

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ОБЩЕЙ ХИМИИ

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Практикум

8-е издание, исправленное и дополненное



Минск БГМУ 2026

УДК 577.1(076.5)(075.8)
ББК 28.072я73
Б63

Рекомендовано Научно-методическим советом университета
в качестве практикума 15.04.2026 г., протокол № 8

Авторы: О. Н. Ринейская, И. В. Романовский, Л. Э. Зайтуллаева, С. В. Глинник,
Ф. Ф. Лахвич

Рецензенты: канд. мед. наук, доц., доц. каф. биологии Белорусского государственного медицинского университета В. Э. Бутвиловский; каф. общей и биоорганической химии Гродненского государственного медицинского университета

Биоорганическая химия : практикум / О. Н. Ринейская, И. В. Романовский, Л. Э. Зайтуллаева [и др.]. – 8-е изд., испр. и доп. – Минск : БГМУ, 2026. – 148 с.

ISBN 978-985-21-2275-7.

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 2019 году.

Предназначен для студентов 1-го курса лечебного, педиатрического, медико-профилактического факультетов, военно-медицинского института, 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 и др.

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Практикум

8-е издание, исправленное и дополненное

Ответственный за выпуск Н. Н. Ковганко
Компьютерная вёрстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 01.06.26. Формат 60×84/8. Бумага писчая «Снегурочка».

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 17,2. Уч.-изд. л. 8,55. Тираж 1148 экз. Заказ 267.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 24.11.2023.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.

ISBN 978-985-21-2275-7

© УО «Белорусский государственный
медицинский университет», 2026

УЧЕБНО-УЧЕТНАЯ КАРТА

студента ____ гр. _____ факультета _____ (ФИО)

№	Тема лабораторного занятия	Дата занятия	Оценка	Подпись преподавателя
1.	Введение. Классификация и номенклатура органических соединений			
2.	Химическая связь и взаимное влияние атомов в органических молекулах			
3.	Пространственное строение органических молекул. Стереοизомерия			
4.	Реакционная способность органических соединений (часть 1)			
5.	Реакционная способность органических соединений (часть 2)			
6.	Реакционная способность органических соединений (часть 3)			
7.	Реакционная способность органических соединений (часть 4)			
8.	Поли- и гетерофункциональные соединения, участвующие в процессах жизнедеятельности и лежащие в основе важнейших групп лекарственных средств			
9.	Биологически активные гетероциклические соединения. Алкалоиды			
10.	Углеводы. Моносахариды			
11.	Углеводы. Олиго- и полисахариды			
12.	Аминокислоты			
13.	Пептиды и белки			
14.	Нуклеиновые кислоты			
15.	Липиды			
16.	Низкомолекулярные биорегуляторы			
17.	Итоговое занятие «Биополимеры и их структурные компоненты. Липиды»			
18.	Итоговое занятие «Биоорганическая химия» (дифференцированный зачет для студентов лечебного факультета)			

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, шапочке, иметь практикум.
3. Во время работы в учебной аудитории необходимо соблюдать дисциплину и порядок.
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 дифференцированному зачету или экзамену 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°), 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 вмонтированы 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.

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 зажженных спиртовок. 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.

С требованиями кафедры и правилами техники безопасности ознакомлен(а)

Ф.И.О. _____ 20__ г. _____ (подпись)

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

ВВЕДЕНИЕ. 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

[1–3] С. 8–18, [4] С. 18–32.

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:

этан	этен	пропан
пропен	бут-1-ен	бут-2-ен
пент-2-ен	бутан-2-ол	этаналь
бутанон	пропановая кислота	пропаналь
бензол	фенол	бензойная кислота
толуол	анилин	4-аминофенол

фенилхлорметан	антрацен	4-гидрокси-3-метоксибензальдегид
2-метилпропан-1-ол	бутендиовая кислота	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	гекса-2,4-диеналь	
4,4-диметил-2-оксопентановая кислота	1-этоксипропан-1-ол	
2-метиламино-1-фенилпропан-1-ол (эфедрин)	диметоксиметан	

2. Назовите по заместительной номенклатуре IUPAC следующие соединения:

			акриловая кислота
молочная кислота 	щавелевоуксусная кислота 	серин 	
	фенилаланин 	салициловая кислота 	цистеин

3. При помощи сервиса ChemOffice постройте формулы следующих соединений:

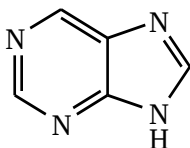
а) фенола, циклогексана, бензойной кислоты, метилового эфира 4-аминобензойной кислоты, аланина, глутаминовой кислоты, стеариновой кислоты. Для составления формул используйте меню с заготовками фрагментов молекул и связей, а также вкладку *Structure > Convert name to structure*;

б) амброксола, ультракаина, кофеина, ретинола, карбафоса, морфина. Используйте вкладку *Structure > Convert name to structure*. В открывшееся поле необходимо ввести IUPAC название соединения, которое можно получить в соответствующей статье Википедии на английском языке. Назовите функциональные группы соединений.

ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ (ответы на с. 146)

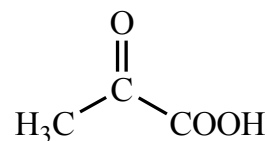
1. Назовите гетероцикл:

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



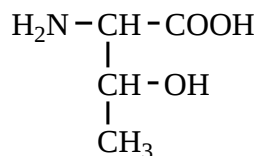
2. Назовите по заместительной номенклатуре IUPAC соединение:

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



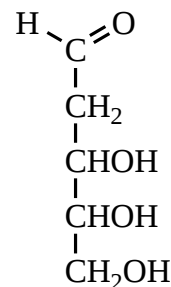
3. Аминокислоту треонин по заместительной номенклатуре называют:

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



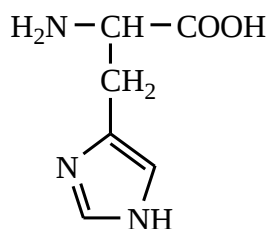
4. Приведите название дезоксирибозы по систематической номенклатуре:

- 1) 1,3,4,5,6-пентагидроксигексан-2-он;
- 2) 2,3,4,5,6-пентагидроксигексанааль;
- 3) 2,3,4,5-тетрагидроксипентаналь;
- 4) 3,4,5-тригидроксипентаналь.

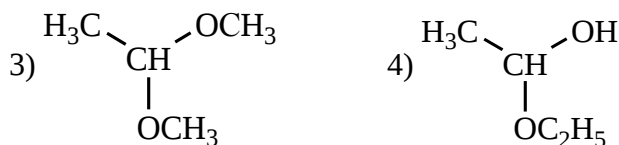
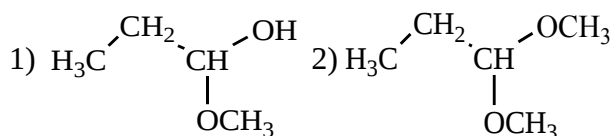


5. Назовите по заместительной номенклатуре IUPAC соединение:

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

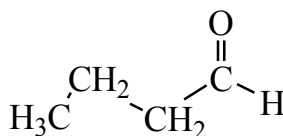


6. Выберите формулу 1-метоксипропан-1-ола:



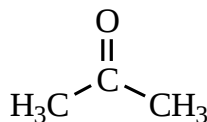
7. Выберите название соединения:

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



8. Дайте название соединения по заместительной номенклатуре IUPAC:

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

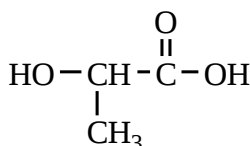


9. Выберите ненасыщенное(-ые) соединение(-я):

- 1) бут-2-ен;
- 2) этан;
- 3) циклогексен;
- 4) бензол.

10. Выберите тривиальное название соединения:

- 1) 2-гидроксипропановая кислота;
- 2) аланин;
- 3) молочная кислота;
- 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 KMnO_4 (14) и 2 капли раствора H_2SO_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: _____

* Реактивы, отмеченные звездочкой (*), являются общими для всей группы и находятся в общем лотке в вытяжном шкафу.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 2 ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ 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

[1–3] С. 21–44, [4] С. 33–74.

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 σ - и π -связей.
4. Сопряжение. Сопряженные системы с открытой цепью, их виды (π - π - и p - π -сопряжение). Энергия сопряжения. Бута-1,3-диен 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.

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. Изобразите пространственное строение:

а) пиррольного атома азота

б) пиридинового атома азота

3. *Сопряжение* — это ...

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

бута-1,3-диен	циклогекса-1,3-диен
2,3-диметилпента-1,4-диен	бут-2-ен-1-ол
2-метилбута-1,3-диена	бутановой кислоты
2-метоксипропен	2,5-диметилпиррола
бут-2-еналь	пиридин-4-карбальдегида
анилина	бензиламина

4. *Ароматичность* — это ...

