

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

**БИООРГАНИЧЕСКАЯ  
ХИМИЯ**

Минск БГМУ 2018

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

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

# **БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Рекомендовано Учебно-методическим объединением  
по высшему медицинскому, фармацевтическому образованию  
в качестве учебно-методического пособия для студентов  
учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям  
1-79 01 01 «Лечебное дело», 1-79 01 02 «Педиатрия»,  
1-79 01 03 «Медико-профилактическое дело»

*4-е издание*



Минск БГМУ 2018

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

Рецензенты: канд. биол. наук, доц. каф. органической химии Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета Л. В. Гидранович; каф. общей и биоорганической химии Гродненского государственного медицинского университета

**Ринейская, О. Н.**

P51 Биоорганическая химия : учебно-методическое пособие / О. Н. Ринейская, И. В. Романовский, Л. Э. Зайтуллаева. – 4-е изд. – Минск : БГМУ, 2018. – 112 с.

ISBN 978-985-21-0069-4.

Содержит методические рекомендации для подготовки к лабораторным занятиям по биоорганической химии. К каждой теме даны цель занятия, вопросы для обсуждения, письменные задания, тесты. Приведены описания и протоколы лабораторных опытов. Первое издание вышло в 2015 году.

Предназначено для студентов 1-го курса лечебного, педиатрического, медико-профилактического и военно-медицинского факультетов, медицинского факультета иностранных учащихся.

УДК 577.1(076.5)(075.8)  
ББК 28.072я73

---

Учебное издание

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

## **БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Учебно-методическое пособие

*4-е издание*

Ответственная за выпуск О. Н. Ринейская  
Компьютерная верстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 16.05.18. Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 13,02. Уч.-изд. л. 4,93. Тираж 746 экз. Заказ 486.

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.

**ISBN 978-985-21-0069-4**

© Ринейская О. Н., Романовский И. В., Зайтуллаева Л. Э., 2018  
© УО «Белорусский государственный медицинский университет», 2018

## 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.	Биологически важные гетероциклические соединения. Алкалоиды			
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.	Стероиды			
18.	<b>Итоговое занятие</b> «Биополимеры и их структурные компоненты. Липиды»			

## 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.
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.

### ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

#### 1. Меры предосторожности при работе со спиртовкой

Небрежная работа со спиртовкой может привести к возникновению пожара, поэтому при работе необходимо выполнять следующие требования:

- спиртовка должна находиться в центре стола на удобном для работы месте;
- зажигать спиртовку только спичками; категорически запрещается зажигать спиртовку от спиртовки, так как при наклоне втулка может сдвинуться, и выходящие пары воспламениться;
- гасить пламя спиртовки можно только, накрывая его колпачком.

#### 2. Меры предосторожности при работе с нагреванием веществ в пробирке

- нагревать вещества в стеклянной посуде необходимо только в верхней или средней части пламени, не касаясь фитиля, так как фитиль всегда холодный, и горячее стекло при контакте с ним лопается;
- при нагревании пробирка должна находиться в наклонном положении ( $45^\circ$ ), направленная в сторону от себя и окружающих;
- прежде чем нагревать содержимое пробирки, необходимо ее прогреть полностью;
- нагревание веществ в пробирке следует производить, слегка вращая ее и время от времени осторожно встряхивая содержимое;
- при работе с газоотводной трубкой нужно следить, чтобы ее конец находился в жидкости, через которую проходит газ.

#### 3. Меры предосторожности при работе с химическими реактивами

Необходимые для работы реактивы, кроме легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), сильнодействующих и токсичных веществ, находятся на рабочем столе и помещаются в штативах с пронумерованными гнездами. Такой же номер и на бутылочке с соответствующим реактивом. Бутылочки с жидкостями закрыты резиновыми пробками, в которые вмонтирова-

ны пипетки. Вынимать бутылочки из гнезд штатива не рекомендуется. Для набора вещества левой рукой следует прижимать бутылочку ко дну гнезда, а правой — осторожно вынуть пробку с пипеткой, набрать нужное количество реактива пипеткой и закрыть бутылочку этой же пробкой. Для набора кристаллических реактивов в пробку вмонтирован шпатель.

Пролитый на стол реактив следует собрать тряпочкой, которая затем промывается водой в раковине, а стол следует ещё раз протереть влажной тряпочкой. Рассыпанный сухой реактив следует собрать на бумагу, завернуть в нее и выбросить в урну, после чего стол следует протереть влажной тряпочкой, а затем промыть её водой под краном.

Категорически запрещается пробовать любые химические вещества на вкус.

### **3.1. Меры предосторожности при работе с легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ)**

ЛВЖ (спирт, толуол, ацетон, ацетоуксусный эфир) находятся в небольших количествах в вытяжном шкафу. Работы с этими веществами проводятся под тягой, вдали от открытого огня и включённых плиток. При воспламенении ЛВЖ в каком-нибудь сосуде его следует быстро накрыть противопожарным одеялом. Если горящая жидкость разлилась, её тушат песком, который затем убирают. Если на человеке загорелась одежда, то его быстро и плотно закутывают в противопожарное одеяло.

### **3.2. Меры предосторожности при работе с кислотами и щелочами**

Концентрированные растворы азотной, серной, хлороводородной кислот, нитрующая смесь находятся в вытяжном шкафу. Все работы с концентрированными кислотами и щелочами проводятся только в вытяжном шкафу. Разбавлять концентрированные кислоты можно только путем приливания кислоты к воде, а не наоборот. Разлитые на пол кислоты и щелочи необходимо засыпать песком и после этого привести уборку.

### **3.3. Меры предосторожности при работе с токсическими веществами**

Токсические органические вещества — анилин, метиламин, толуол, пикриновая кислота — находятся в вытяжном шкафу. Необходимо осторожно обращаться с этими веществами, не вдыхать их пары, избегать попадания на руки, так как они впитываются через кожу. Если эти вещества попали на руки, следует быстро вымыть руки теплой водой с мылом; при вдыхании паров — немедленно выйти на свежий воздух.

## **4. Оказание первой медицинской помощи при несчастных случаях**

– при порезе рук стеклом необходимо удалить пинцетом кусочки стекла из раны, затем обработать рану спиртовым раствором йода и наложить повязку;

– при термических ожогах обожжённое место следует обработать 70%-ным раствором этилового спирта;

– при ожогах растворами щелочей нужно промыть поражённый участок водой и наложить компресс из ваты или марли, смоченной 1%-ным раствором уксусной кислоты;

– при ожогах кислотами нужно немедленно промыть обожжённый участок водой, а после 1%-ным раствором гидрокарбоната натрия (питьевой соды), а затем наложить компресс из ваты или марли, смоченной этим раствором;

– при попадании кислот или щелочей в глаза их следует тщательно промыть водой, а затем либо 2%-ным раствором гидрокарбоната натрия (для нейтрализации кислот), либо 2%-ным раствором борной кислоты (для нейтрализации щелочи);

– при ожогах кожи бромом следует быстро смыть его этиловым спиртом и смазать поражённое место мазью от ожогов;

– при ожогах жидким фенолом необходимо растереть побелевший участок кожи глицерином, пока не восстановится нормальный цвет кожи, затем промыть водой и наложить компресс из ваты, смоченной раствором глицерина.

С требованиями кафедры и правилами техники безопасности 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:

метан	этан	этен
пропен	бутен-1	бутен-2
пентен-2	бутанол-2	этаналь
бутанон	пропановая кислота	пропаналь
бензол	фенол	бензойная кислота
толуол	бутендиовая кислота	2-метилпропанол-1

\* Список литературы см. на с. 112.

анилин	4-аминофенол	4-гидрокси-3-метоксибензальдегид
бензойная кислота	фенилхлорметан	2,2-диметилпропаналь
этандиовая кислота	2-аминоэтанол	2-амино-3-метилбутановая кислота
2-аминопентандиовая кислота		2,3-димеркаптобутандиовая кислота (сукцимер)
3-гидрокси-3-карбоксипентандиовая кислота (лимонная кислота)		2-пропилпентановая кислота (вальпроевая кислота)
2-оксопентандиовая кислота		<i>транс</i> -бутендиовая кислота
2-амино-4-метилтиобутановая кислота		гексадиен-2,4-аль
4,4-диметил-2-оксопентановая кислота		1-этоксипропанол-1
2-метиламино-1-фенилпропанол-1 (эфедрин)		диметоксиметан



2. Назовите по заместительной номенклатуре IUPAC следующие соединения:

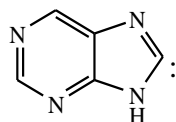
			акриловая кислота 
молочная кислота 	щавелевоуксусная кислота 	серин 	
	фенилаланин 	салициловая кислота 	цистеин 
	ментол 	парацетамол 	

3. Назовите по заместительной и радикало-функциональной номенклатуре IUPAC следующие соединения:

Скелетная формула соединения	Название по заместительной номенклатуре IUPAC	Название по радикало-функциональной номенклатуре IUPAC

ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ (ответы на с. 111)

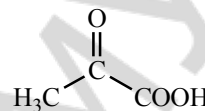
1. Назовите гетероцикл



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

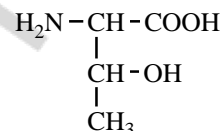
2. Назовите по заместительной номенклатуре IUPAC соединение:

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



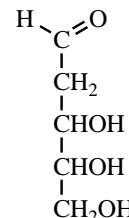
3. Аминокислоту треонин по заместительной номенклатуре называют:

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



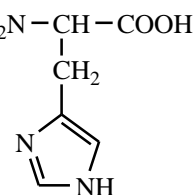
4. Приведите название дезоксирибозы по систематической номенклатуре:

- 1) 1,3,4,5,6-пентагидрогексанон-2;  
2) 2,3,4,5,6-пентагидрогексаналь;  
3) 2,3,4,5-тетрагидроксипентаналь;  
4) 3,4,5-тригидроксипентаналь.



5. Назовите по заместительной номенклатуре IUPAC соединение:

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

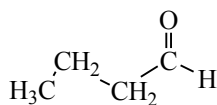


6. Выберите формулу 1-метоксипропанола-1:

- 1)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{OCH}_3}{\text{CH}}-\text{OH}$     2)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{OCH}_3}{\text{CH}}-\text{OCH}_3$     3)  $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OCH}_3}{\text{CH}}-\text{OCH}_3$     4)  $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OC}_2\text{H}_5}{\text{CH}}-\text{OH}$

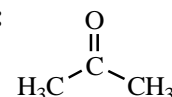
7. Выберите название соединения:

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



8. Дайте название соединения по заместительной номенклатуре IUPAC:

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

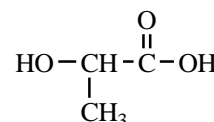


9. Выберите ненасыщенное(-ые) соединение(-я):

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

10. Выберите тривиальное название соединения:

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



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 1. Антиоксидантная активность аскорбиновой кислоты.

Возьмите две пробирки. В обе пробирки поместите по 2 капли этилового спирта\*. К одной из них с помощью стеклянной лопаточки добавьте несколько кристалликов аскорбиновой кислоты\*. Затем внесите в каждую пробирку по 1 капле раствора  $\text{KMnO}_4$  (14) и 2 капли раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (23), встряхните. Каждую пробирку нагрейте до кипения и обесцвечивания раствора. Отметьте появление запаха антоновских яблок в одной из пробирок.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Напишите схему протекающей реакции:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*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 бензоидных и небензоидных систем.
7. Ароматичность гетероциклических систем (пиррол, пиридин, пиримидин, имидазол, пурин, порфин). Электронное и пространственное строение пиррольного и пиридинового атомов азота.
8. Индуктивный эффект и мезомерный эффект. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители.

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

### 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 ...

Напишите формулы соединений. Используя правило Хюккеля, выясните, какие из них являются ароматическими.

бензол	циклогексадиен-1,3
фенантрена	циклогексан
циклопентадиенильный анион	пиррола
пиримидина	имидазола
пиридина	пурина



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  $\pi$ -недостаточной ароматической системой; 4) атом азота представляет в систему сопряжения 1 электрон; 5) является  $\pi$ -избыточной ароматической системой.

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

5. Гидроксильная группа в пропаноле-2 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:

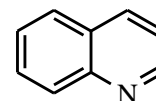
- 1) -COOH;      2) -CH<sub>3</sub>;      3) -OH;      4) -NHCH<sub>3</sub>.

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

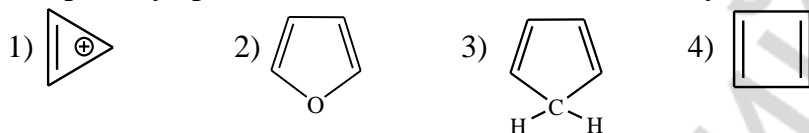
- 1) +I, -M;      2) -I;      3) -I, +M;      4) -I, -M.

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:

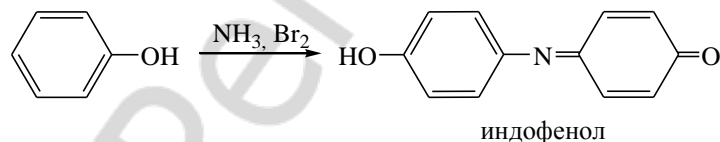
- |                      |             |
|----------------------|-------------|
| А) бензиловый спирт; | 1) -I, -M;  |
| Б) фенол;            | 2) -I < +M; |
| В) этанол;           | 3) -I;      |
| Г) хлоробензол.      | 4) -I > +M. |

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

#### 1. Индофеноловая проба.

В пробирку поместите 1 каплю водной эмульсии фенола\*, 3 капли раствора аммиака\*, и 3 капли насыщенного раствора бромной воды\*. Отметьте появление характерного окрашивания.

Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_



Вывод: \_\_\_\_\_

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, [4].

#### 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. Стереoisomerия 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. Стереoisomerия молекул с двумя центрами хиральности, энантиомерия и диастереомерия. Мезоформы.
9. Рацемические смеси. Методы разделения рацемических смесей.
10.  $\pi$ -Диастереомерия.  $\pi$ -Диастереомеры бутандиовой и 9-октадеценовой кислот.

#### Письменные задания

1. **Конформации** — это ...

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

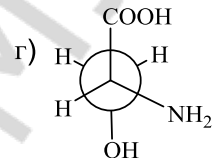
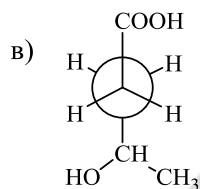
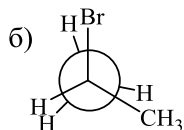
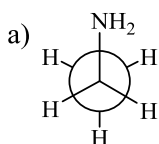
- а) этана;
- б) этантиола

- в) бутана (C<sub>2</sub>–C<sub>3</sub>)



г) 2-аминоэтанола

2. Напишите структурные формулы соединений, конформации которых приведены ниже:



3. Изобразите возможные конформации кресла циклогексанола.

4. Изобразите наиболее устойчивую конформацию следующих соединений:

а) 2-метилциклогексанола

б) 1,3-дихлорциклогексана

5. Изобразите конформацию 1,3-диметилциклогексана, в которой будет осуществляться 1,3-диаксиальное взаимодействие.

6. **Конфигурация** — это ...

**Асимметрический атом углерода** — это ...

Напишите структурные формулы: бутанола-2, 2,3-дигидроксипропанола, 2-аминопропановой кислоты, 3-гидроксибутановой кислоты. Отметьте асимметрические атомы углерода в структуре этих соединений.

7. Напишите проекционные формулы Фишера возможных стереоизомеров следующих соединений:

а) 2-гидроксипропаналь

б) 2-аминопропановая кислота

*Энантимеры* — это ...

*Рацемическая смесь* — это ...

8. *Диастереомеры* — это ...

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

а) 2-амино-3-гидроксибутановая кислота

б) 2,3-дигидроксибутандиовая (винная) кислота

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

а) 2-гидроксипропановой кислоты

б) 2-амино-3-метилбутановой кислоты

10. Изобразите *цис*- и *транс*- изомеры:

а) бутендиовой кислоты

б) октадекатриен-9,12,15-овой кислоты (при помощи скелетных формул)

### 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.

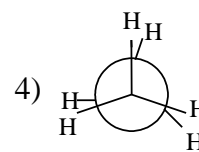
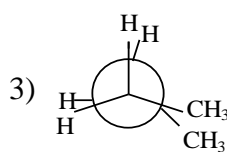
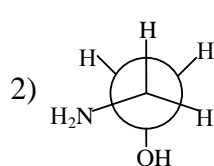
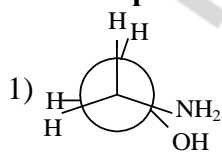
**3. Различные пространственные формы молекулы, возникающие в результате вращения вокруг одинарной связи, называют:**

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

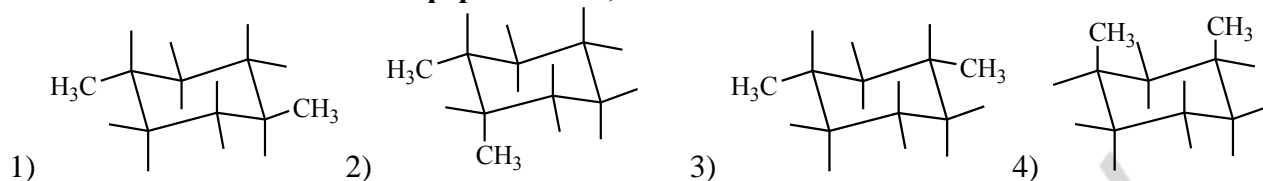
**4. Наименее устойчивая конформация бутана:**

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

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



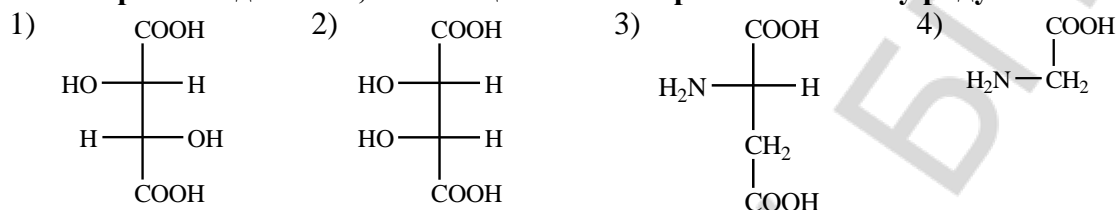
**6. Наименее стабильной конформацией 1,3-диметилциклогексана является:**



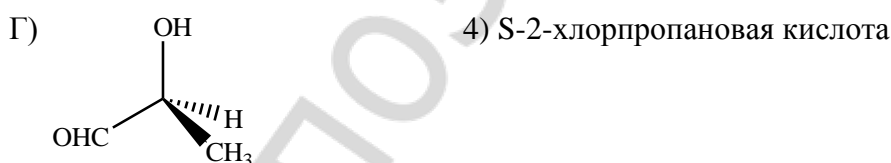
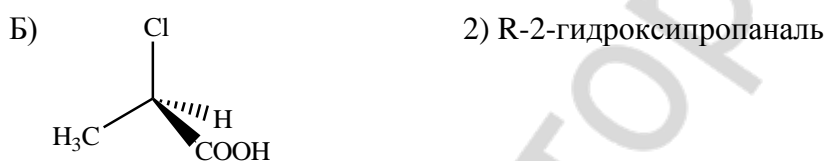
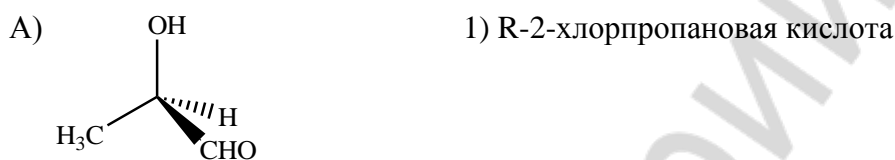
**7. Укажите соединения, имеющие два хиральных центра:**

- 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:**



**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, 254–270, [2] С. 85–99, 116–149, [3] С. 42–46, 50–58.

### Вопросы для подготовки к занятию:

1. Понятие о механизме органической реакции. Субстрат, реагент, реакционный центр. Гомолитический и гетеролитический механизмы разрыва ковалентной связи. Типы реагентов.
2. Классификация органических реакций по направлению (конечному результату) реакции.
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):

$^+\text{CH}_3$	НОН	$\cdot\text{CH}_3$	$\text{CH}_3\text{—Cl}$	$\text{CH}_3\text{—OH}$
-----------------	-----	--------------------	-------------------------	-------------------------

3. Напишите схему реакции хлорирования пропана. Укажите механизм.

