аномеры. Конформации циклических форм моносахаридов.
21. Цикло-оксо-таутомерия моносахаридов. Таутомерные формы глюкозы, фруктозы, рибозы, дезоксирибозы.
22. Реакции брожения углеводов (молочнокислое, спиртовое и др.). Спирт ректификат, как основа для изготовления лекарственных и дезинфицирующих средств.
23. Аскорбиновая кислота, участие в окислительно-восстановительных процессах и реакциях гидроксирования.
24. Дисахариды: мальтоза, лактоза, лактулоза, сахароза. О-гликозидная связь.
25. Строение гомо- и гетерополисахаридов (крахмал, гликоген, целлюлоза, декстран, альгиновая кислота). Биологическое значение и применение в медицине.
26. Амфотерные свойства протеиногенных аминокислот. Влияние рН среды на диссоциацию аминокислот. Незаменимые аминокислоты.
27. Реакции декарбоксилирования аминокислот. Биогенные амины: гистамин,  $\gamma$ -аминомасляная кислота, серотонин, этаноламин, их биологическая роль.
28. Реакции гидроксирования аминокислот: 5-гидроксилизин, 4-гидроксипролин и их биологическая роль.
29. Пептиды, строение, номенклатура, кислотнo-основные свойства.
30. Глутатион, строение, кислотнo-основные свойства, биологическая роль.
31. Уровни организации белковых молекул, их характеристика, домены. Типы взаимодействий, стабилизирующих вторичную и третичную структуры.
32. Кислотно-основные свойства нуклеиновых оснований. Комплементарные пары нуклеиновых оснований.

33. Нуклеотиды. Строение, типы связей, номенклатура. Гидролиз. Структура полинуклеотидной цепи.
34. Аденозинтрифосфат, строение, типы связей, биологическая роль.
35. Первичная структура нуклеиновых кислот. Фосфодиэфирная связь. РНК и ДНК, различие в нуклеотидном составе и их биологической роли.
36. Высокомолекулярные соединения. Мономер, элементарное звено, степень полимеризации. Основные способы получения высокомолекулярных соединений.
37. Классификация высокомолекулярных соединений.
38. Свободно-радикальная полимеризация. Инициаторы, активаторы, ингибиторы свободно-радикальных реакций.
39. Полимеры на основе эфиров акриловой и метакриловой кислот. Механизм химически инициированной полимеризации. Применение полимеров на основе акриловых мономеров.
40. Стоматологические материалы на основе эпоксидных смол, их применение.
41. Композиционные полимерные материалы и их компоненты.
42. Классификация композиционных материалов. Общие свойства композитов.
43. Адгезивные системы.
44. Оттискные стоматологические материалы на основе альгиновых кислот. Свойства калиевых и кальциевых солей альгиновых кислот.

**К дифференцированному зачету необходимо знать формулы:**

Пировиноградная кислота (ПВК)	Арахидоновая кислота
Щавелевоуксусная кислота (ЩУК)	Холин
$\alpha$ -Кетоглутаровая кислота	Инозитол
Молочная кислота	Этаноламин
Яблочная кислота	D-рибоза
Ацетилкоэнзим А	D-дезоксирибоза
Лимонная кислота	D-глюкоза
Фумаровая кислота	D-фруктоза
Малеиновая кислота	Нейраминовая кислота
$\beta$ -Гидроксимасляная кислота	Аскорбиновая кислота
$\beta$ -Кетомасляная кислота	Сахароза
$\gamma$ -Аминомасляная кислота (ГАМК)	Мальтоза
Мочевая кислота	Лактоза
Гипоксантин	Лактулоза
Ксантин	Крахмал
Ацетилсалициловая кислота	Гликоген
Новокаин	Целлюлоза
Ультракаин	Декстран
Лидокаин	Гиалуроновая кислота
Пальмитиновая кислота	Урацил
Стеариновая кислота	Тимин
Олеиновая кислота	Цитозин
Линолевая кислота	Аденин
Линоленовая кислота	Протеиногенные аминокислоты: тривиальные названия и трехбуквенный код на английском языке

## ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

### Лабораторное занятие № 1. Введение в практикум. Классификация и номенклатура органических соединений

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
2	2	4	4	1	1	3	2	1, 3, 4	3

### Лабораторное занятие № 2. Строение химических связей и взаимное влияние атомов в молекулах

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
2, 3, 4	2, 4	3, 4	3	2	2, 3, 4	3	4	1, 2	А3 Б2 В3 Г4

### Лабораторное занятие № 3.стереоизомерия, ее значение для проявления биологической активности

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
4	1, 3, 4	4	2	1, 3	4	1, 2	1, 3	А2 Б1 В4 Г3	2

### Лабораторное занятие № 4. Реакционная способность углеводов

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
1, 2, 3, 5	2, 4	1, 2	3	1, 4	2	1, 4	2	3, 5	2

### Лабораторное занятие № 5. Реакционная способность монофункциональных производных углеводов

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
2	4	1, 3, 4	1, 3	3, 4, 1, 2	2	2, 4	4	2	А3 Б2 В1 Г4

### Лабораторное занятие № 6. Биологически важные реакции альдегидов и кетонов

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
2, 3	А2 Б4 В1 Г3	2	3	1, 3	1, 2	1, 3, 4	4	2	2

### Лабораторное занятие № 7. Карбоновые кислоты и их функциональные производные

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
1, 4, 3, 2	А4 Б2 В3 Г1	1	1, 2, 4	1, 3, 4, 5	2	1, 2, 4	2, 3, 4	3, 4	1, 4

### Лабораторное занятие № 9. Поли- и гетерофункциональные соединения

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
2	3	3	2	1, 3, 4	1, 2, 4	1	2, 3, 4	3, 4	1

### Лабораторное занятие № 10. Полимерные материалы, применяемые в стоматологии

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
2	3	4	2	4	2	2, 3	3	2, 3	1, 3, 4

**Лабораторное занятие № 11. Углеводы. Моносахариды**

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
1, 2, 4	1, 2	3	2	2	2	4	3, 4	1	2,4

**Лабораторное занятие № 12. Углеводы. Полисахариды**

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
3	1, 2, 4	4	1, 2, 3	3, 4	2, 3, 4	4	3	3	2, 3, 4

**Лабораторное занятие № 13. Аминокислоты**

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
1, 3	1, 3, 4	1, 4, 5	2, 3, 4, 5	1, 2, 3	3, 5	2	2, 3, 4	1	3

**Лабораторное занятие № 14. Пептиды, белки**

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
2, 4, 5	2, 3, 4	1, 3, 4	1, 3, 5	1, 2, 3, 5	2	1, 2, 4	1	1, 3, 4	2

**Лабораторное занятие № 15. Нуклеиновые кислоты**

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
1, 3	3, 4	1, 3, 4, 5	2	1, 3, 5	2	3	2	2	1

**Лабораторное занятие № 16. Липиды**

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
3	1, 2	2, 3, 5	4	2, 3	1, 3, 4	3	1	1, 4	1

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Биоорганическая химия* : учеб. для вузов / И. В. Романовский [и др.]. Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА М, 2015. 504 с.
2. *Тюкавкина, Н. А.* Биоорганическая химия : учеб. для вузов / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков. 4-е изд. стереотип. М. : Дрофа, 2005. 542 с.
3. *Романовский, И. В.* Краткий теоретический курс биоорганической химии : учеб.-метод. пособие / И. В. Романовский, О. Н. Ринейская, В. В. Пинчук. Минск : БГМУ, 2011. 166 с.
4. *Романовский, И. В.* Современные полимерные материалы, применяемые в стоматологии : учеб.-метод. пособие / И. В. Романовский, Н. И. Губкина, А. В. Губкина. Минск : БГМУ, 2001. 47 с.

Учебное издание

**Ринейская** Ольга Николаевна  
**Романовский** Иосиф Витольдович  
**Зайтуллаева** Любовь Энверовна

## **БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Практикум для студентов стоматологического факультета

Ответственная за выпуск О. Н. Ринейская  
Компьютерная верстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 21.05.15. Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 2,74. Тираж 110 экз. Заказ 346.

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

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.

Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.