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

Бензол	циклогекса-1,4-диен
--------	---------------------

фенантрен	антрацен
пиррол	пиримидин
имидазол	пурин
индол	тиофен

5. Запишите формулы всех гетероциклов восстановленной формы кофермента НАДН (см. стр. 132). Проанализируйте каждый из них в отношении ароматических свойств.

6. *Индуктивный эффект* — это ...

Мезомерный эффект — это...

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

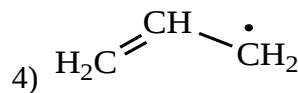
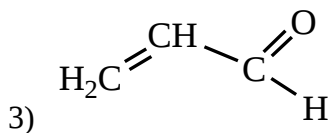
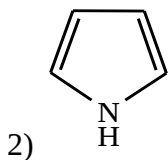
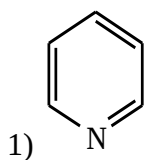
2-аминоэтанол	анилин
циклогексанкарбальдегид	бензальдегид
бензиловый спирт	фенол
пропеновая (акриловая) кислота	бензойная кислота

ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

1. Укажите соединения, в которых осуществляется сопряжение:

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

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



3. К p-π сопряженным системам относятся:

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

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

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

5. Гидроксильная группа в пропан-2-оле 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:

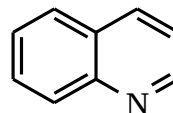
- 1) $-\text{COOH}$; 2) $-\text{CH}_3$; 3) $-\text{OH}$; 4) $-\text{NHCH}_3$.

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

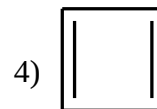
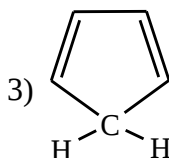
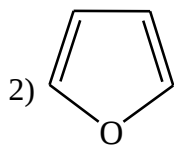
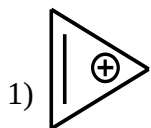
- 1) +I, -M; 2) -I; 3) -I, +M; 4) -I, -M.

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:

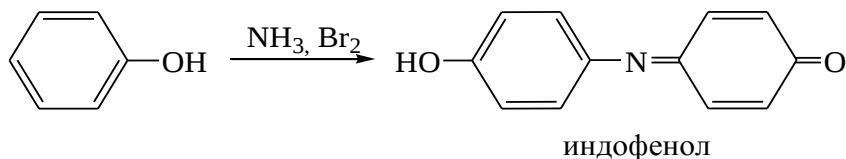
- | | |
|----------------------|-------------|
| А) бензиловый спирт; | 1) -I, -M; |
| Б) фенол; | 2) -I < +M; |
| В) этанол; | 3) -I; |
| Г) хлоробензол. | 4) -I > +M. |

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: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТРОЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ. СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ

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

Литература

[1–3] С. 45–65, [4] С. 75–112.

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. Стереοизомерия молекул с одним центром хиральности.
6. Относительная D, L-система стереохимической номенклатуры.
7. Абсолютная конфигурация стереοизомеров. R, S-номенклатура.
8. Стереοизомерия молекул с двумя центрами хиральности, энантиοмерия и диастереοмерия. Мезοформы.
9. Рацемические смеси. Методы разделения рацемических смесей.
10. π-Диастереοмерия. π-Диастереοмеры бутендиовой и октадец-9-еновой кислот.

Письменные задания

1. **Конформации** — это ...

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

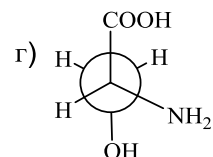
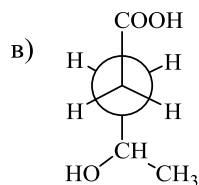
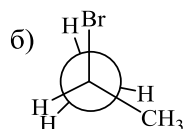
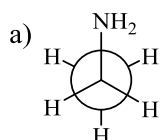
а) этана;

б) этанола

в) бутана (C₁–C₂) и (C₂–C₃)

г) 2-аминоэтанола (C_1-C_2)

2. Напишите структурные формулы и назовите соединения, конформации которых приведены ниже:



3. Изобразите возможные конформации кресла циклогексантиола.

4. Изобразите изомер с наиболее устойчивой конформацией следующих соединений:

а) циклогексан-1,2,3,4,5,6-гексаола

б) 1,3-дихлорциклогексана

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

6. **Конфигурация** — это ...

Асимметрический атом углерода — это ...