4. Опишите механизм реакции радикального замещения ( $S_R$ ) на примере хлорирования циклогексана.

5. Напишите схемы реакций электрофильного присоединения ( $A_E$ ) и опишите их механизм:

а) бромирование этена

б) гидрохлорирование пропена (хлороводорода к пропену)

в) гидратации *транс*-бутендиовой (фумаровой) кислоты

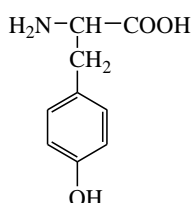
г) гидробромирования пропеновой (акриловой) кислоты

6. Опишите механизм реакций электрофильного замещения ( $S_E$ ):

а) хлорирования бензола в присутствии катализатора  $AlCl_3$

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

в) нитрования тирозина



### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

**1. Нуклеофильными реагентами являются:**

- 1)  $\text{H}^-$ ; 2)  $\text{NOH}$ ; 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.

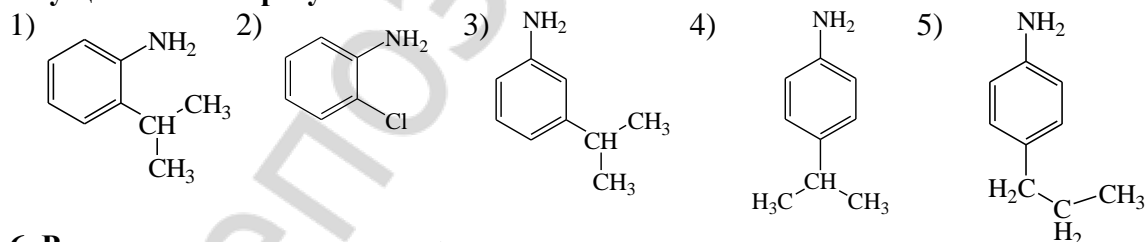
**3. Укажите соединения, для которых возможно электрофильное присоединение:**

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

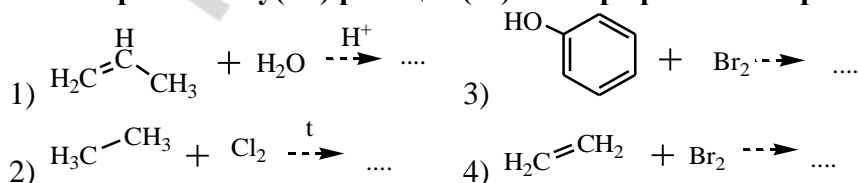
**5. При взаимодействии 2-хлорпропана с анилином в присутствии катализатора преимущественно образуются:**



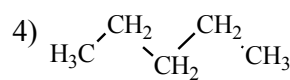
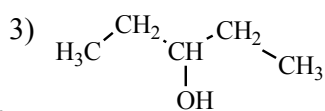
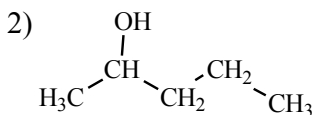
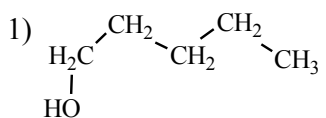
**6. Реакция гидратации — это:**

- 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* + *HOH*  $\xrightarrow{H^+}$  .....



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  $S_E$  проявляет:

1) бензол;

2) толуол;

3) бензойная кислота;

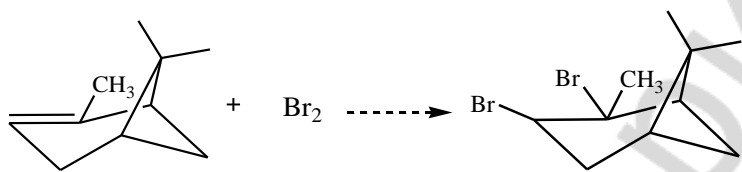
4) пиридин.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

#### 1. Доказательство неопределенности терпенов.

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

Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_

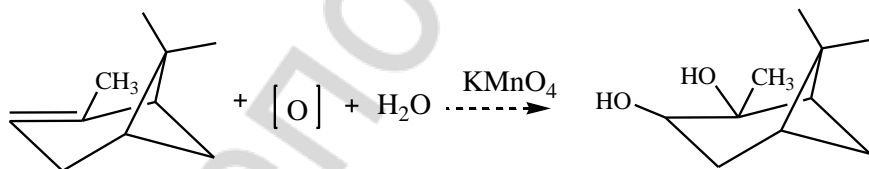


Вывод: \_\_\_\_\_

#### 2. Легкая окисляемость терпенов.

В пробирку поместите 1 каплю раствора  $KMnO_4$  (14), добавьте 1 каплю  $\alpha$ -пинена\* и встряхните.

Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_



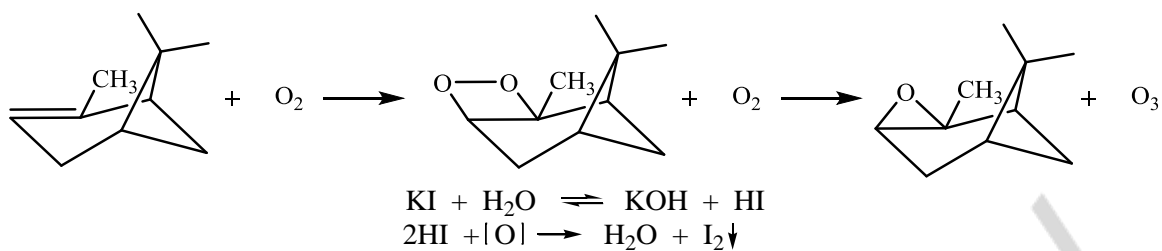
Вывод: \_\_\_\_\_

#### 3. Активирование кислорода воздуха терпенами.

В пробирку поместите 1 каплю 0,5 % крахмального клейстера\*, добавьте 1 каплю раствора  $KI$  (20), встряхните и добавьте 1 каплю  $\alpha$ -пинена\*.

Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_





**Вывод:** \_\_\_\_\_

#### 4. Нитрование толуола.

В пробирку поместите 5 капель толуола\*, добавьте 10 капель нитрующей смеси\* и осторожно встряхивайте в течение 2–3 мин. Затем смесь вылейте в стакан с водой, отметьте запах.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции нитрования толуола. Назовите продукты реакции.*

**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 углеводов, фенолов.

6. Механизм реакций нуклеофильного замещения ( $S_N$ ) у  $sp^3$ -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 ...

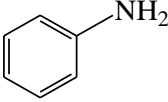
**Кислоты Льюиса** — это ...

**Основания Льюиса** — это ...

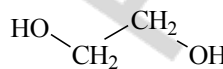
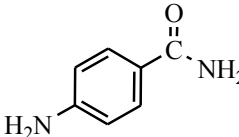
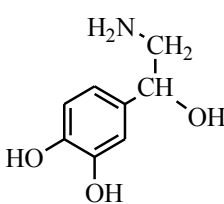
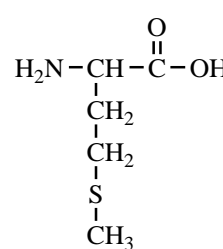
Составьте формулы сопряженных оснований для следующих кислот:

$CH_3COOH$	$H_3C-CH_2-\overset{\overset{H}{ }}{O^+}-H$	$H_2O$	$C_2H_5-\overset{+}{N}H_3$	$C_6H_5OH$
------------	---	--------	----------------------------	------------

Составьте формулы сопряженных кислот для следующих оснований:

$CH_3-NH_2$	$H_2O$	$OH^-$	$CH_3COO^-$		$H_2N-\overset{\overset{O}{  }}{C}-NH_2$
-------------	--------	--------	-------------	--	--

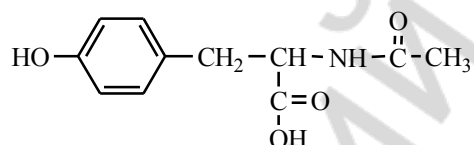
2. Укажите кислотные и основные центры в молекулах амфотерных соединений:

			
---	---	--	---

3. Сравните кислотность соединений в группах:

этанол и этантиол	этановая и этандиовая кислота
фенол и <i>n</i> -аминофенол	бензойная и <i>o</i> -гидроксibenзойная кислота

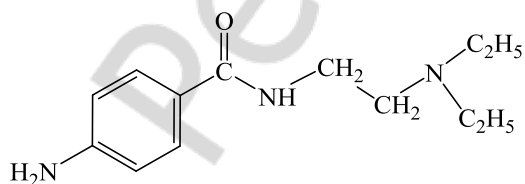
4. Укажите в молекуле N-ацетилтирозина кислотные центры и расположите их в порядке уменьшения кислотности.



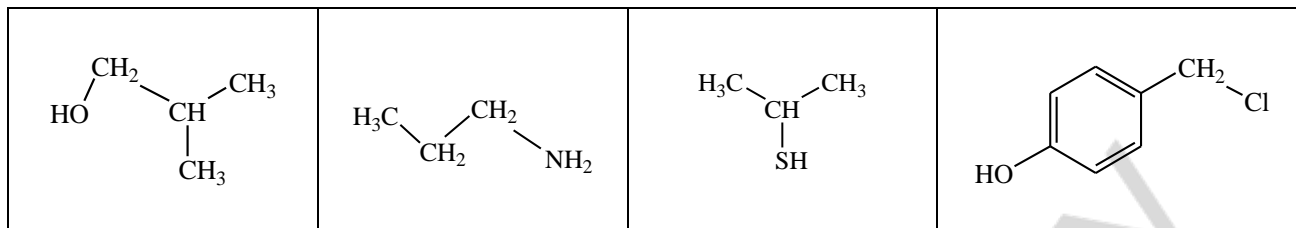
5. Сравните основность соединений в группах:

этиламин и этанол	диметиламин и метиламин
этиламин и анилин	2-аминоэтанол и этиламин

6. Укажите наиболее сильный основной центр в молекуле прокаинамида, гидрохлорид которого используется в качестве антиаритмического средства. Напишите реакцию образования прокаинамида гидрохлорида.



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) 2,3-диметил-2-хлорбутана и водного раствора NaOH

в) пропанола-1 и HBr

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

д) бутанола-2 и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>конц.

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

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

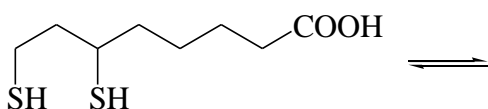
11. Составьте схемы реакций окисления тиольной группы мягким окислителем у следующих соединений:

а) метантиол

б) 2-амино-3-меркаптопропановая кислота

*Антиоксиданты* — это ...

12. Напишите схему окисления *in vivo* дигидролипоевой кислоты, являющейся участником окислительно-восстановительных реакций в клетке.



### 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. |

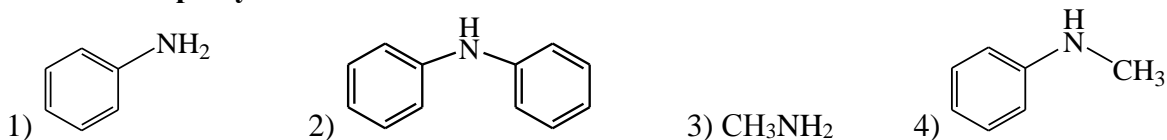
**3. Выберите верные утверждения относительно факторов, оказывающих влияние на кислотность (при условии наличия одинаковых кислотных центров у сравниваемых кислот):**

- 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  $\text{H}_2\text{O}$  (в кислой среде):**

- 1) механизм реакции  $\text{S}_{\text{N}}$ ; 3) механизм реакции  $\text{S}_{\text{E}}$ ;  
2) вода является электрофилом; 4) механизм реакции  $\text{A}_{\text{E}}$ .

**9. Охарактеризуйте реакцию взаимодействия бензола с изопропилхлоридом (в присутствии  $\text{AlCl}_3$ ):**

- 1) электрофилом является  $\text{Cl}^+$ ;  
2) в результате реакции происходит алкилирование бензола;  
3) механизм реакции  $\text{S}_{\text{E}}$ ;  
4) механизм реакции  $\text{S}_{\text{N}}$ .

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

- А) этилхлорид +  $\text{NaOH}$  (водный раствор) 1)  $\text{S}_{\text{R}}$   
Б) пропен +  $\text{HCl}$  2)  $\text{A}_{\text{E}}$   
В) этан +  $\text{Cl}_2$  (на свету) 3)  $\text{S}_{\text{N}2}$   
Г) *трет*-бутиловый спирт +  $\text{HBr}$  (конц.) 4)  $\text{S}_{\text{N}1}$

**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).

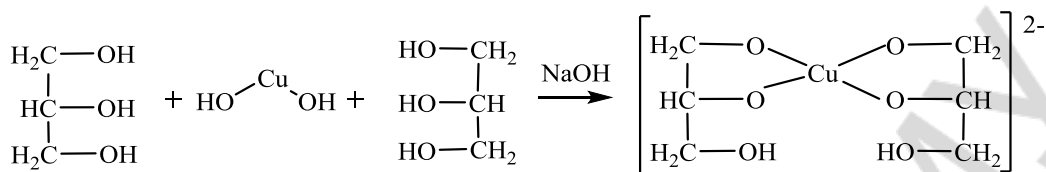
*Напишите схему реакции окисления этанола в ацетальдегид:*

**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 2. Качественная реакция на многоатомные спирты.

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

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_



**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 3. Получение фенолята натрия и его разложение.

К 10 каплям эмульсии фенола\* с водой добавляют по каплям раствор  $\text{NaOH}$  (21) до получения прозрачного раствора; образуется растворимый фенолят натрия. Затем добавляют по каплям разбавленную  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (23), снова образуется эмульсия (выделяется фенол).

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции получения фенолята натрия:*

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

**Вывод:** \_\_\_\_\_

## 4. Качественная реакция на фенолы.

К 10 каплям водной эмульсии фенола\* добавляют 1–2 капли раствора  $\text{FeCl}_3$  (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

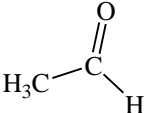
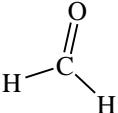
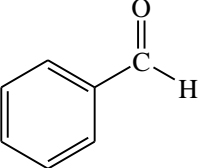
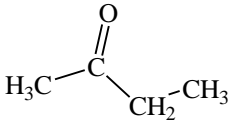
[1] С. 193–207, [2] С. 184–194, [3] С. 59–65.

### 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  $\alpha$ -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 избытком метанола. Опишите механизм.

3. Опишите механизм реакции внутримолекулярной ацетализации 4-гидрокси-гексанала.



4. Напишите схемы реакций взаимодействия с водой

а) формальдегида

б) трихлоруксусного альдегида

5. Опишите механизм реакции взаимодействия бензальдегида с метиламином (образования основания Шиффа).

6. Напишите схему реакции восстановления этаналь *in vivo*.

7. Опишите механизм реакции альдольной конденсации пропаналь.

8. Составьте схему реакции альдольной конденсации метаналь и 2-метилпропаналь.

9. Напишите схему реакции альдольного расщепления 2-амино-3-гидроксипропановой кислоты (протеиногенной аминокислоты серин).

10. Опишите механизм реакции диспропорционирования водного раствора формальдегида.

11. **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:**

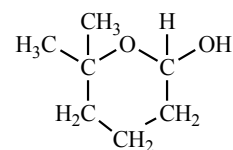
- |                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| А) 2-метилпропаналь;          | 1) 2-гидоксибутандиовая кислота; |
| Б) 2-оксопропановая кислота;  | 2) 2-метилпропанол-1;            |
| В) 2-оксобутандиовая кислота; | 3) пропанол-1;                   |
| Г) пропаналь.                 | 4) 2-гидоксипропановая кислота.  |

**3. При взаимодействии метаналья 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; | 3) 5-гидрокси-5-метилгексаналь; |
| 2) 5-гидроксигексаналь;         | 4) 5-гидрокси-5-метилгептаналь. |



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

- |                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| 1) метиламина и этаналья;          | 3) пропаналья и этиламина; |
| 2) метиламина и бензойной кислоты; | 4) метиламина и этиламина. |

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

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

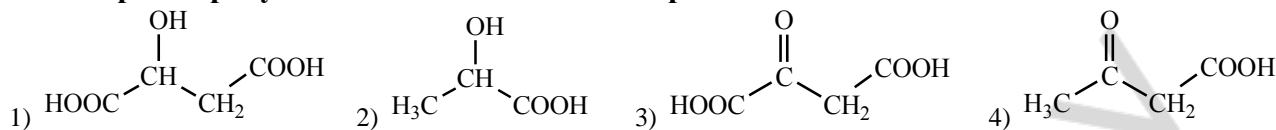
**7. Качественно определить наличие альдегидной группы в соединении можно при помощи:**

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 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  $A_N$ :

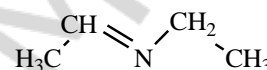
- 1) пропанон;                      2) бутанон-2;                      3) этаналь;                      4) метаналь.

9. Выберите продукт восстановления 2-оксопропановой кислоты:



10. Взаимодействие каких веществ приводит к образованию следующего продукта:

- 1) метиламина и этанала;                      3) этиламина и метанала;  
2) этиламина и этанала;                      4) этиламина и метиламина.

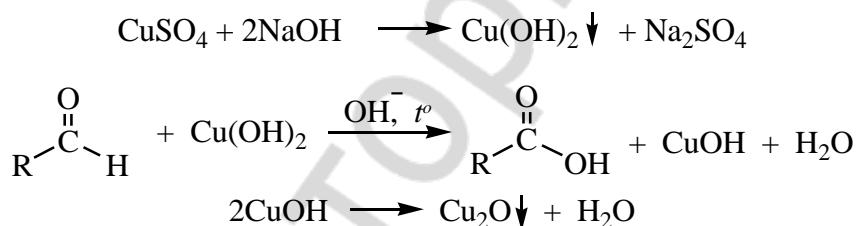


### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

#### 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 и, далее на стенках пробирки может выделиться медь (медное зеркало). Изменение окраски осадка, наблюдаемое в процессе реакции, объясняется различной степенью окисления меди.*

Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_



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.

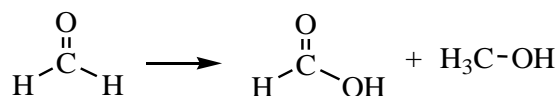
Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_

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.*

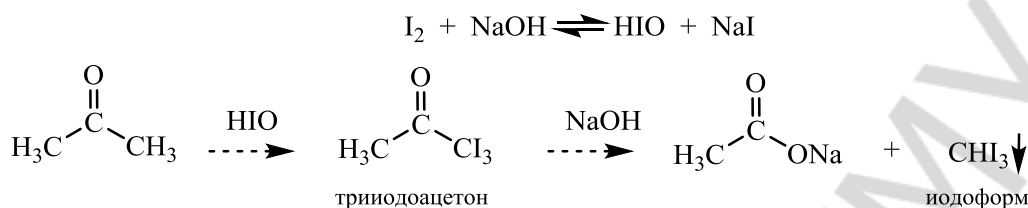
Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_



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.

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

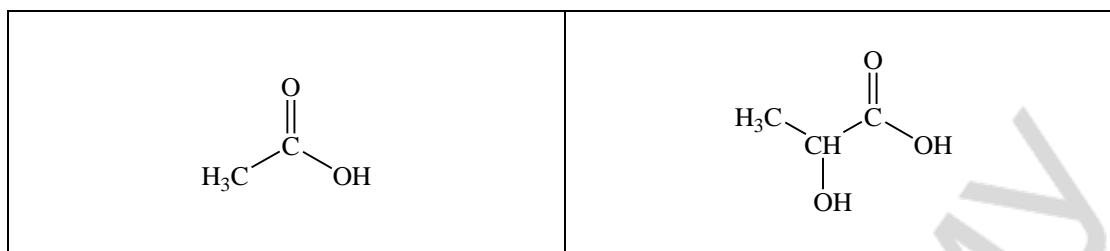
[1] С. 208–228, [2] С. 194–214, [3] С. 66–74.