Напишите структурные формулы: бутан-2-ола, 2,3-дигидроксипропаналя, 2-аминопропановой кислоты, 2,5-диаминопентановой кислоты, 3-гидроксибутановой кислоты. Отметьте асимметрические атомы углерода в структуре этих соединений.

7. Напишите структурные формулы и проекционные формулы Фишера возможных стереоизомеров следующих соединений:

а) 2-гидроксипропаналь

б) 2-аминопропановая кислота

Энантиомеры — это ...

Рацемическая смесь — это ...

8. **Диастереомеры** — это ...

Напишите структурные формулы, проекционные формулы Фишера возможных стереоизомеров следующих соединений, укажите пары энантиомеров и диастереомеров, обозначьте хиральные центры:

а) 2-амино-3-гидроксибутановая кислота

б) 2,3-дигидроксипутандиовая (винная) кислота

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

а) 2-аминопропановой кислоты б) 2-амино-3-меркаптопропановой кислоты

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

а) бутендиовой кислоты

б) октадека-9,12,15-триеновой 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-дигидроксипутандиовая кислота;
- 2) метанол;
- 3) 2-аминобутановая кислота;
- 4) бутан-2-ол.

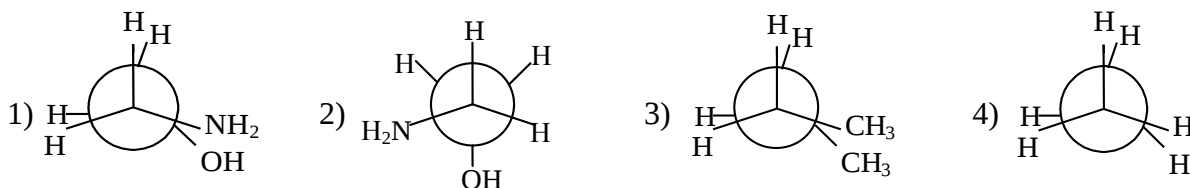
3. Различные пространственные формы молекулы, возникающие в результате вращения вокруг одинарной связи, называют:

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

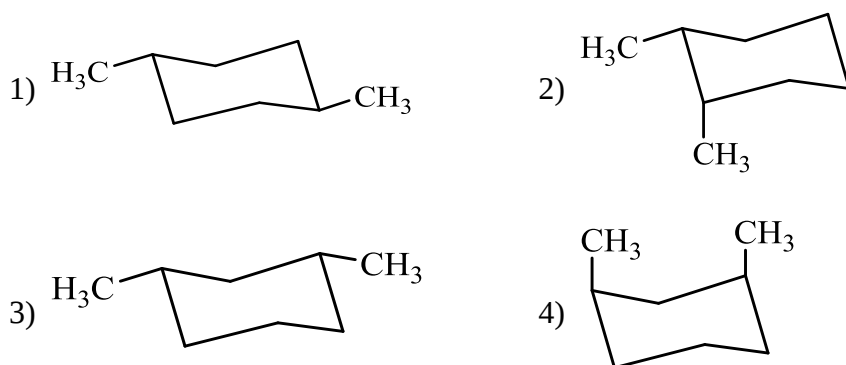
4. Наименее устойчивая конформация бутана:

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

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



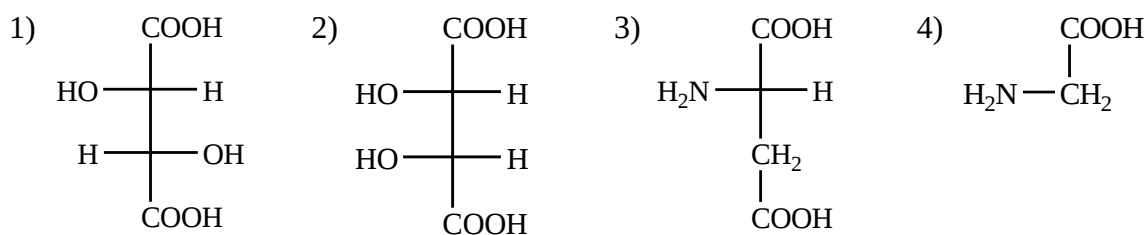
6. Наименее стабильной конформацией 1,3-диметилциклогексана является:



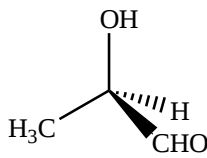
7. Укажите соединения, имеющие два хиральных центра:

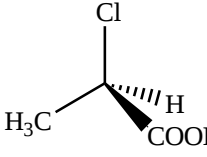
- 1) 2-амино-3-метилпентановая кислота;
- 2) 2,3-дигидроксибутандиовая кислота;
- 3) 2-амино-3-метилбутановая кислота;
- 4) 2-гидроксиэтановая кислота.