#### 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 декарбосилирования малоновой и 2-аминопентандиовой кислот. Какие особенности строения карбоновых кислот способствуют протеканию реакций декарбосилирования?

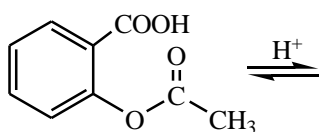
4. Напишите уравнение реакции внутримолекулярной дегидратации пентандиовой кислоты.

5. Напишите формулы функциональных производных карбоновых кислот:

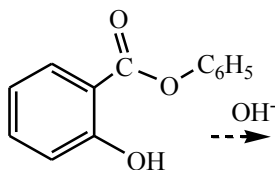
ангидрид уксусной кислоты	хлорангидрид пропионовой кислоты
этиловый эфир уксусной кислоты	ацетат аммония
неполный амид щавелевой кислоты	полный амид угольной кислоты

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

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



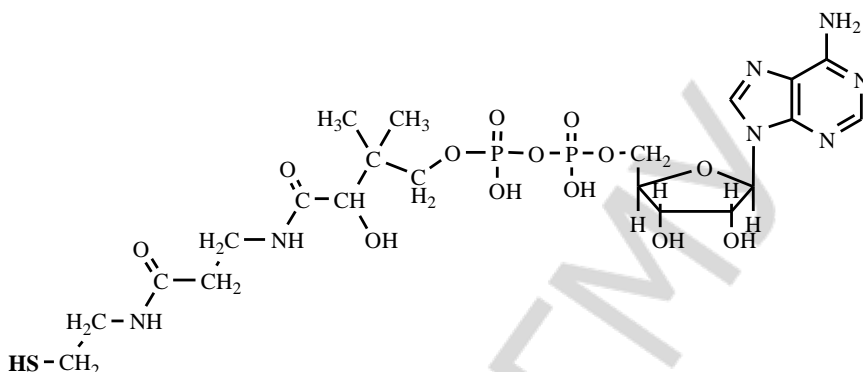
8. Напишите схему реакции щелочного гидролиза сложного эфира, опишите механизм.



9. Напишите схемы гидролиза амидов, представленных в таблице.


10. Подтвердите основные свойства мочевины реакцией ее взаимодействия с водой и с HCl.

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

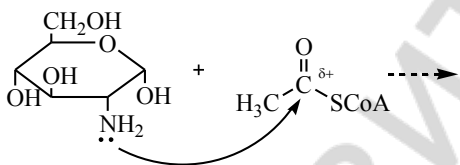


12. Напишите схемы реакций ацилирования:

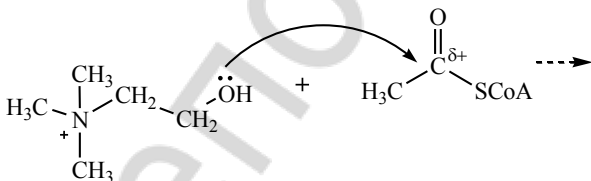
а) пропанола-2 хлорангидридом уксусной кислоты

б) фенола ангидридом уксусной кислоты

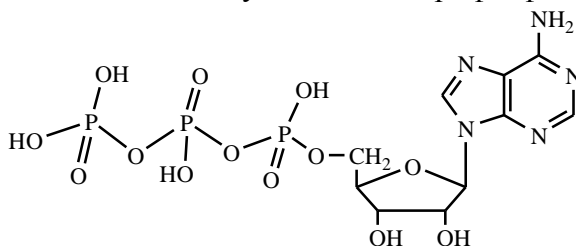
в) аминогруппы в глюкозамине ацетилкоферментом А



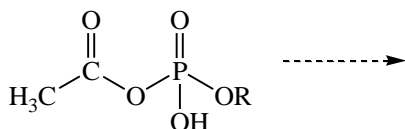
г) холина ацетилкоферментом А



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

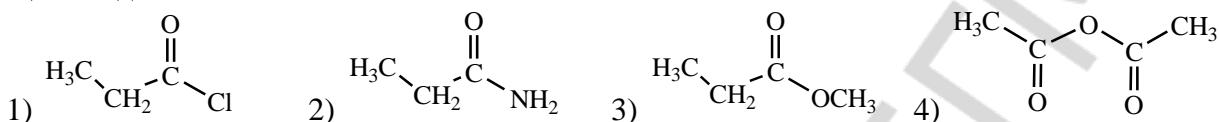


14. Напишите схему гидролиза ангидрида:



### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

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

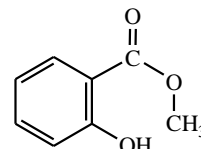


2. Найдите соответствие между соединением и продуктом его декарбоксилирования:

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| 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.



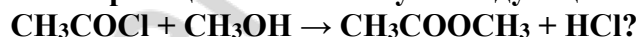
4. Выберите справедливые утверждения:

- 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;           | 3) электрофильного замещения;    |
| 2) нуклеофильного 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  $S_N$ ?

- 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;                    3) уксусный ангидрид;  
2) этилхлорид;                        4) метилбензоат.

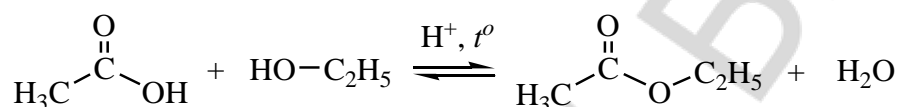
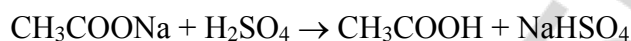
**10. При нагревании в кислой среде бутандиовой кислоты образуются:**

- 1) H<sub>2</sub>O;                                    3) пропановая кислота;  
2) CO<sub>2</sub>;                                    4) янтарный ангидрид.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

**1. Получение этилацетата.**

В сухую пробирку поместите 1 лопаточку безводного ацетата натрия (42) и 3 капли этанола\*. Добавьте 2 капли H<sub>2</sub>SO<sub>4(конц.)</sub>\* и осторожно нагрейте над пламенем спиртовки. Через несколько секунд появляется специфический запах эфира.



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

**3. Открытие оксалат-аниона.**

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

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

*Напишите схему реакции образования оксалата кальция:*

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

**Вывод:** \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

**ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 8**  
**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. Стереои́зомерия молекул с одним центром хиральности. Э́нантиомерия.
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.
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. Реакции галогенирования, нитрования, сульфирования, алкилирования.
18. Особенности реакций  $S_E$  в ряду гетероциклических ароматических соединений.
19. Ориентирующее влияние заместителей в бензольном кольце и гетероатомов в ароматических гетероциклических соединениях на скорость реакции  $S_E$  и характер образующихся продуктов.
20. Теории кислотности и основности: Бренстеда и Льюиса.
21. Классификация органических кислот. Сравнительная характеристика кислотных свойств спиртов, фенолов, тиолов и карбоновых кислот. Факторы, влияющие на выраженность кислотных свойств органических соединений.

22. Основность. Классификация оснований Бренстеда. Факторы, влияющие на выраженность основных свойств органических соединений. Основность алифатических и ароматических аминов.

23. Амфотерные свойства органических соединений. Водородная связь как специфическое проявление кислотно-основных свойств.

24. Реакционная способность монофункциональных производных углеводов. Реакции нуклеофильного замещения у  $sp^3$ -гибридизованного атома углерода.  $S_N1$  и  $S_N2$  механизмы. Реакции элиминирования.

25. Реакции окисления спиртов, тиолов, фенолов. Антиоксиданты.

26. Электронное строение карбонильной группы. Реакционные центры в альдегидах и карбоновых кислотах. Различия в реакционной способности.

27. Механизм реакций нуклеофильного присоединения ( $A_N$ ). Присоединение спиртов, аминов. Восстановление альдегидов и кетонов *in vitro* и *in vivo*.

28. Реакции по СН-кислотному центру. Реакции альдольной конденсации. Галоформные реакции.

29. Формальдегид. Формалин, применение в медицине. Реакция диспропорционирования.

30. Карбоновые кислоты. Кислотные свойства карбоновых кислот: одно-, двухосновных, предельных, непредельных, ароматических.

31. Реакции нуклеофильного замещения у  $sp^2$ -гибридизованного атома углерода карбоновых кислот и их функциональных производных.

32. 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. Циклические полуацетали, циклические ангидриды, лактоны, лактамы, лактиды, дикетопиперазины. Реакции декарбоксилирования. Реакции элиминирования  $\beta$ -гидрокси- и  $\beta$ -аминокислот. Таутомерия: кето-енольная и лактим-лактаменная.

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

3. Двухатомные фенолы: гидрохинон, резорцин, пирокатехин. Окисление двухатомных фенолов. Участие системы *гидрохинон-хинон* в процессах биологического окисления. Фенолы как антиоксиданты. Токоферолы.

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. Дегидратация лимонной кислоты *in vivo*.

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 *кетонowych тел*, их биологическое и диагностическое значение.

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

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.

12. Амиды угольной кислоты — карбаминовая кислота, карбамид. Строение, свойства, применение.

### 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	малоновая	янтарная
глутаровая	фумаровая	

3. Напишите формулы представителей аминоспиртов:

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

4. Напишите формулы представителей гидроксикислот:

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

5. Напишите формулы представителей оксокислот и названия их солей:

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

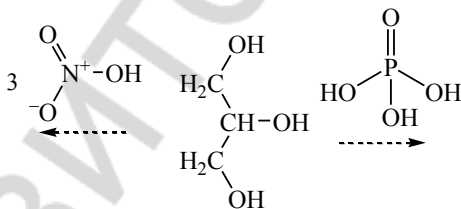
$  \begin{array}{c}  \text{NH}_2 \\    \\  \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}=\text{O} \\    \qquad \qquad   \\  \text{OH} \qquad \qquad \text{OH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{NH} \\  \parallel \\  \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}_2 \\  \text{гуанидин}  \end{array}  $
--	--

8. Заполните таблицу, вписав формулы соединений и соответствующих им продуктов реакций, образующихся при нагревании.

2-гидроксипропановая кислота	лактид
2-аминопропановая кислота	дикетопиперазин
3-гидроксибутановая кислота	ненасыщенная кислота

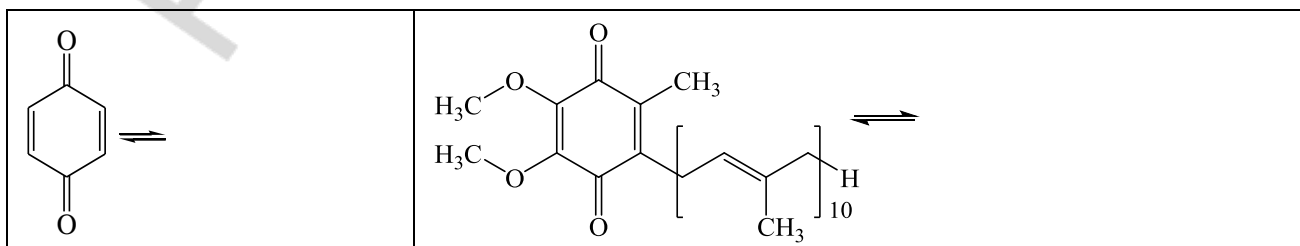
3-аминопропановая кислота	ненасыщенная кислота
5-гидроксипентановая кислота	лактон
4-аминопентановая кислота	лактам
пентандиовая кислота	циклический ангидрид
5-гидроксигексаналь	циклический полуацеталь

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

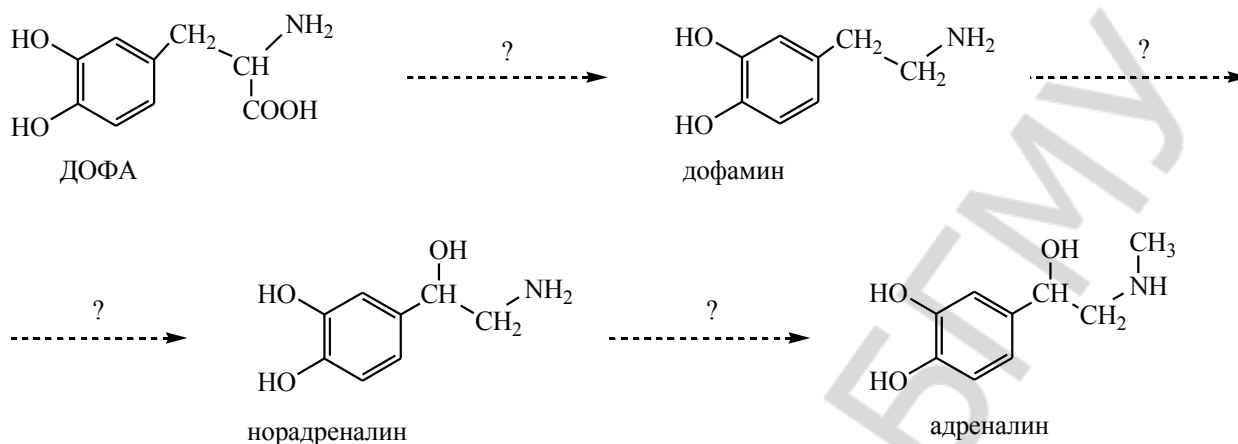


10. Напишите реакцию дегидратации глицерина с образованием акroleина, происходящую при нагревании.

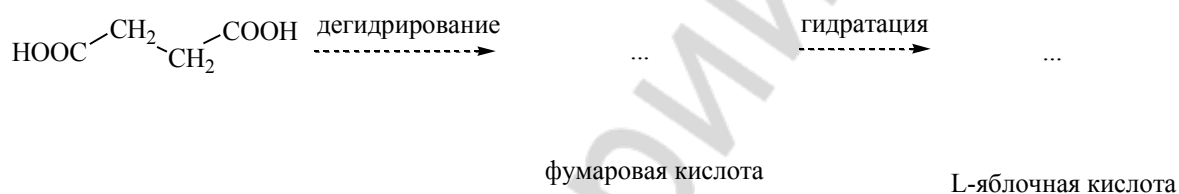
11. Составьте схемы восстановления хинона (*in vitro*) и убихинона, участвующего в процессе переноса электронов в дыхательной цепи.



12. 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.



13. Заполните схему реакций, протекающих *in vivo*, яблочную кислоту изобразите по Фишеру:



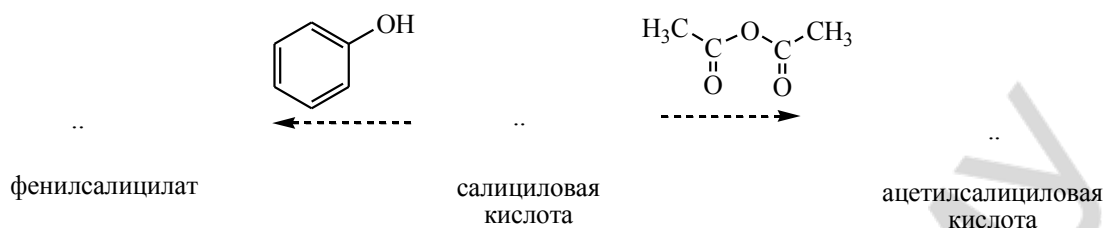
14. Напишите схему реакции окисления малата *in vivo*, изобразите стереоизомер яблочной кислоты, участвующий в процессах жизнедеятельности человека, по R-, S-номенклатуре.

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

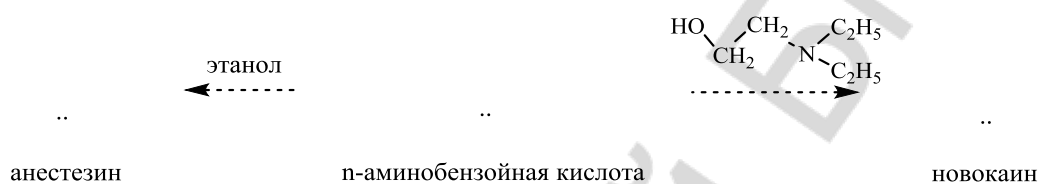




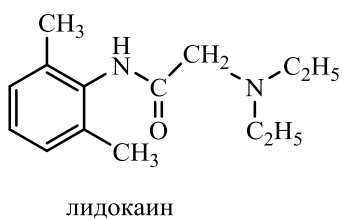
22. Заполните схему реакций получения производных салициловой кислоты. Укажите механизм реакций.



23. 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.



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



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

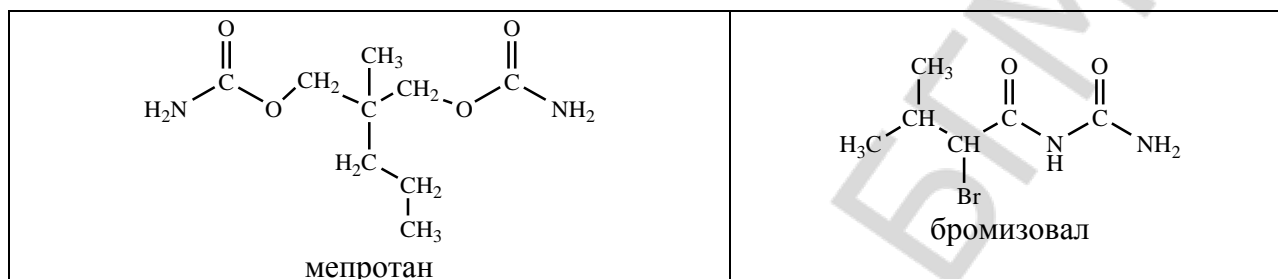
25. Приведите структурные формулы угольной кислоты и ее производных.

угольная кислота	карбаминовая кислота	мочевина
------------------	----------------------	----------

**Уретаны** — это ...

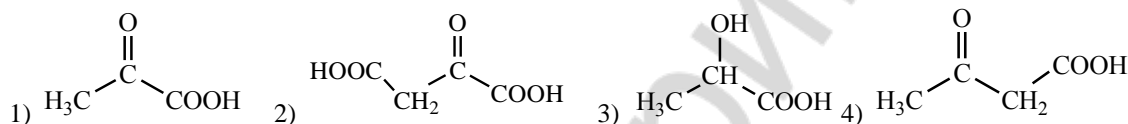
**Уреиды** — это ...

Выделите в формуле лекарственного средства *мепротан*, остаток карбаминовой кислоты, а в формуле препарата *бромизовал* — остаток мочевины.



### 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 CO<sub>2</sub> 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) мочевины.

**7. При взаимодействии салициловой кислоты и уксусного ангидрида образуется:**

- 1) ацетилсалициловая кислота;
- 2) фенолсалицилат;
- 3) метилсалицилат;
- 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;
- 2) 2-гидрокси-3-метилбутановая;
- 3) 3-гидоксибутановая;
- 4) 3-аминопентановая.

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

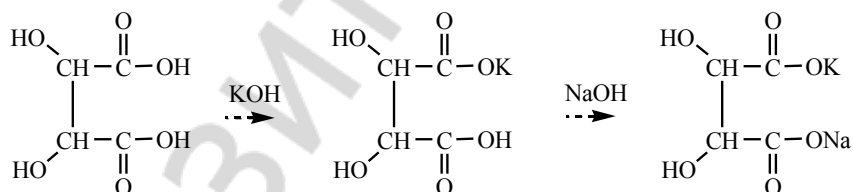
- 1) 4-гидрокси-2-метилбутановая кислота;
- 2) 2-гидроксибутановая кислота;
- 3) 3-гидроксибутановая кислота;
- 4) 5-гидроксипентановая кислота.

**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.

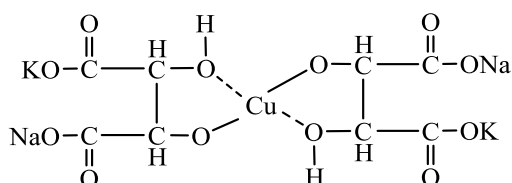
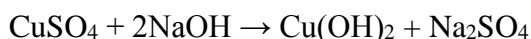
**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_



**Вывод:** \_\_\_\_\_

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

В пробирку поместите 2 капли 2 % раствора сульфата меди (II) (26) и 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.



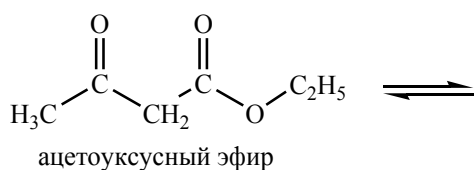
Вывод: \_\_\_\_\_

### 3. Обнаружение двух таутомерных форм ацетоуксусного эфира.

Поместите в пробирку 1 каплю ацетоуксусного эфира\* и 1 каплю раствора  $\text{FeCl}_3$  (8). Немедленно появляется фиолетово-красное окрашивание, указывающее на наличие енольной формы ацетоуксусного эфира. Прибавьте 1 каплю насыщенного водного раствора брома\*. Фиолетово-красное окрашивание моментально исчезает, но затем постепенно появляется. Прибавьте еще 1 каплю бромной воды — вновь происходит обесцвечивание с последующим возобновлением фиолетово-красной окраски.

Объясните наблюдаемое явление.

Приведите таутомерные формы ацетоуксусного эфира:



Вывод: \_\_\_\_\_

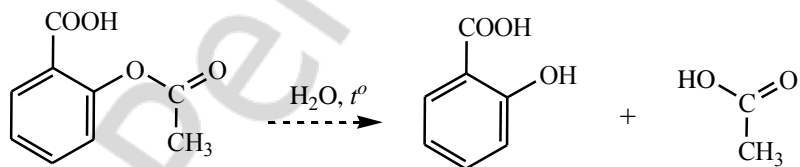
### 4. Доказательство отсутствия фенольного гидроксила в ацетилсалициловой кислоте и ее гидролиз.

Возьмите две пробирки. В каждую из них поместите несколько крупинок аспирина и 5–6 капель воды. Встряхните обе пробирки, чтобы ускорить растворение вещества. В одну из пробирок добавьте 1 каплю  $\text{FeCl}_3$  (8), отметьте происходящие изменения. Раствор ацетилсалициловой кислоты в другой пробирке прокипятите в течение полминуты и затем прибавьте 1 каплю  $\text{FeCl}_3$  (8). Как меняется цвет раствора?

Как можно объяснить изменения, происходящие в каждой пробирке?

Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_

Назовите продукты реакции гидролиза ацетилсалициловой кислоты.



Вывод: \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя:

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 10 БИОЛОГИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ. АЛКАЛОИДЫ

**Цель занятия:** сформировать знания строения и реакционной способности ряда физиологически активных соединений производных гетероциклического рядов и представления об их биологическом значении и использовании в медицинской практике; получить представление об алкалоидах.

### Литература

[1] С. 254–283, [2] С. 278–312, [3] С. 88–90.

### Вопросы для подготовки к занятию:

1. Гетероциклы с одним гетероатомом: пиррол, тиофен, фуран, индол, пиридин, хинолин. Гетероциклы с несколькими гетероатомами: пиразол, имидазол, пиримидин, пуридин. Электронное и пространственное строение пиррольного и пиридиновых атомов азота. Аromaticность гетероциклов,  $\pi$ -избыточные и  $\pi$ -недостаточные ароматические системы.
2. Влияние гетероатомов на реакционную способность пиррола и пиридина в реакциях электрофильного замещения. Распределение электронной плотности в молекулах пиррола и пиридина. Кислотно-основные свойства гетероциклических соединений.
3. Тетрапиррольное соединение порфин и его производные порфирины. Аromaticность, биологическое значение.
4. Фуран. Тетрагидрофуран. Фурфурол, 5-нитрофурановые производные.
5. Тиофен. Биотин как производное тетрагидротиофена.
6. Индол — структурный компонент биогенных аминов серотонина, триптамина и ряда биологически активных веществ растительного происхождения.
7. Имидазол. Прототропная таутомерия. Межмолекулярные водородные связи. Имидазол — структурный компонент биогенного амина гистамина. Участие имидазола в кислотном и основном катализе реакций *in vivo*.
8. Пиразол. Лекарственные средства на основе пиразолона-5.
9. Биологически важные производные пиридина: никотинамид, пиридоксаль, лекарственные средства на основе изоникотиновой кислоты. Участие никотинамида в гидридном переносе в реакциях биологического окисления.
10. Хинолин и лекарственные средства на его основе.
11. Пиримидин. Витамин В<sub>1</sub>. Барбитуровая кислота и ее производные, таутомерия барбитуровой кислоты и ее производных.
12. Гидроксипурины: гипоксантин, ксантин, мочевиная кислота, их таутомерные формы. Соли мочевиной кислоты.
13. Понятие об алкалоидах.

### Письменные задания

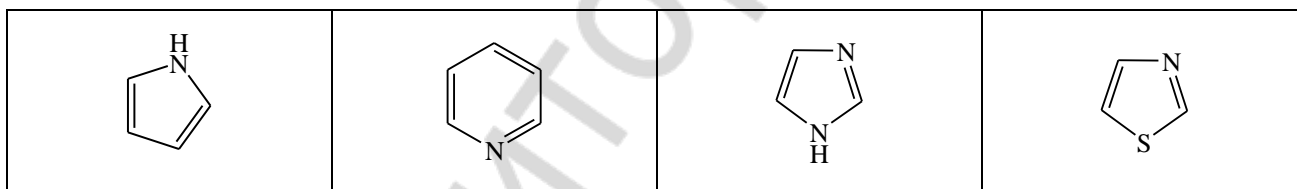
1. Покажите распределение электронов по орбиталиям у пиррольного и пиридинового атомов азота.

2. Напишите формулы следующих гетероциклов, пронумеруйте атомы:

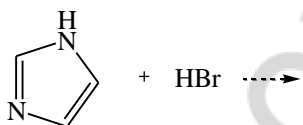
пиррол	тиофен	фуран	индол
пиразол	имидазол	пиридин	пиримидин
хинолин	изохинолин	пурин	

3. Покажите графически распределение электронной плотности в молекулах пиррола и пиридина. Какой из этих циклов является  $\pi$ -недостаточным, а какой —  $\pi$ -избыточным?

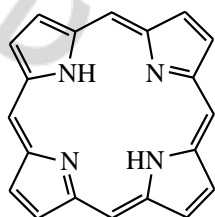
4. Укажите в молекулах основные и кислотные центры.



Закончите схему реакции:

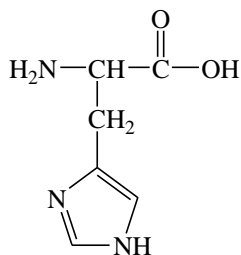


5. Укажите пиррольные и пиридиновые атомы азота в молекуле порфина, лежащего в основе структуры гема и хлорофиллов. Докажите ароматичность порфина.

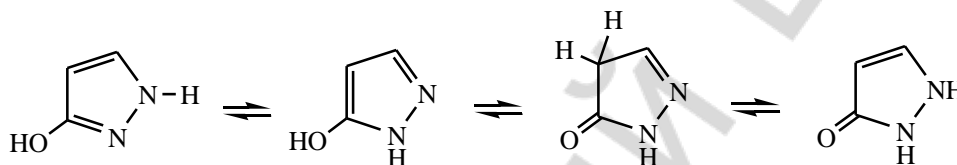




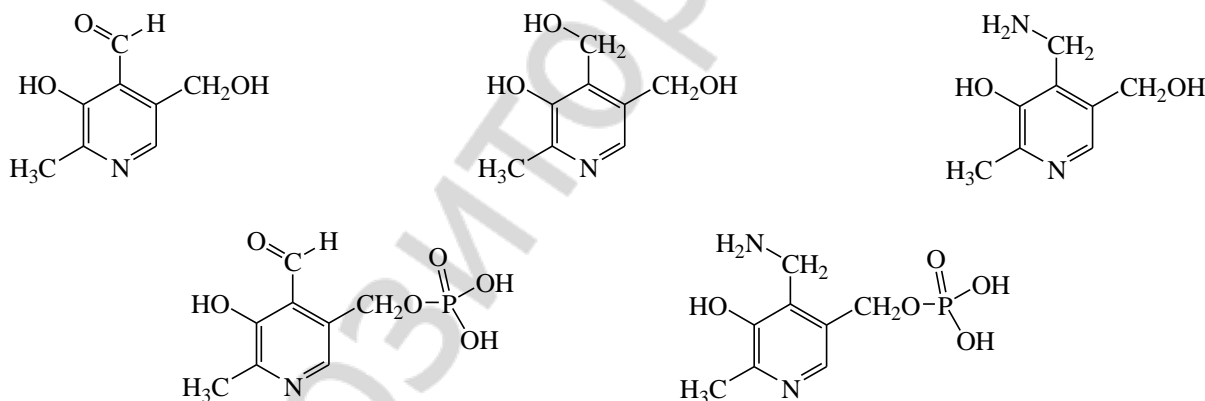
10. Объясните возможность участия ядра имидазола в кислотном и основном катализе *in vivo*. Укажите кислотные и основные центры в молекуле протеиногенной аминокислоты гистидин, напишите ее в ионном виде. Приведите реакцию декарбоксилирования гистидина с образованием гистамина.



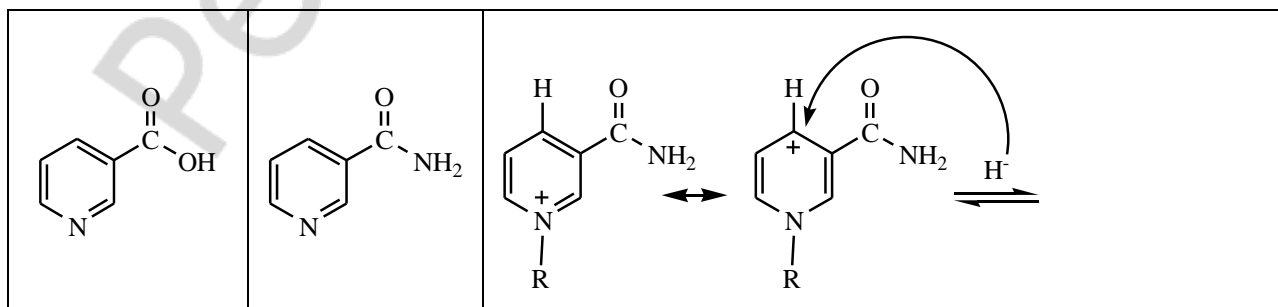
11. Среди производных пиразола важное значение имеет пиразолон-5, на основе которого получают ряд лекарственных средств, обладающих жаропонижающим и обезболивающим действием. Ниже приведены таутомерные формы пиразолон-5. Покажите стрелками направление перемещения протона от одной формы к другой.



12. В состав витамина В<sub>6</sub> входит ядро пиридина. Подпишите названия различных форм витамина В<sub>6</sub> (*пиридоксаминфосфат*, *пиридоксол*, *пиридоксаль*, *пиридоксамин*, *пиридоксальфосфат*).

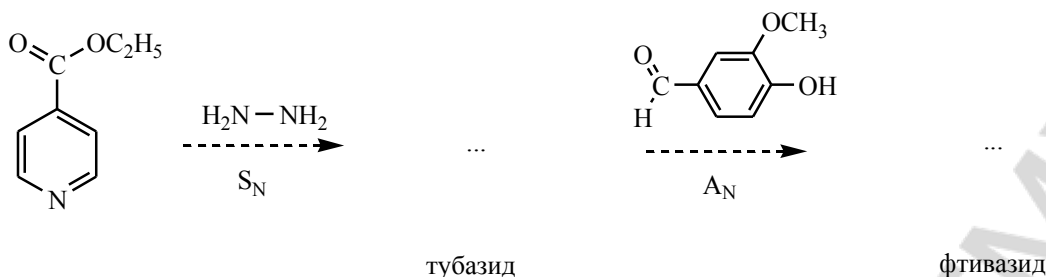


13. Дайте названия формам витамина РР; приведите схему реакции, объясняющую участие витамина РР (как структурного компонента кофермента НАД<sup>+</sup>) в окислительно-восстановительных реакциях:





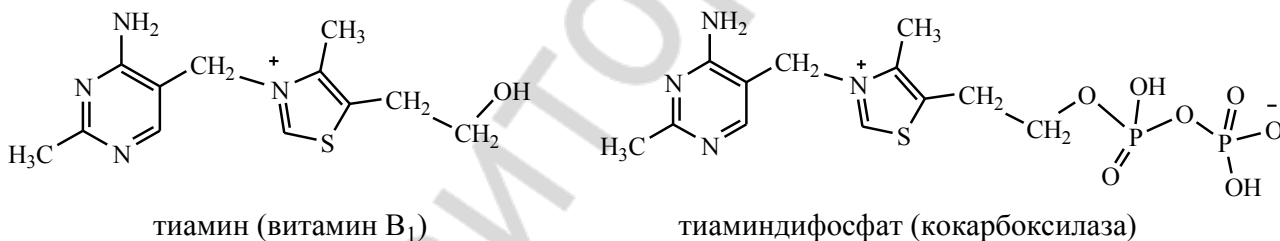
14. Производные изоникотиновой кислоты — тубазид и фтивазид — используются как противотуберкулезные препараты. Напишите формулы этих веществ, используя нижеприведенную схему.



15. Напишите формулы производных хинолина, использующихся в медицине как антисептические средства.

8-гидрокси-5-нитрохинолин (5-НОК)	8-гидрокси-7-иодо-5-хлорохинолин (энтеросептол)
-----------------------------------	---

16. Тиамин — витамин В<sub>1</sub> — участвует в реакциях декарбоксилирования α-оксокислот. Выделите и назовите гетероциклы, являющиеся структурными фрагментами тиамина. Укажите механизм реакции образования активной формы витамина В<sub>1</sub> — кокарбоксилазы.

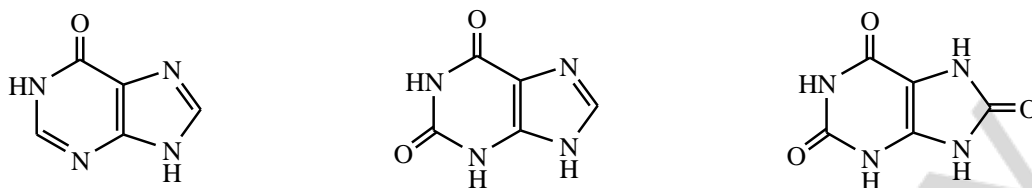


17. Для барбитуровой кислоты (2,4,6-тригидроксиимидин), лежащей в основе лекарственных средств со снотворным и противосудорожным действием, характерны 2 типа таутомерии — ...

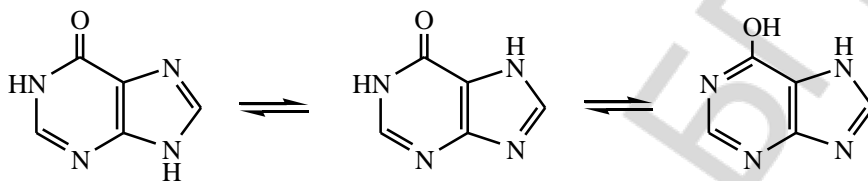
Напишите формулу барбитуровой кислоты в лактимной и енольной форме, покажите стрелками возможные переходы протонов; а также формулы ее производных.

барбитуровая кислота	5,5-диэтил- барбитуровая кислота	5-фенил-5-этил- барбитуровая кислота
----------------------	-------------------------------------	---

18. Подпишите названия (систематические и тривиальные) соединений, образующихся в организме человека в процессе метаболизма нуклеиновых оснований.



Покажите стрелками направление перемещения протона от одной таутомерной формы гипоксантина к другой.

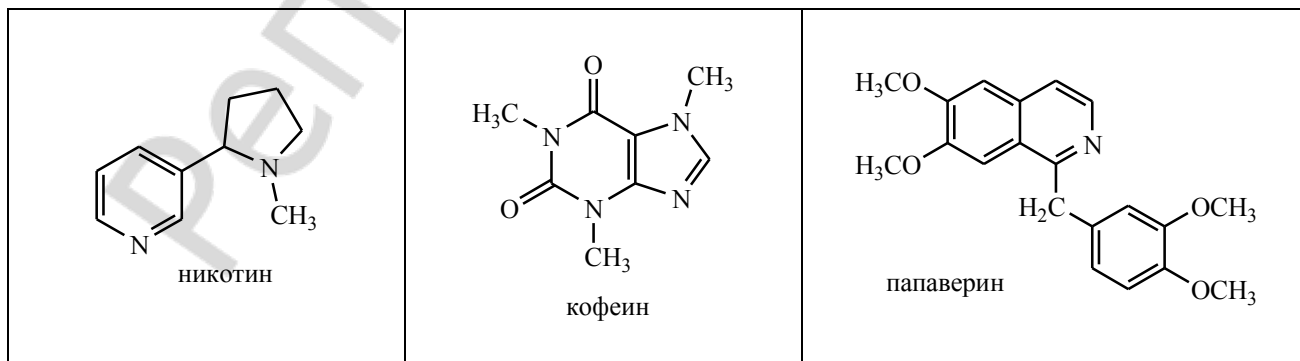


19. *Соли мочевой кислоты* называются ...

Напишите формулы динатриевой соли мочевой кислоты и урата аммония (двухзамещенной).

20. *Алкалоиды* — это ...

Выделите в формулах различных алкалоидов известные вам гетероциклы и назовите их.



## ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

1. Биогенный амин серотонин содержит конденсированную ароматическую систему:

- 1) пурин; 2) нафталин; 3) хиолин; 4) индол.

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

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

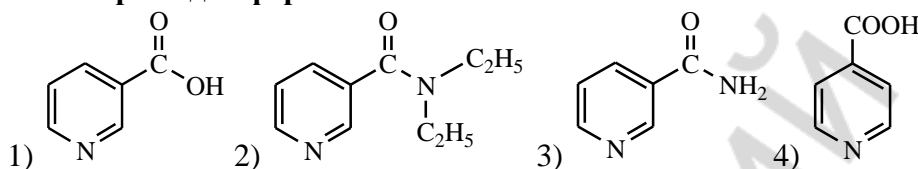
3. Укажите верные утверждения относительно структуры и свойств мочевиной кислоты:

- 1) является трехосновной кислотой; 3) хорошо растворима в щелочах;  
2) плохо растворима в воде; 4) существует в лактимной и лактамной формах.

4. Для барбитуровой кислоты характерны следующие виды таутомерии:

- 1) кето-енольная; 3) лактим-лактимная;  
2) амино-иминная; 4) цикло-цепная.

5. Выберите две формы витамина PP:



6. Производными изоникотиновой кислоты являются следующие соединения:

- 1) кордиамин; 2) тубазид; 3) фтивазид; 4) витамин PP.

7. Выберите соединение с наиболее выраженными основными свойствами:

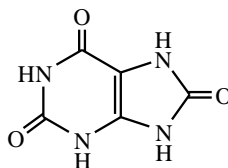
- 1) имидазол; 2) диметиламин; 3) пиррол; 4) метиламин.

8. Укажите соединения, образующиеся в организме при метаболизме пуриновых оснований:

- 1) мочевиная; 3) гипоксантин (6-гидроксипурин);  
2) ксантин (2,6-дигидроксипурин); 4) мочевиная кислота (2,6,8-тригидроксипурин).

9. Тривиальное название соединения:

- 1) мочевиная кислота; 4) ксантин;  
2) мочевиная; 5) кофеин.  
3) гипоксантин;



10. Алкалоиды являются производными:

- 1) олигосахаридов; 4) азотсодержащих гетероциклов;  
2) моносахаридов; 5) высших жирных кислот.  
3) кислородсодержащих гетероциклов;

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

1. Получение медной соли никотиновой кислоты.

В пробирку поместите 1 шпатель никотиновой кислоты\*, добавьте 10–15 капель воды, нагрейте до кипения. К горячему раствору добавьте 1–2 капли уксусной кислоты (36) и 3–4 капли раствора  $CuSO_4$  (26).

Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

## 2. Получение солей мочевой кислоты.

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

Возьмите одну чистую пробирку и поместите в нее половину раствора динатриевой соли мочевой кислоты. Добавьте к нему 1 каплю насыщенного раствора хлорида аммония (10). Выпадает осадок урата аммония. Оставшийся раствор динатриевой соли мочевой кислоты *сохраните* для следующего опыта.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

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

На фарфоровую ложечку поместите с помощью стеклянной палочки 1 каплю раствора динатриевой соли мочевой кислоты, полученной в предыдущем опыте. Добавьте 1 каплю концентрированной азотной кислоты\* и осторожно выпаривайте, держа фарфоровую ложку над пламенем спиртовки на некотором расстоянии. Как только раствор выпарится и начнется слабое покраснение пятна на месте бывшей капли, прекратите нагревание. После остывания сбоку от пятна поместите 1 каплю раствора КОН (51). Отметьте появление специфической окраски на месте соприкосновения пятна и раствора КОН.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**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 Хеуорса.
4. Химические свойства моносахаридов. О- и N-гликозиды. Гидролиз гликозидов.
5. Окисление моносахаридов. Гликуроновые кислоты.
6. Восстановление моносахаридов. Ксилит, сорбит, их применение.
7. Фосфаты моносахаридов, их биологическое значение.
8. Аминосакхара. Строение, свойства, биологическое значение.
9. Аскорбиновая кислота (витамин С). Строение, свойства, биологическое значение.