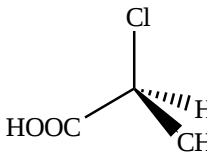
8. Выберите соединения, относящиеся к L-стереохимическому ряду:

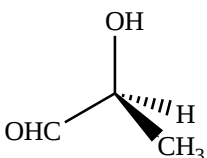


9. Найдите соответствие между структурой и названием стереоизомера:

А)  1) R-2-хлорпропановая кислота

Б)  2) R-2-гидроксипропаналь

В)  3) S-2-гидроксипропаналь

Г)  4) S-2-хлорпропановая кислота

10. Диастереомеры — это:

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

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (ЧАСТЬ 1)

Цель занятия: сформировать знания классификаций и механизмов органических реакций, зависимости реакционной способности органических соединений от электронного строения и типа химических связей, распределения электронной плотности в молекуле.

Литература

[1–3] С. 66–67, 75–86, 89–91, [4] С. 136–165, 254–270.

Вопросы для подготовки к занятию:

1. Понятия: субстрат, реагент, реакционный центр. Гомолитический и гетеролитический механизмы разрыва связи. Классификация органических реакций по типу превращения субстрата (присоединение, замещение, отщепление, изомеризации, редокс, кислотно-основного взаимодействия), механизму разрыва связи (радикальные, ионные), по типу химического процесса, происходящего в ходе реакции (гидрирования (де-), гидратации (де-), карбоксилирования (де-), алкилирования (де-), ацилирования (де-), гидроксирования (де-), фосфорилирования (де-)).

2. Радикальные реакции. Условия генерирования радикальных частиц.

3. Типы реагентов: радикальные, электрофильные, нуклеофильные, кислотные, основные.

4. Ионные реакции. Условия генерирования ионов.

5. Реакции присоединения по двойной связи.

6. Реакции замещения в ароматических соединениях. Влияние заместителей в бензольном кольце и гетероатомов в ароматических гетероциклических соединениях на скорость реакции и характер образующихся продуктов.

7. Реакции замещения у насыщенного атома углерода.

8. Реакции элиминирования.

9. Гидрофильность/гидрофобность, липофильность/липофобность. Медицинское значение углеводов и их производных. Токсичность ароматических соединений.

Письменные задания

1. **Субстрат** — это ...

Реагент — это ...

Электрофил — это ...

Нуклеофил — это ...

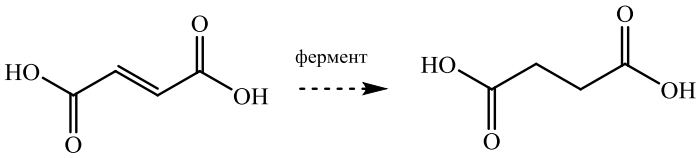
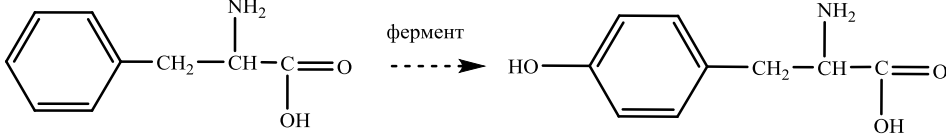
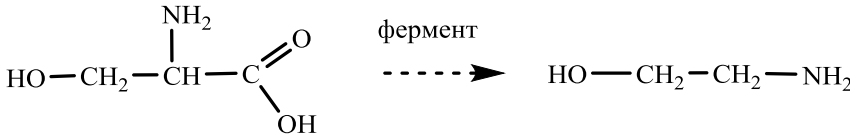
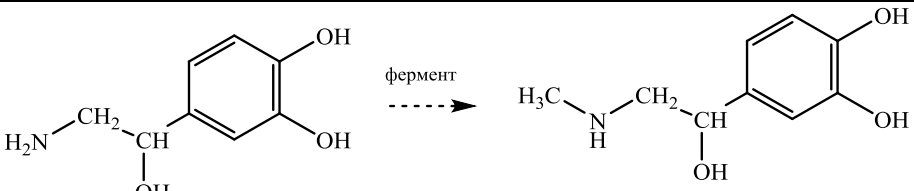
Радикал — это ...