## Письменные задания

### 1. Моносахариды — это ...

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

$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\    \\ \text{C} = \text{O} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{C} = \text{O} \\   \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$
--	--	---	--

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 ...

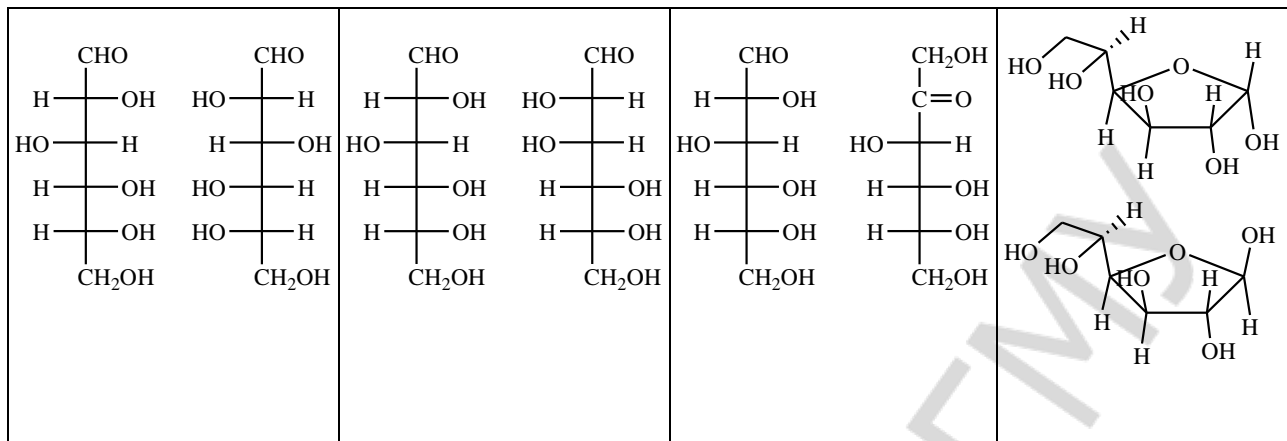
3. **Мутаротация** — это ...

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

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

5. **Эпимеры** — это ...

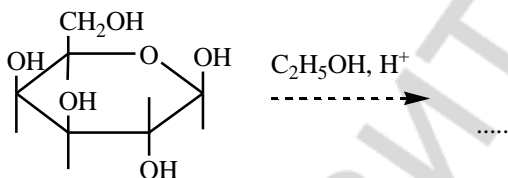
Назовите пары изомеров (этимеры, аномеры, функциональные изомеры, энантимеры).



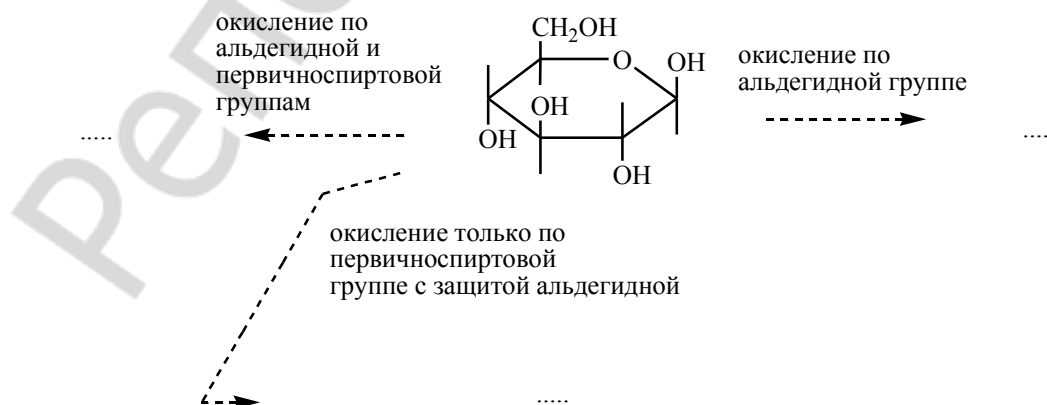
6. Напишите по Хеурсу формулы  $\beta$ -D-рибофуранозы и  $\beta$ -D-дезоксирибофуранозы.

7. Гликозиды — это ...

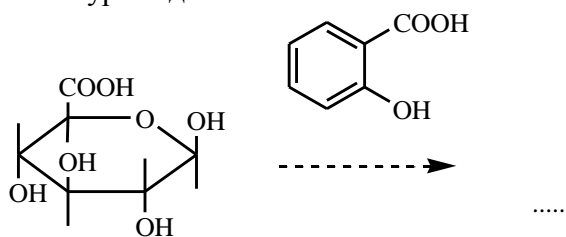
Закончите схему реакции, назовите субстрат и продукты реакции.



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



9. Образование глюкуронидов — путь повышения растворимости лекарственных веществ или их метаболитов для выведения из организма. Закончите схему реакции образования O-глюкуронида.



10. При восстановлении моносахаридов образуются ...

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



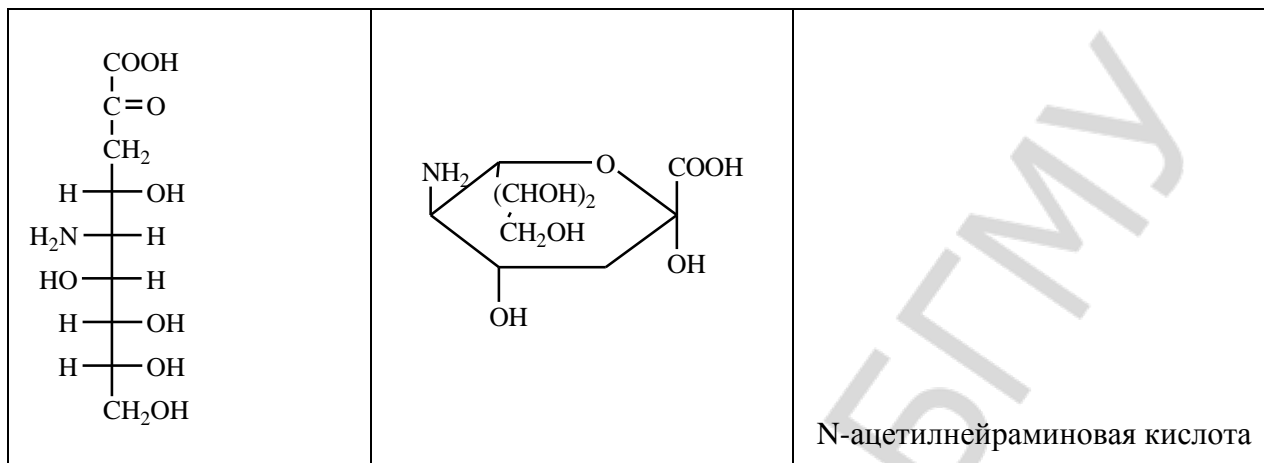
D-ксилоза

D-глюкоза

11. Выберите из ряда соединений 2-дезоксидезокси-2-амино-β-D-глюкопиранозу, 2-дезоксидезокси-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.

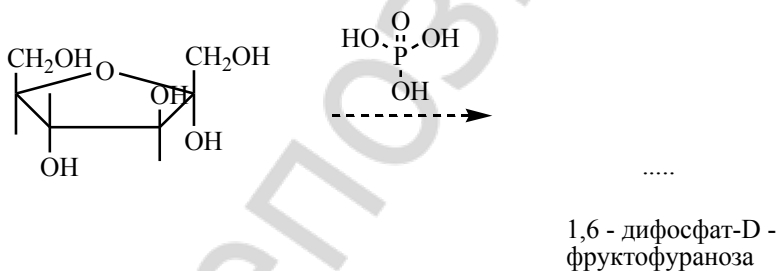
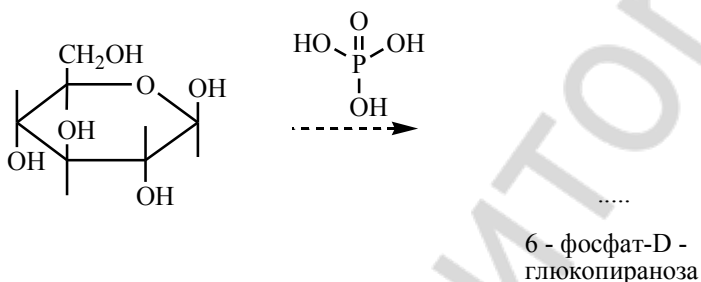



12. Выделите в молекуле нейраминовой кислоты фрагменты ПВК и D-маннозамина, при конденсации которых она образуется. Укажите функциональные группы, участвующие в реакции образования циклической полуацетальной формы. Подчеркните полуацетальный гидроксил в циклической форме. Напишите формулу N-ацетилнейраминовой кислоты.



**Сиаловые кислоты** — это ...

13. 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?

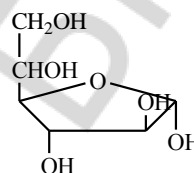
- 1) молочнокислое; 2) спиртовое; 3) маслянокислое; 4) лимоннокислое.

### 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

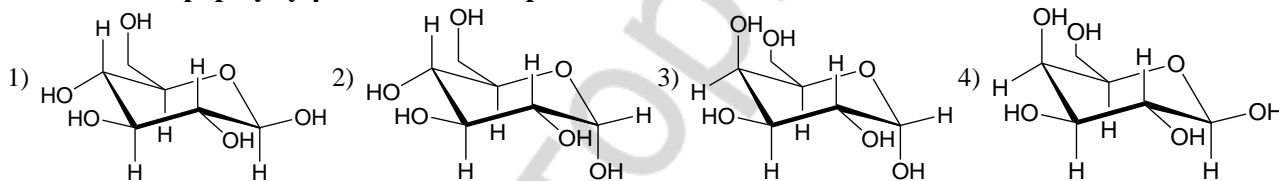
- 1)  $\alpha$ -D-галактопираноза;  
2)  $\alpha$ -D-глюкофураноза;  
3)  $\alpha$ -D-фруктофураноза;  
4)  $\beta$ -D-глюкопираноза.



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

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

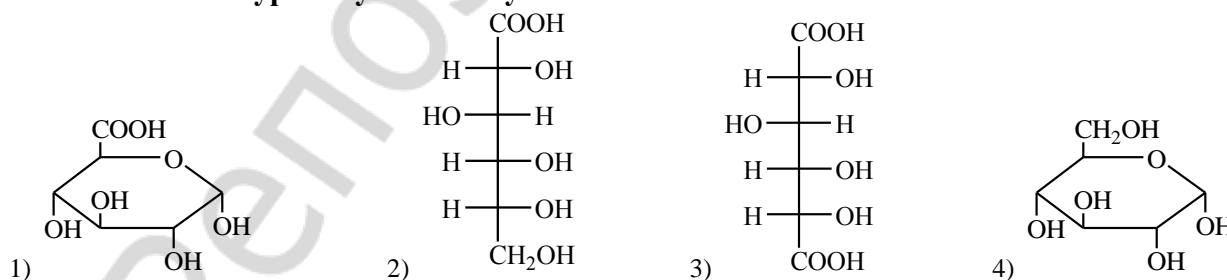
### 7. Укажите формулу $\beta$ -D-галактопиранозы:



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

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

### 9. Укажите глюкуроновую кислоту:



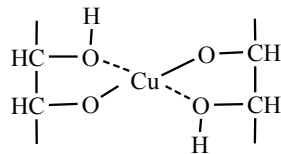
### 10. Выберите верные утверждения относительно превращения ациклической формы моносахарида в циклическую:

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

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

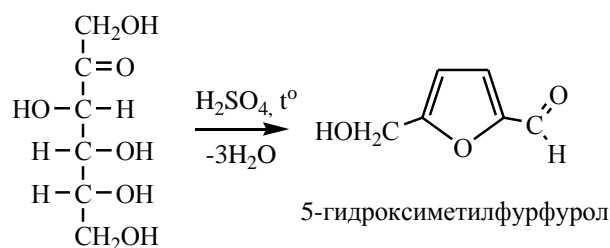
*Наличие какой функциональной группы можно обнаружить данной реакцией?*

*Почему раствор глюкозы не реагирует с фуксинсернистой кислотой?*

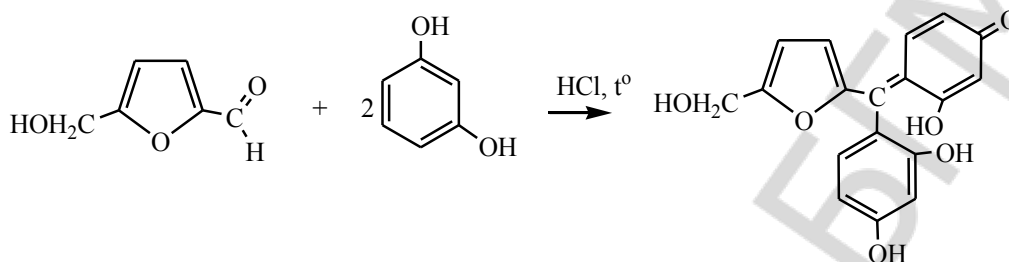
**Вывод:** \_\_\_\_\_

### 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-гидроксиметилфурфурол конденсируется с резорцином, давая окрашенное соединение.



Реакция Селиванова характерна для фруктозы и для других кетогексоз. Она основана на том, что гидроксиметилфурфурол 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:

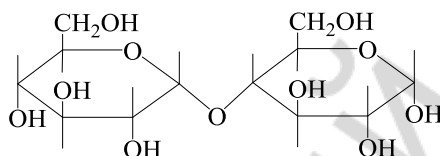
1. Классификация полисахаридов, их биологическая роль.
2. Дисахариды: мальтоза, лактоза, лактулоза, сахароза, целлобиоза. Строение, характер гликозидной связи, цикло-оксо-таутомерия, свойства, биологическое значение.
3. Крахмал. Строение, свойства. Биологическая значимость крахмала. Гликоген.
4. Целлюлоза,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

### Письменные задания

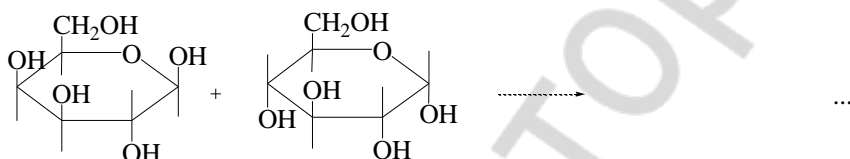
1. Отнесите полисахарид к определенной группе в соответствии с классификацией (дисахарид восстанавливающий, дисахарид невосстанавливающий, гомополисахарид, гетерополисахарид).

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

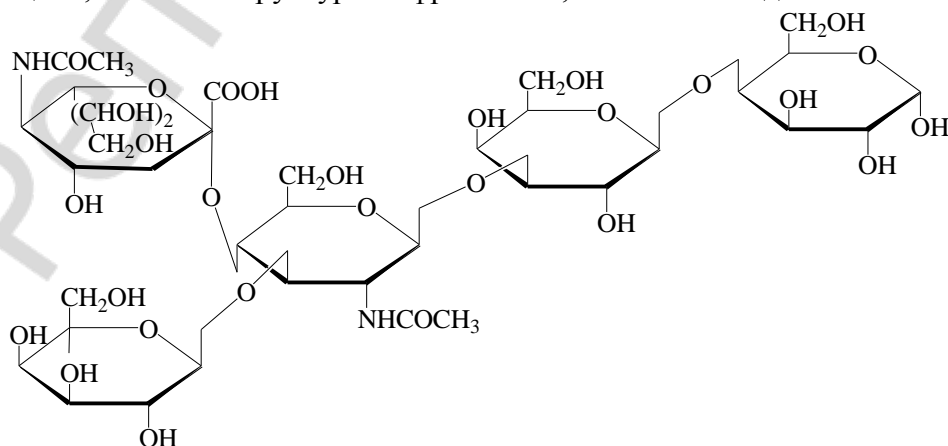
2. Укажите моносахариды, остатками которых образован дисахарид, тип гликозидной связи между ними, восстанавливающее звено, невосстанавливающее звено, полуацетальный гидроксил. Назовите дисахарид.



3. Напишите схему реакции образования лактозы. Приведите структурные формулы компонентов таутомерного равновесия в растворе лактозы. Укажите биологическое значение лактозы.

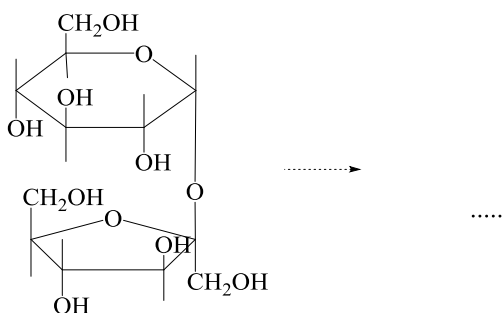


4. Охарактеризуйте изображенную ниже структурную формулу вещества, выделенного из молока: укажите принадлежность его к определенной группе углеводов в соответствии с классификацией, назовите структурные фрагменты, типы гликозидных связей.



5. 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.

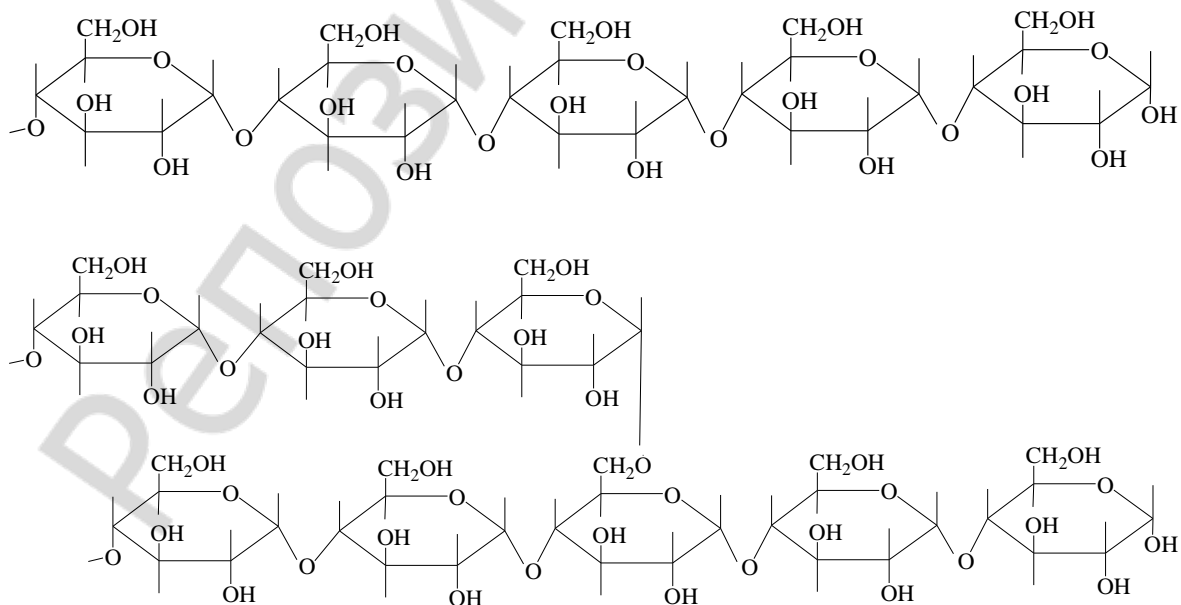
6. Закончите реакцию гидролиза дисахарида сахароза. Укажите значение сахарозы для человека.



### 7. Гомополисахариды —

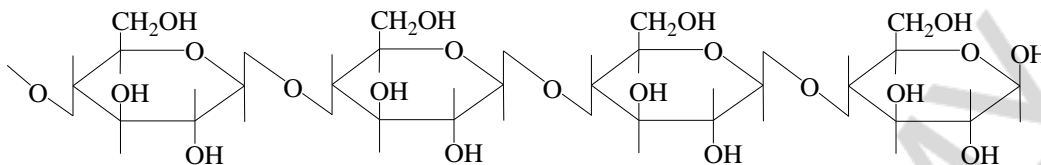
Крахмал состоит из следующих фракций:

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

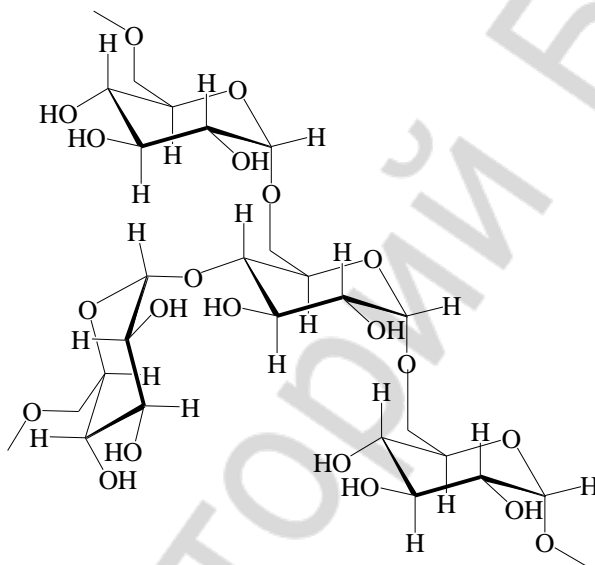


Продуктом полного гидролиза крахмала является ...

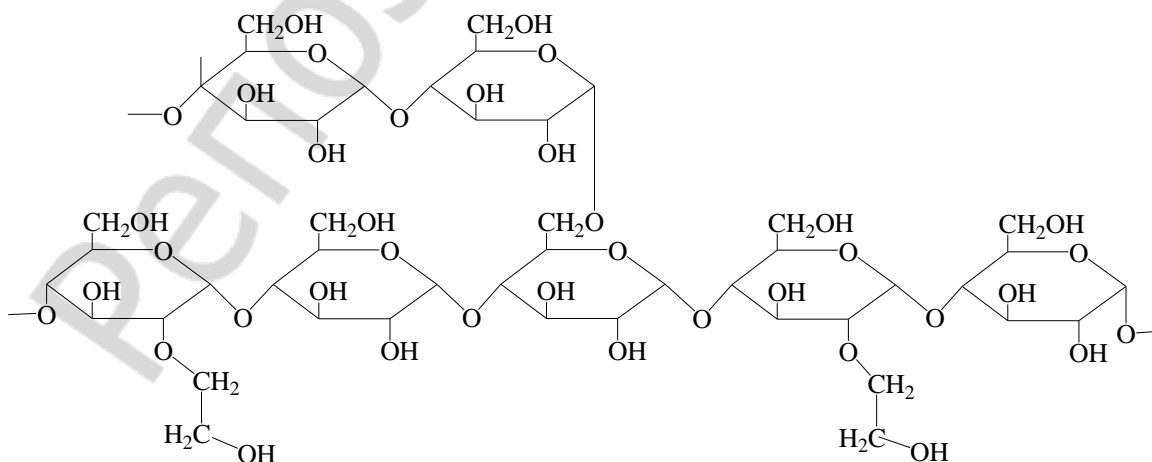
8. Проанализируйте приведенный фрагмент структуры полисахарида. Назовите данный гомогликан, укажите, из какого моносахарида он образуется в природе, тип связи между моносахаридными остатками.



9. 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?



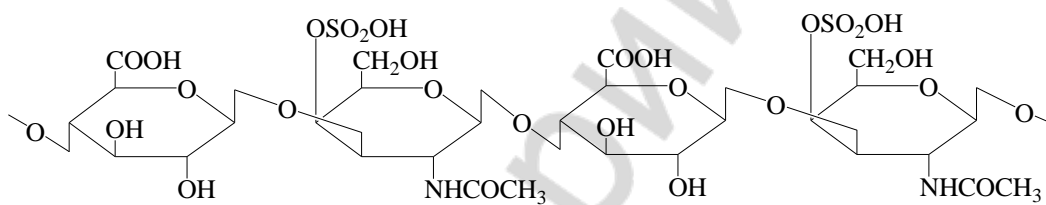
10. На рисунке изображен фрагмент цепи полимера, лежащего в основе современных плазмозамещающих препаратов. Проанализируйте представленную структуру: укажите моносахарид, из которого построен полисахарид и укажите типы гликозидных связей.



## 11. 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.

12. 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 др. гетерополисахариды обеспечивают тургор различных тканей, выполняют рессорную (амортизационную) функцию в суставных хрящах?

**Протеогликаны** — это ...

### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

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

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1) два спиртовых гидроксила;              | 3) два полуацетальных гидроксила;  |
| 2) спиртовой и полуацетальный гидроксилы; | 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 $\rightarrow$ 6);
- 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).

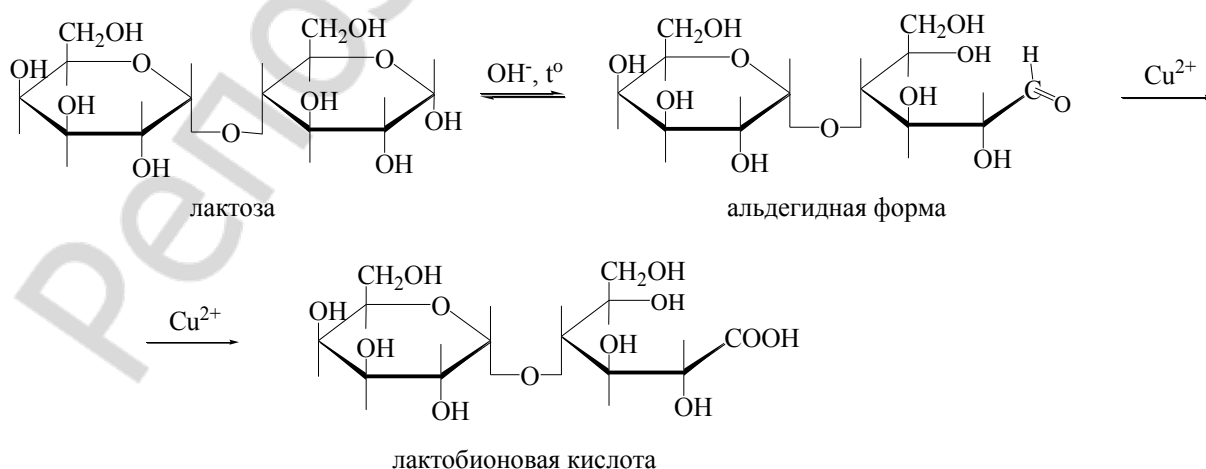
### 10. Охарактеризуйте строение и свойства целлюлозы:

- 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. Сравнение наличия восстановительной способности лактозы и отсутствия ее у сахарозы.

В одну пробирку поместите 10 капель раствора сахарозы (57) и 3 капли реактива Фелинга (55). В другую пробирку поместите 10 капель раствора лактозы (58) и 3 капли реактива Фелинга (55). Осторожно нагревайте одновременно обе пробирки над пламенем спиртовки. Отметьте происходящие изменения.



**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **2. 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, 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		
	с неионизирующимся радикалом (7)	с ионизирующимся отрицательно радикалом (2)	с ионизирующимся положительно радикалом (3)

<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.



**Изоэлектрическая точка** — это ...

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*.

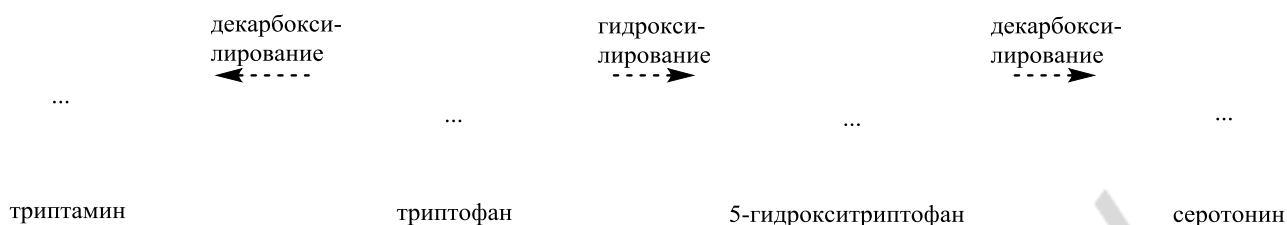
7. Напишите формулы полярных АМК с отрицательно ионизирующимся радикалом в ионной форме. Объясните, почему их  $pI$  значительно ниже 7 (3,0–3,2).

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.

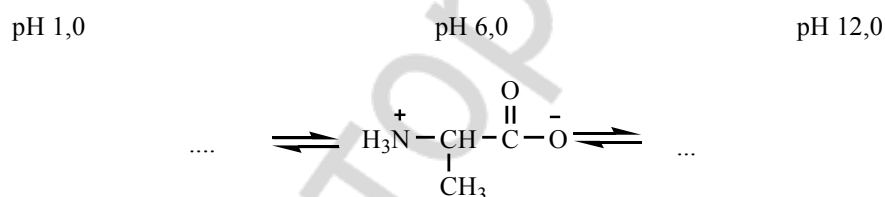
9. Напишите формулу триптофана. Какой гетероцикл входит в состав Trp? Заполните схему реакции.



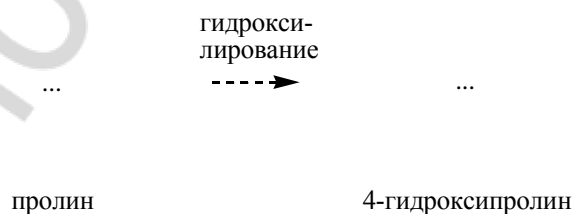
Укажите названия витаминов, участвующих в качестве коферментов в данных реакциях.

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-гидрокси-пролина (нумерация атомов в цикле начинается с атома N).



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

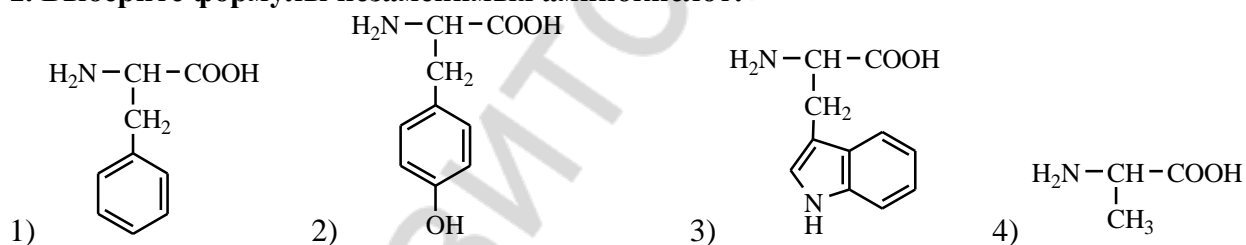
13. **Трансаминирование** — это ...

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

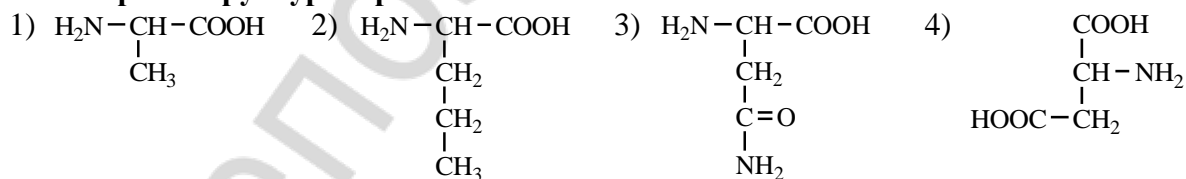
14. Напишите схему реакции окислительного дезаминирования Glu *in vivo*. Отметьте биологическое значение этой реакции.

### 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.

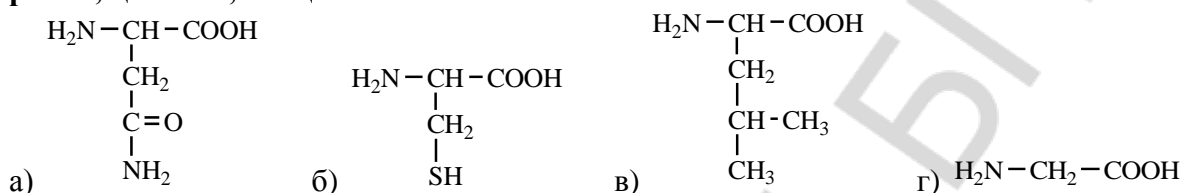
7. В реакциях гидроксирования лизина и пролина при синтезе соединительной ткани участвует витамин:

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

8. В результате посттрансляционной модификации образуются:

- 1) цистеин; 3) 5-гидроксилизин;  
2) 4-гидроксипролин; 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:

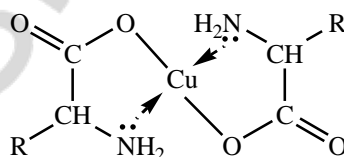
- 1) Ala и 2-оксобутандиовая кислота;  
2) Gly и 2-оксопентандиовая кислота;  
3) Ala и 2-оксопентандиовая кислота;  
4) Asp и 2-оксопентандиовая кислота.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 1. Образование внутримолекулярных солей α-аминокислот.

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

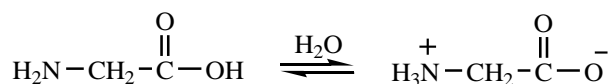
Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_



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.

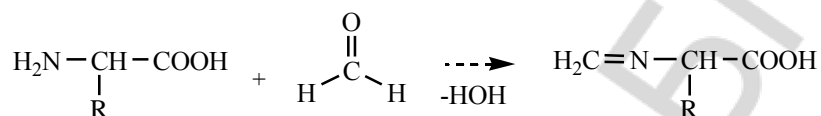


Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_

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 1 % раствора гидроксида натрия\* 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.

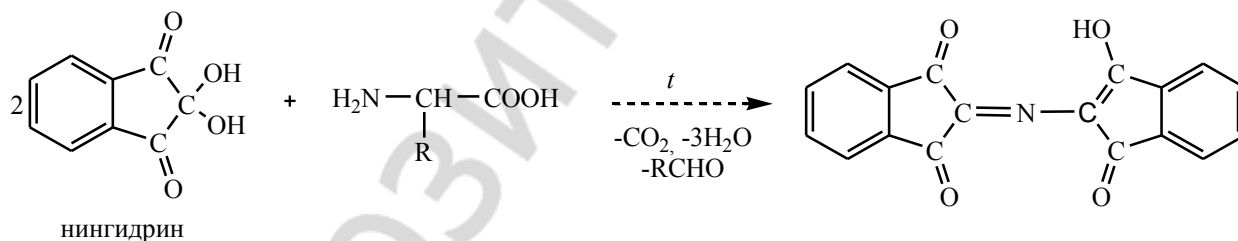


Наблюдаемые изменения: \_\_\_\_\_

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.

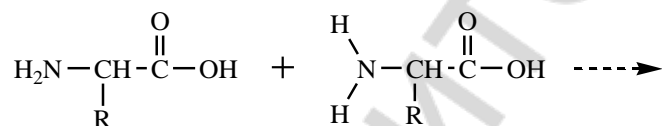
**Вопросы для подготовки к занятию:**

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 pH крови (7,4).

а) Asp-Tyr-Met

б) Trp-Pro-Arg

в) аспартиласпарагиниллейцин

г) глутамилглицилглутаминилаланин

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

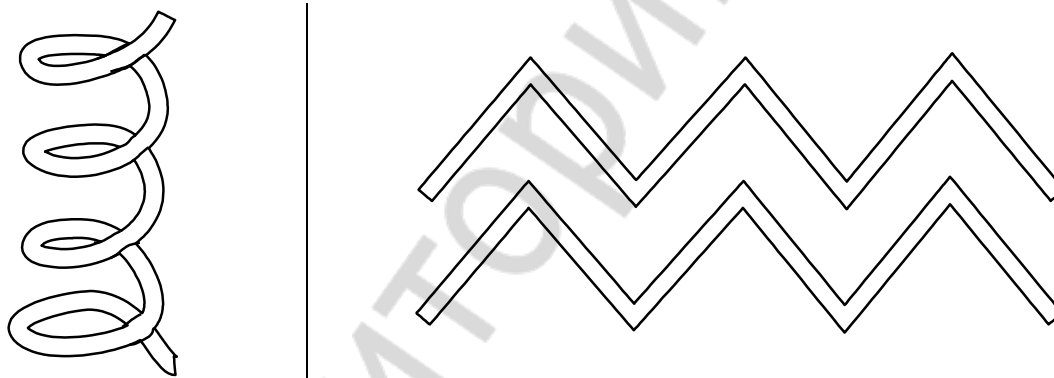
5. **Белки** — это ...

**Вторичная структура белка** — это ...

Назовите виды вторичной структуры белка:

Различные виды вторичной структуры белка стабилизируются ...

Дополните рисунки, покажите направление формирования связей, стабилизирующих структуры.



6. **Третичная структура белка** — это ...

Третичная структура белка стабилизируется связями и взаимодействиями:

Укажите, какой вид взаимодействий реализуется между аминокислотами:

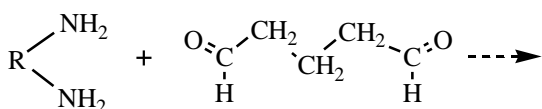
Phe и Ala	Arg и Glu	Ile и Val	Cys и Cys
Ser и Gln	Tyr и Thr	Asp и Lys	His и Ser
Trp и Leu	Glu и His	Asn и Ser	Met и Ala

7. Денатурация — это ...

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

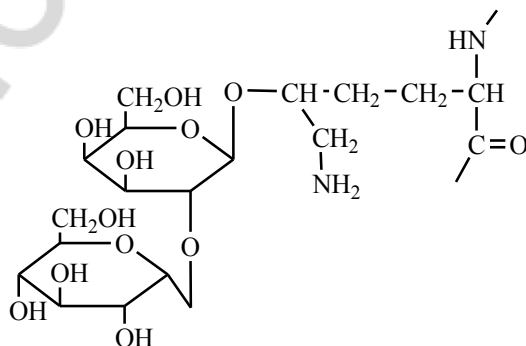
этанол	2-меркаптоэтанол	фенол	додецилсульфат
--------	------------------	-------	----------------

8. Современный дезинфектант и средство для стерилизации глутаральдегид применяют для обработки медицинского оборудования. Объясните механизм его дезинфицирующего действия. Ответ подтвердите схемой реакции.



9. Гликопротеины – это углеводбелковые биополимеры с преобладанием белкового компонента, представленные в организме веществами, определяющими группу крови, иммуноглобулинами, муцинами и др. Углеводный и белковый компоненты связываются между собой обычно при помощи N-гликозидной связи между N-ацетилглюкозамином со стороны олигосахарида и амидной группой аспарагина со стороны белковой части. Приведите соответствующую схему реакции.

10. 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 цингу?

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

**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;            3) декарбоксилирования;  
2) ксантопротеиновой;    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;    4) глутамин;  
2) глицин;    5) серин.  
3) цистеин;

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 1. Ксантопротеиновая реакция.