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 монохлорирования метана. Объясните механизм.

4. Проанализируйте исходные вещества и продукты; классифицируйте реакции (присоединение, замещение, отщепление; гидроксирование, гидрирование, дегидрирование, декарбоксилирование, карбоксилирование, гидратация, дегидратация, алкилирование).

5. Напишите схемы реакций присоединения и укажите механизм для реакций под пунктами а-б:

а) бромирование бут-2-ена

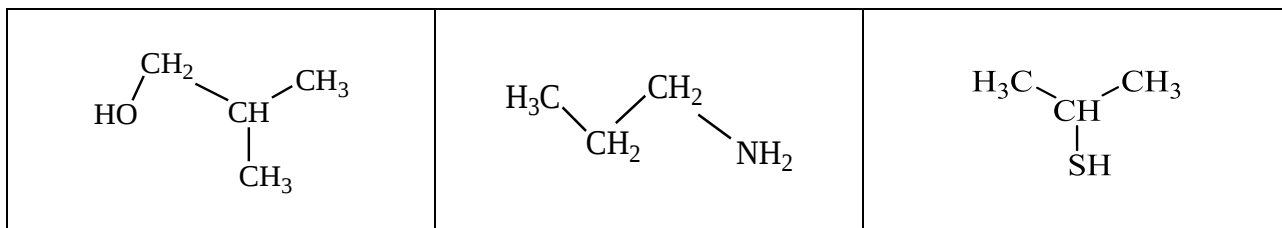
б) гидрохлорирование бут-1-ена

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

г) гидробромирования пропеновой кислоты

6. Запишите формулы бензола и толуола. Объясните, почему более высокая реакционная способность толуола обеспечивает более низкую токсичность этого соединения. Напишите схему реакции окисления толуола до бензойной кислоты.

7. Укажите реакционные центры в молекулах следующих соединений



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

а) 1-хлорпропана и водного раствора NaOH

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

в) пропан-1-ола и HBr

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

д) дегидратации бутан-2-ола при взаимодействии с H₂SO₄конц. (изб.)

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

ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

1. Нуклеофильными реагентами являются:

- 1) H^- ; 2) NOH ; 3) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$; 4) H^+ ; 5) CH_3NH_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° , давления, облучения.

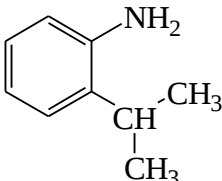
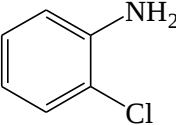
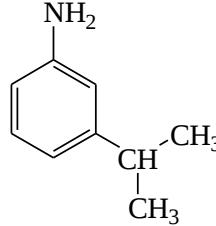
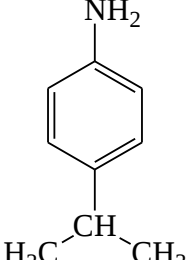
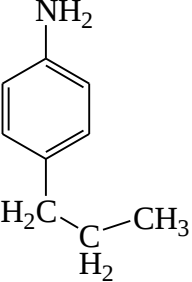
3. Укажите соединения, для которых возможно электрофильное присоединение:

- 1) циклогексен;
- 2) бут-2-еновая кислота;
- 3) этан;
- 4) 3-метил-1-хлорбутан.

4. При взаимодействии 2-метилпент-1-ена с HCl преимущественно образуется:

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

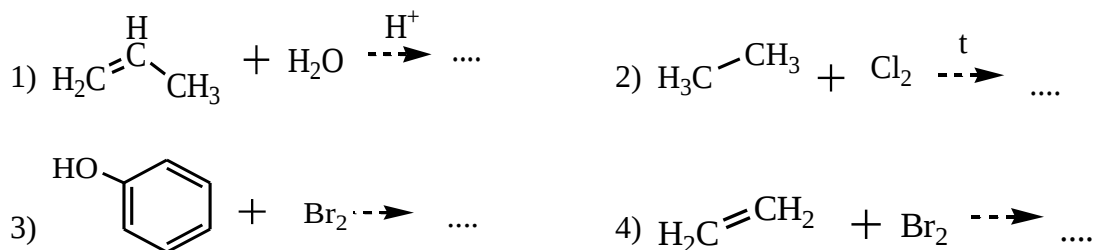
5. При взаимодействии 2-хлорпропана с анилином в присутствии катализатора преимущественно образуются:

- 1)  2)  3) 
- 4)  5) 

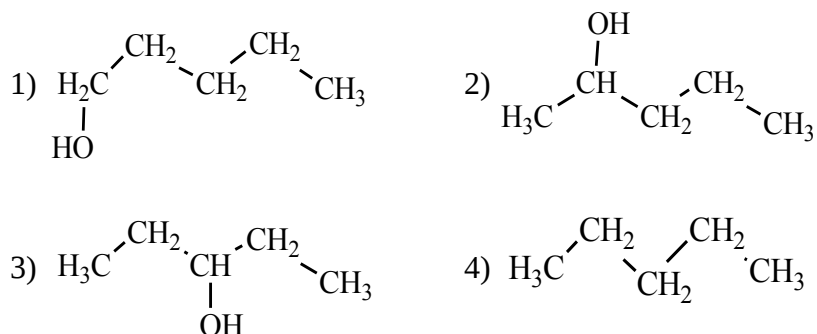
6. Реакция гидратации — это:

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

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



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



9. Выберите реакции, протекающие по правилу Марковникова:

- 1) гидратация этена;
- 2) гидратация пропеновой кислоты;
- 3) гидратация пропена;
- 4) гидробромирование бут-2-ена;
- 5) гидробромирование бут-1-ена.

10. Наибольшую реакционную способность в реакции S_{E} проявляет:

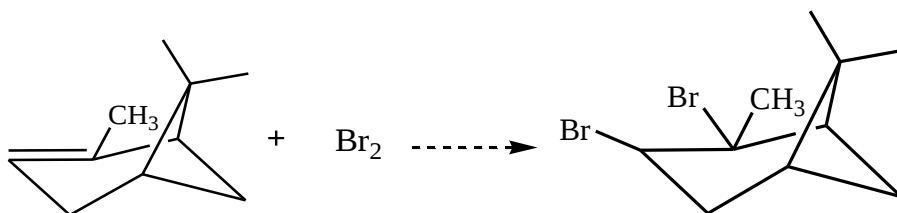
- 1) бензол; 2) толуол; 3) бензойная кислота; 4) пиридин.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

1. Доказательство непредельности терпенов.

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

Наблюдаемые изменения: _____

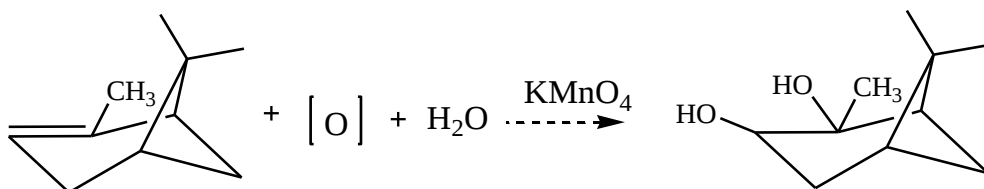


Вывод: _____

2. Легкая окисляемость терпенов.

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

Наблюдаемые изменения: _____

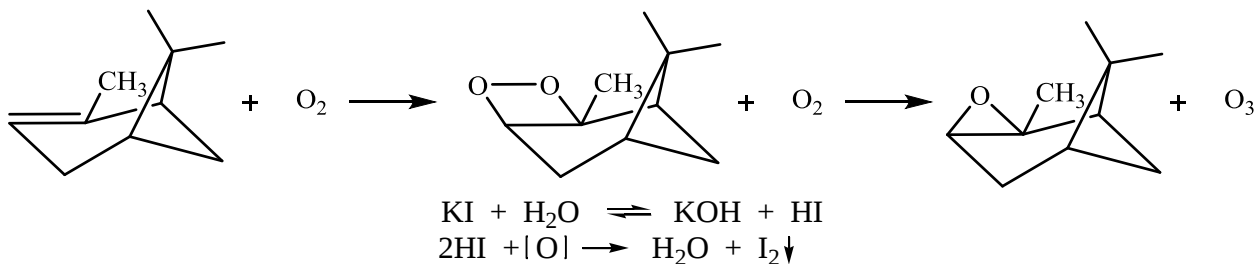


Вывод: _____

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 α -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: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 5 РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (ЧАСТЬ 2)

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

Литература

[1–3] С. 68–74, 85–94, [4] С. 113–135, 166–192.

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. Реакции окисления спиртов, тиолов, фенолов.
6. Окисление соединений, содержащих гидроксильную группу, с участием кофермента НАД⁺ *in vivo*.
7. Соединения, содержащие тиольную группу, фенольный гидроксил, как антиоксиданты.