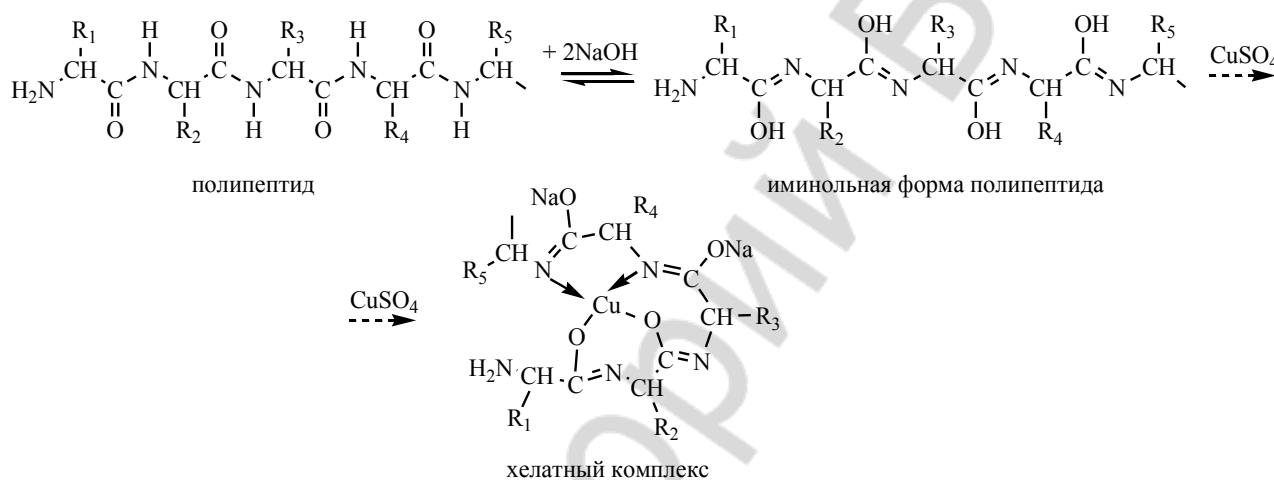
В пробирку поместите 10 капель раствора яичного белка\* и 3 капли концентрированной азотной кислоты\*. Содержимое пробирки осторожно нагрейте. Отметьте появление окрашивания. Пробирку охладите и добавьте 2–3 капли раствора гидроксида натрия (21). Какая окраска появляется?

**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.

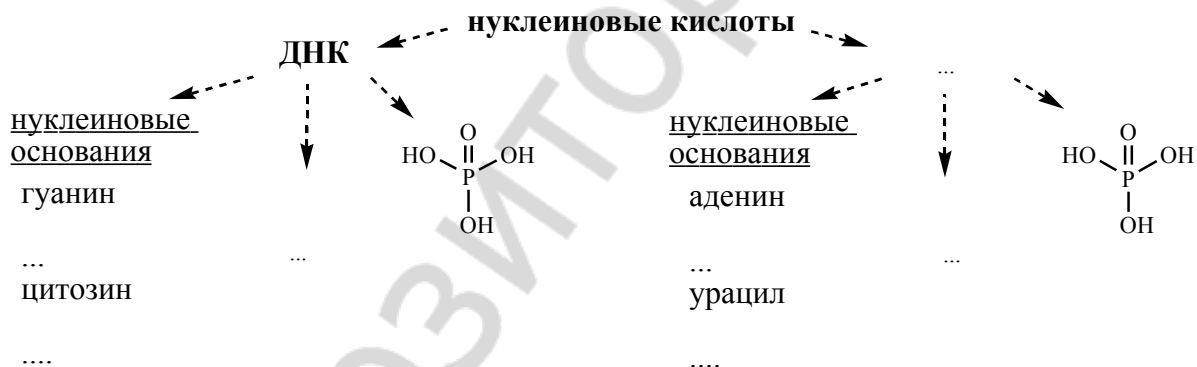
### Вопросы для подготовки к занятию:

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 схему:



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, возникающие между комплементарными основаниями в молекуле ДНК:

аденин – тимин

гуанин – цитозин

5. **Нуклеозиды** — это ...

Напишите структурные формулы нуклеозидов:

уридин

тимидин

дезоксиаденозин

Перечислите рибонуклеозиды (4):

Перечислите дезоксирибонуклеозиды (4):

6. **Нуклеотиды** — это ...

Напишите формулы следующих нуклеотидов:

аденозин-5`-фосфат

5`-дезокситидиловая кислота

УДФ

3`-гуаниловая кислота

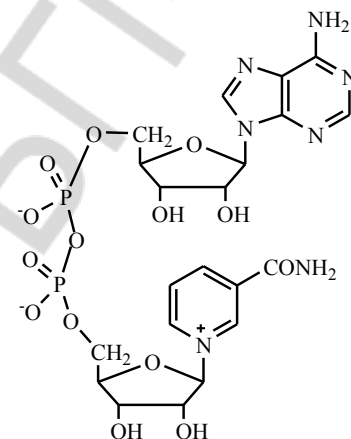
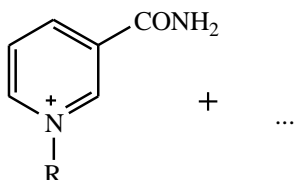
7. Изобразите молекулу АТФ, укажите макроэргические связи. Напишите схему гидролиза молекулы АТФ *in vivo*.

Объясните роль ионов магния в процессе высвобождения аккумулированной энергии.

8. Напишите формулу циклического аденозин-3,5'-фосфата, укажите типы связей. Каково его биологическое значение?

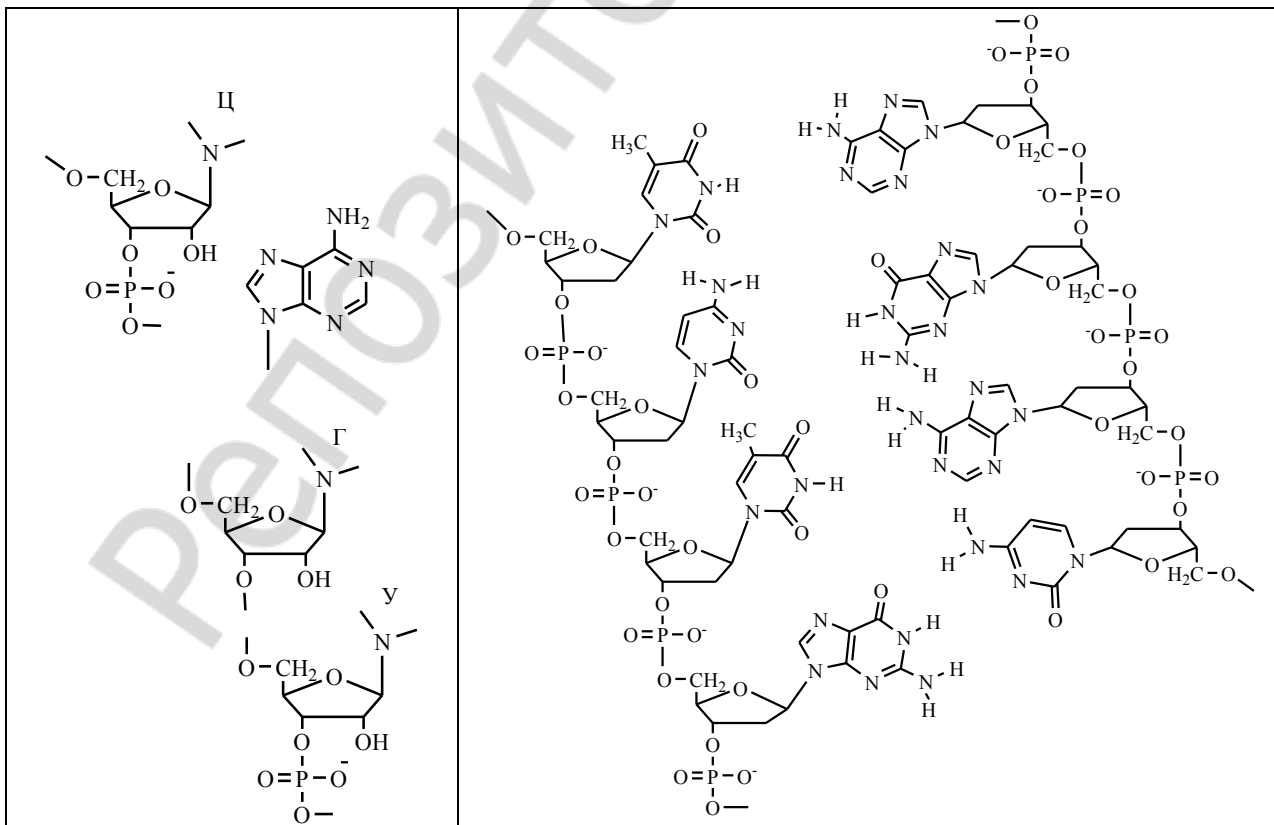
9. Проанализируйте строение кофермента НАД<sup>+</sup>, выделите структурные фрагменты, обозначьте типы связей. Укажите его биологическое значение.

Обозначив кофермент НАД<sup>+</sup> упрощенной формулой, напишите схему реакции ферментативного окисления этанола в уксусный альдегид.



10. 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).



## 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;                    3) фосфат;  
2) аденин;                                4) дезоксиаденозин.

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

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

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

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

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

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

**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;                    3) аминок-иминная;  
2) цикло-оксо;                        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.

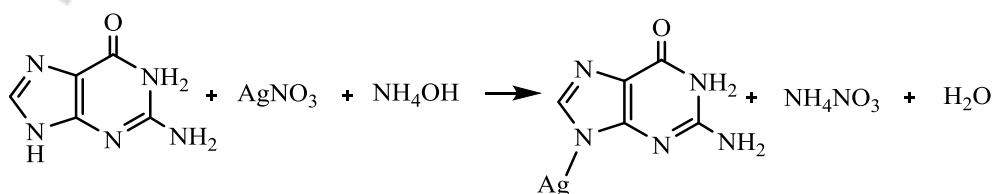
**10. В молекуле ГТФ между вторым и третьим остатком фосфорной кислоты присутствует связь:**

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

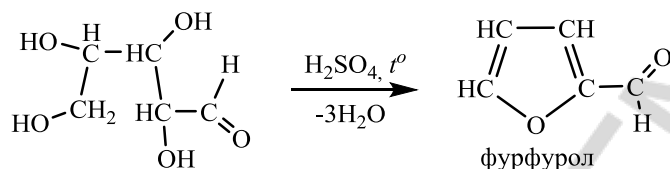


**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

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

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



**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

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

К 5 каплям гидролизата дрожжей\* 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 ...

Функции липидов:

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.

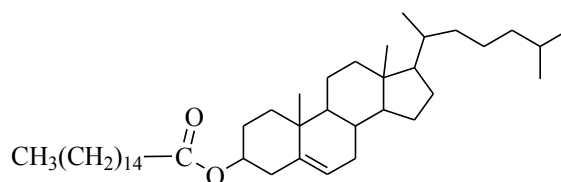
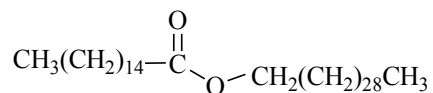
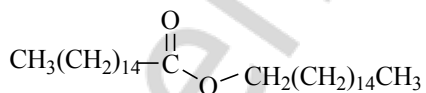
глицерол	гексадеканол-1 (цетиловый спирт)
2-аминооктадецен-4-диол-1,3 (сфингозин)	
этаноламин	ХОЛИН
серин	ИНОЗИТОЛ

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.







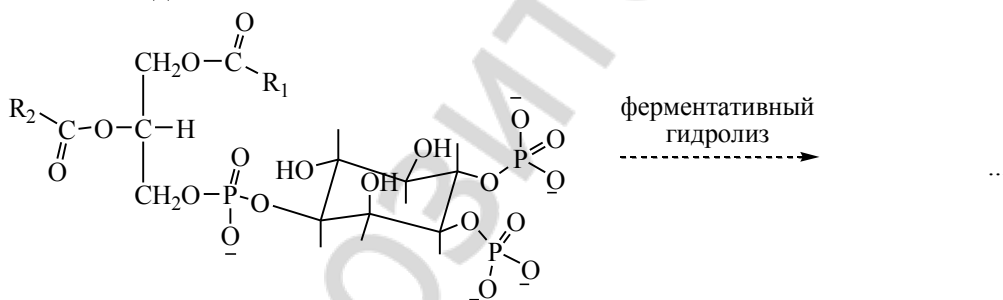
Напишите структурные формулы глицерофосфолипидов в таблице. Укажите гидрофильные и гидрофобные части молекул.

1-пальмитоил-2-линоленоил-фосфатидилэтаноламин	1-стеароил-2-арахидоноилфосфатидилхолин
--	---

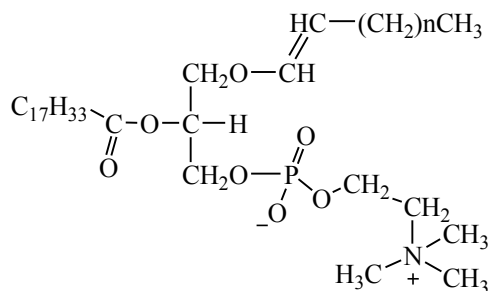
1-стеароил-2-олеоилфосфатидилсерин

1-стеароил-2-линоленоил-фосфатидилинозитол

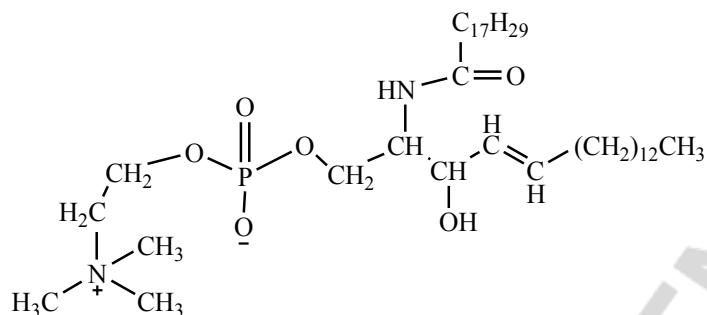
9. Фосфатидилинозитолы являются источниками вторичных посредников в клетке — диацилглицерола и инозитола-1,4,5-трифосфата. Закончите схему реакции образования указанных соединений.



10. Около 10 % всех липидов ЦНС составляют плазмалогены. Обозначьте структурные компоненты данного липида, типы связей между ними. Укажите гидрофильную и гидрофобные части молекулы.

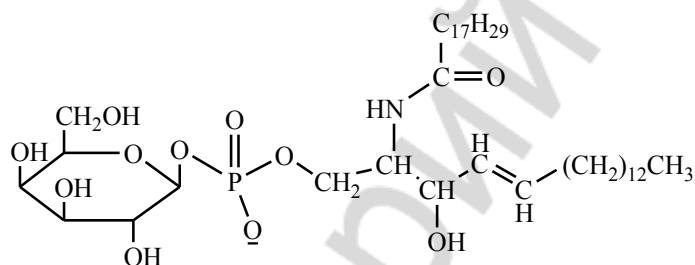


11. На рисунке представлена формула сфингомиелина. Проанализируйте ее, покажите структурные фрагменты и типы связей между ними. Укажите гидрофильную и гидрофобные части молекулы. К каким группам сложных липидов можно отнести сфингомиелин?

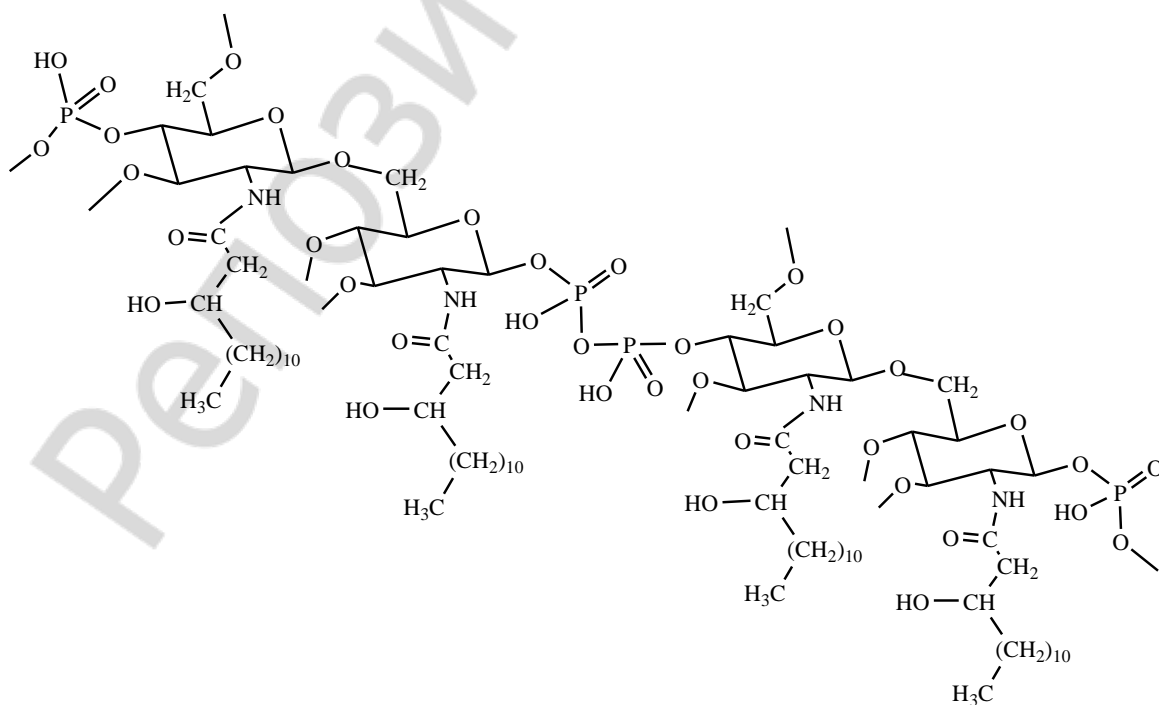


12. Гликолипиды подразделяются на ...

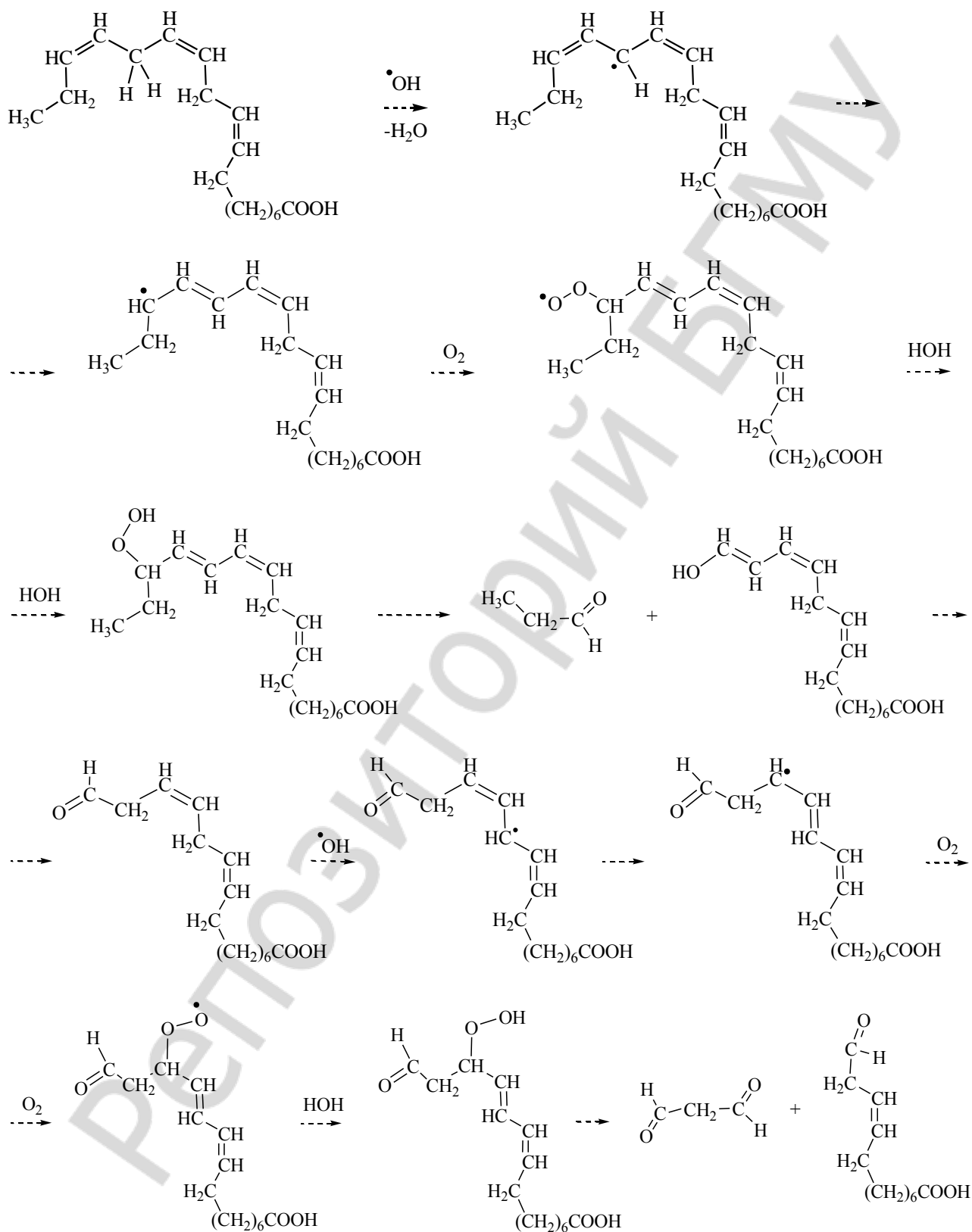
Представитель какой из этих групп изображен на рисунке? Обозначьте структурные компоненты данного липида. Укажите гидрофильную и гидрофобные части молекулы.



13. *Липополисахарид А* является важной составной частью клеточной стенки грамотрицательных бактерий и имеет сложное строение, не позволяющее строго определить его отношение к какому-либо определенному классу биополимеров. В приведенной структуре отметьте и назовите знакомые Вам фрагменты и типы связей между ними.

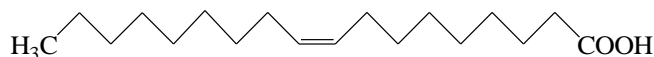


14. Процесс перекисного окисления линоленовой кислоты протекает в соответствии со следующей схемой. Проведите ее анализ, назовите промежуточные продукты. Каково биологическое значение ПОЛ, роль его в развитии патологических процессов?



## ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

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



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

### 2. К простым липидам относятся:

- 1) мирицилпальмитат;
- 2) триолеилглицерол;
- 3) 1-пальмитоил-2-олеилфосфатидилхолин;
- 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 $\omega$ -номенклатуре:

- 1) 20 : 4  $\omega$  6;
- 2) 18 : 3  $\omega$  3;
- 3) 18 : 1  $\omega$  9;
- 4) 18 : 2  $\omega$  6.

### 5. К сложным липидам относятся:

- 1) цетиловый эфир пальмитиновой кислоты;
- 2) 1-стеароил-2-олеилфосфатидилинозитол;
- 3) 1-пальмитоил-2-олеилфосфатидилхолин;
- 4) тристеароилглицерол.

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

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

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

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

### 8. Приведите обозначение арахидоновой кислоты по $\omega$ -номенклатуре:

- 1) 20 : 4  $\omega$  6;
- 2) 20 : 4  $\omega$  3;
- 3) 18 : 1  $\omega$  6;
- 4) 18 : 2  $\omega$  6.

### 9. К резервным липидам следует отнести:

- 1) 1,2-диолеил-3-линоленоилглицерол;
- 2) 1-олеил-2-стеароилфосфатидилхолин;
- 3) 1-олеил-2-стеароилфосфатидилинозитол;
- 4) 1,3-диолеил-2-стеароилглицерол.

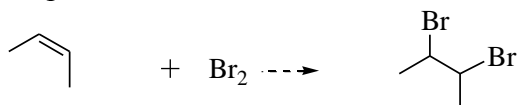
### 10. Каким типом связи связаны в фосфатидилсерине фосфатидная кислота с серином?

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

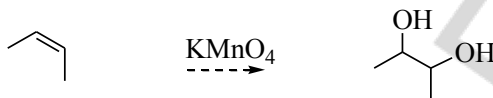


**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

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

В пробирку поместите 2–3 капли растительного масла\* и добавьте 1 каплю раствора  $\text{KMnO}_4$  (14) и 2 капли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (43). Энергично встряхните.

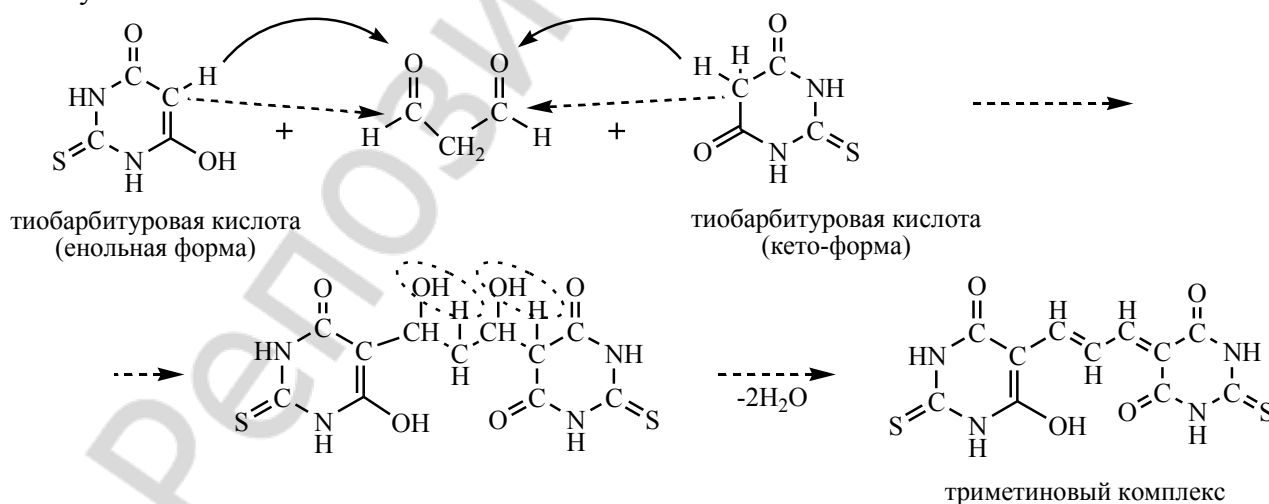


**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**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 НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ БИОРЕГУЛЯТОРЫ. СТЕРОИДЫ. АЛКАЛОИДЫ

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

### Литература

[1] С. 277–283, 474–486, [2] С. 464–498, [3] С. 152–163.

### Вопросы для подготовки к занятию:

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

### Письменные задания

1. **Биологически активное вещество** — это ...
2. Напишите формулу гонана, пронумеруйте атомы углерода.
3. В природе встречаются  $5\alpha$ - и  $5\beta$ -стероиды. Продемонстрируйте пространственное строение  $5\alpha$ - и  $5\beta$ -гонана, используя конформации *кресла* для циклогексановых ядер.

4. Приведите формулы родоначальных стероидов.

эстран	андростан	пегнан
холан	холестан	

5. Напишите структурные формулы эстрогенов. Каково их биологическое значение?

эстратриен-1,3,5(10)-диол-3,17 $\beta$ (эстрадиол)	3-гидроксиэстратриен-1,3,5(10)-он-17 (эстрон)
--	---

6. Напишите структурные формулы андрогенов. Укажите их биологическое значение.

17 $\beta$ -гидроксиандростен-4-он-3 (тестостерон)	3 $\alpha$ -гидроксиандростанон-17 (андростерон)
--	--



7. Напишите структурные формулы производных прегнана. Укажите их биологическое значение.

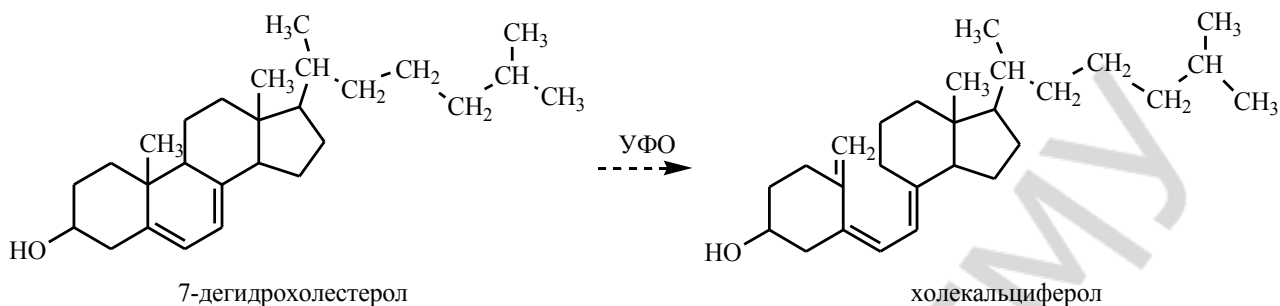
<p>17<math>\alpha</math>, 21-дигидроксипрегнен-4-трион-3,11,20 (кортизон)</p>	<p>17<math>\alpha</math>, 11<math>\beta</math>, 21-тригидроксипрегнен-4-дион-3,20 (кортизол)</p>
<p>прегнен-4-дион- 3,20 (прогестерон)</p>	

8. Напишите структурные формулы желчных кислот. Укажите их биологическое значение.

<p>3<math>\alpha</math>, 7<math>\alpha</math>, 12<math>\alpha</math>-тригидрокси-5<math>\beta</math>-холан-24-овая кислота</p>	<p>3<math>\alpha</math>, 12<math>\alpha</math>-дигидрокси-5<math>\beta</math>-холан-24-овая кислота</p>
--	---

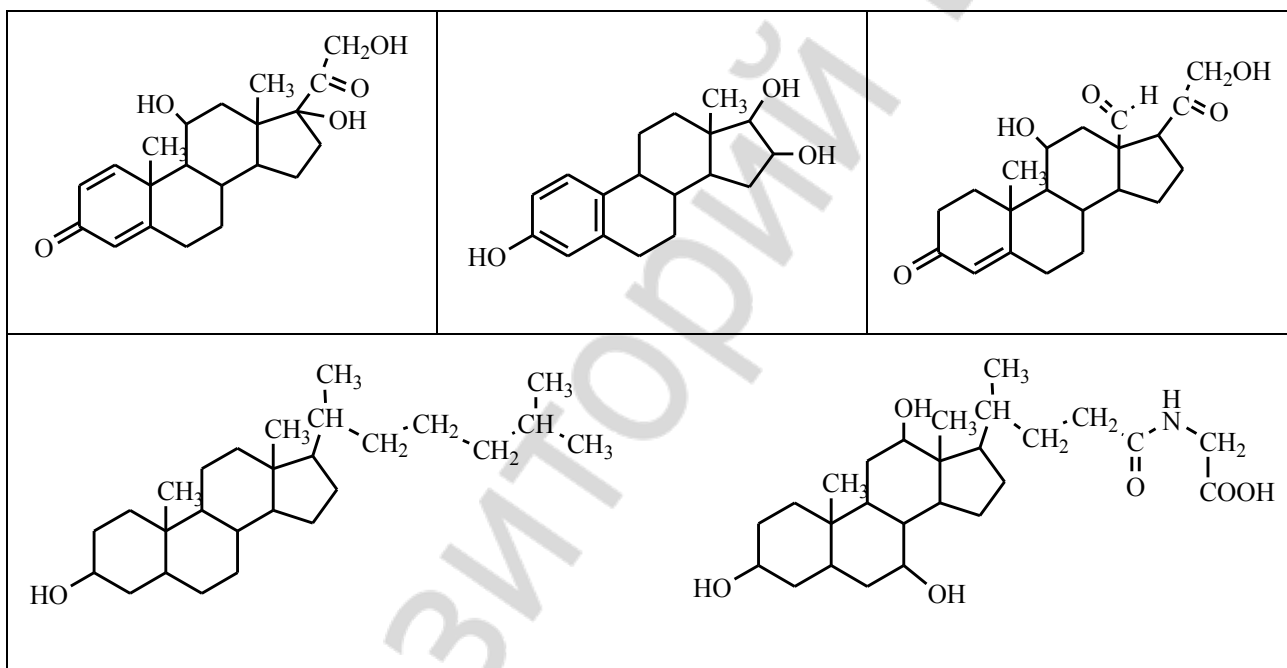
9. Напишите формулу холестерина (холестен-5-ол-3 $\beta$ ). Каково его биологическое значение?

10. Предшественник холекальциферола — 7-дегидрохолестерол — образуются в коже из холестерина. Объясните, какая особенность его строения способствует дальнейшему превращению в витамин D<sub>3</sub>?



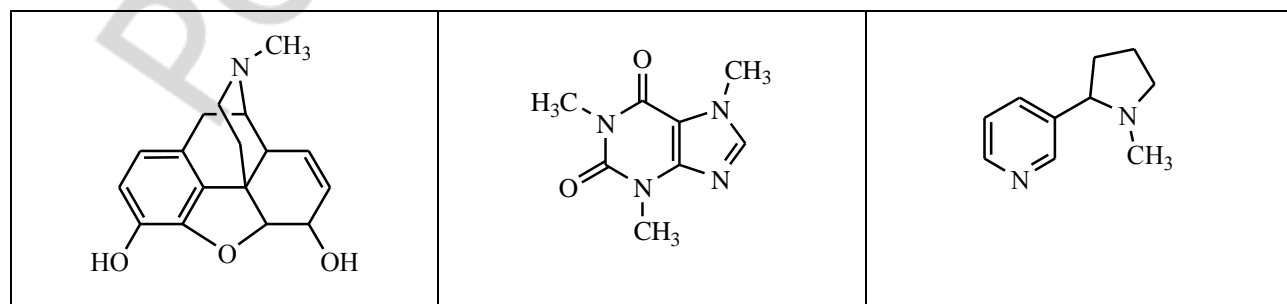
В чем заключается биологическое значение витаминов группы D?

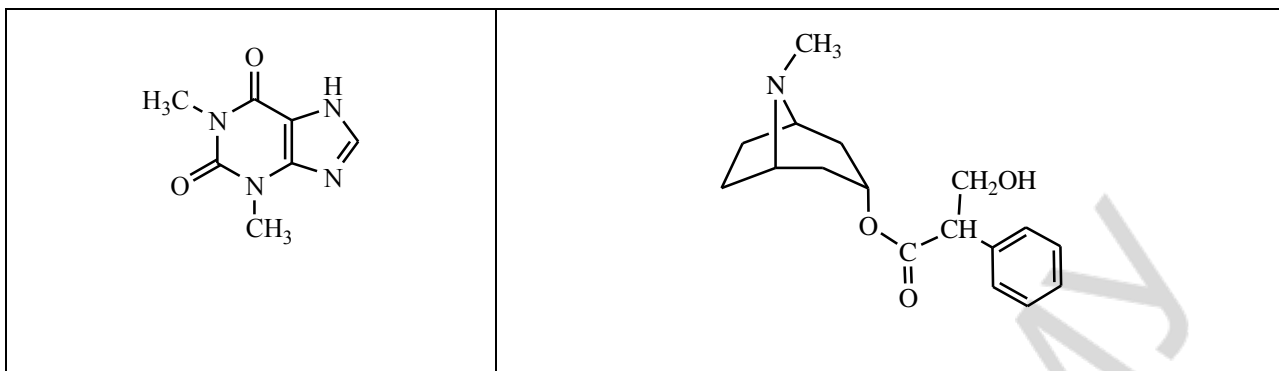
11. Определите принадлежность изображенных формул соединений к группе стероидов (эстран, андростан, прегнан, холан, холестан).



12. **Алкалоиды** — это ...

Подпишите тривиальные названия алкалоидов, представленных ниже. К какой группе в соответствии с химической классификацией они относятся? Назовите рецепторы, с которыми могут связываться эти алкалоиды в организме человека?

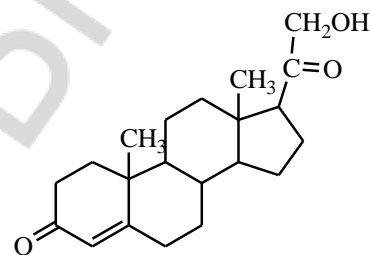




### ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

**1. Из приведенных ниже систематических названий выберите название, соответствующее структуре**

- 1) холестерин-5-ол-3β;
- 2) 3α-гидроксиандростанон-17;
- 3) 21-гидроксипрегнен-4-дион-3,20;
- 4) 17β-гидроксиандростен-4-он-3.



**2. В основе мужских половых гормонов лежит ядро:**

- 1) холестана;
- 2) эстрана;
- 3) эргостерина;
- 4) андростана.

**3. Гонан представляет собой:**

- 1) насыщенную конденсированную систему, состоящую из 4 циклогексановых ядер и ядра цикlopentана;
- 2) состоит из системы *цис*-декалина и *транс*-гидриндана, соединенных по типу *цис*-;
- 3) оптически активное соединение, содержащее 6 асимметрических атомов углерода;
- 4) хорошо растворимое в липидах соединение.

**4. Какие из приведенных ниже утверждений верны относительно структуры и свойств холестерина?**

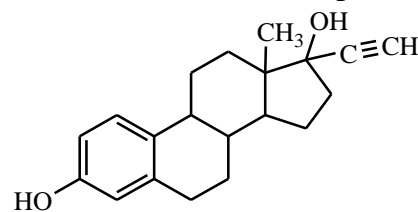
- 1) не обладает оптической активностью;
- 2) содержит первично спиртовую группу;
- 3) входит в состав биомембран;
- 4) обладает оптической активностью.

**5. Ядро прегнана лежит в основе:**

- 1) минералокортикоидов;
- 2) эстрогенов;
- 3) гестагенов;
- 4) глюкокортикоидов.

**6. Выберите верные утверждения относительно структуры и свойств этинилэстрадиола:**

- 1) является синтетическим производным эстрана;
- 2) является синтетическим производным андростана;
- 3) обладает андрогенной активностью;
- 4) содержит ароматическое ядро;
- 5) обладает эстрогенной активностью.



**7. Выберите верные утверждения относительно структуры и свойств желчных кислот:**

- 1) являются производными  $C_{24}$  холановой кислоты;
- 2) образуются в печени и выделяются в 12-перстную кишку, где активируют липазы, гидролизующие жиры;
- 3) относятся к группе  $5\alpha$ -стероидов, т. к. в их структуре присутствует *транс*-декалин;
- 4) являются амфифильными молекулами и поверхностно-активными веществами.

**8. Выберите верные утверждения относительно структуры и свойств глюкокортикоидов:**

- 1) содержат аминогруппы, необходимые для связывания с аминогруппами белков рецепторов и проявления биологического действия;
- 2) являются производными прегнана;
- 3) обладают противовоспалительным и противоаллергическим действием;
- 4) содержат оксогруппы, необходимые для связывания с аминогруппами белков рецепторов и проявления биологического действия.

**9. Для стероидных гормонов справедливы утверждения:**

- 1) являются ДНК-связывающими белками;
- 2) являются оптически активными веществами;
- 3) являются гидрофобными веществами;
- 4) являются гидрофильными веществами.

**10. Алкалоид кофеин содержит цикл:**

- 1) изохинолин;
- 2) ксантин;
- 3) фенантрен;
- 4) индол.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

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

На предметное стекло поместите 3 капли исследуемого раствора\* на расстоянии 2 см друг от друга. К первой капле добавьте 1 каплю раствора Люголя (47), ко второй — 1 каплю 1%-ного раствора пикриновой кислоты\*, к третьей — 1 каплю фосфорномолибденовой кислоты.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

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

В сухую пробирку поместите 1 каплю  $FeCl_3$  в уксусной кислоте\* и 5 капель конц.  $H_2SO_4$ \*. Пробирку осторожно встряхните и добавьте 5 капель раствора холестерина в уксусной кислоте\*.

**Наблюдаемые изменения:** \_\_\_\_\_

**Вывод:** \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя:*

**ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 18**  
**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-лактаманная 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 Хеуорса. 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, гидроксильное. 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.
30. Стероиды. Структурная и стереохимическая классификация.
31. Производные эстрана. Структурные особенности, биологическое значение.
32. Производные андростана. Структурные особенности, биологическое значение.
33. Производные прегнана. Кортикостероиды и гестагены.
34. Желчные кислоты. Строение, биологическое значение.
35. Производные холестана. Холестерол: строение, биологическое значение. Витамины группы Д.

**К итоговому занятию необходимо знать формулы следующих соединений:**

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

## ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

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

## 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. Стереизомерия, 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, 3	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. Биологически важные гетероциклические соединения. Алкалоиды

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

**Лабораторное занятие № 17. Стероиды, алкалоиды**

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

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

- [1] *Биоорганическая химия* : учеб. для вузов / И. В. Романовский [и др.]. Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2015. 504 с.
- [2] *Тюкавкина, Н. А.* Биоорганическая химия : учеб. для вузов / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков. 4-е изд. стереотип. Москва : 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.* Стереохимия гетерофункциональных органических соединений : учеб.-метод. пособие / И. В. Романовский, О. Н. Ринейская. Минск : БГМУ, 2009. 77 с.