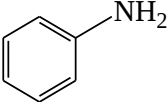
Письменные задания

1. **Кислоты Бренстеда** — это ...
2. **Основания Бренстеда** — это ...
3. **Кислоты Льюиса** — это ...
4. **Основания Льюиса** — это ...

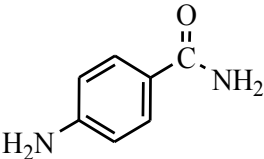
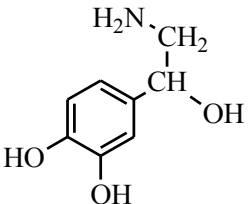
5. Составьте формулы сопряженных оснований для следующих кислот:

CH_3COOH	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{H}}{\underset{+}{\text{O}}}-\text{H}$	H_2O	$\text{C}_2\text{H}_5-\overset{+}{\text{N}}\text{H}_3$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$

6. Составьте формулы сопряженных кислот для следующих оснований:

$\text{CH}_3\text{-NH}_2$	H_2O	OH^-	CH_3COO^-		$\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\parallel}}\text{C}-\text{NH}_2$
---------------------------	----------------------	---------------	---------------------------	--	---

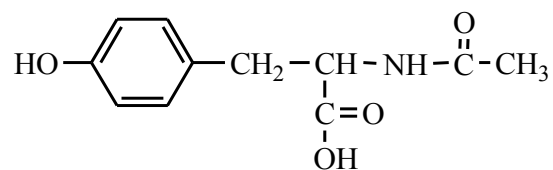
7. Укажите кислотные и основные центры в молекулах амфотерных соединений:

$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$			$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{OH}$ CH_2 CH_2 S CH_3
---	---	--	---

8. Сравните кислотность соединений в парах:

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

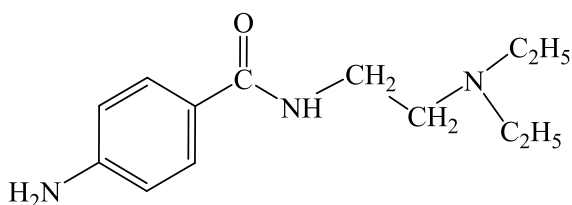
9. Укажите в молекуле N-ацетилтирозина кислотные центры и расположите их в порядке уменьшения кислотности.



10. Сравните основность соединений в группах:

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

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



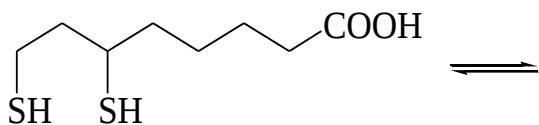
12. Напишите схемы реакций окисления этанола *in vitro* и *in vivo*.

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

а) метантиол

б) 2-амино-3-меркаптопропановая кислота

14. 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;
- 2) уксусная, малоновая, щавелевая;
- 3) щавелевая, малоновая, уксусная;
- 4) малоновая, уксусная, щавелевая.

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

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

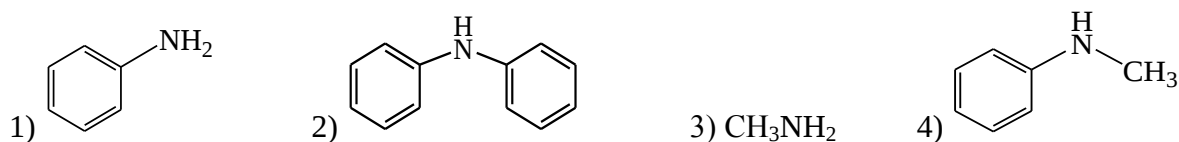
3. Выберите верные утверждения относительно факторов, оказывающих влияние на кислотность (при наличии одинаковых кислотных центров у сравниваемых кислот):

- 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;
- 2) пропан-2-ол;
- 3) 2,3-димеркаптопропан-1-ол;
- 4) диэтилдисульфид.

5. Укажите ряд уменьшения основности аминов:



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

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

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

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

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

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

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

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

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

- | | |
|---|----------|
| А) этилхлорид + NaOH (водный раствор) | 1) S_R |
| Б) пропен + HCl | 2) A_E |
| В) этан + Cl_2 (на свету) | 3) S_N |
| Г) <i>трет</i> -бутиловый спирт + HBr (конц.) | |

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

1. Окисление этилового спирта.

В пробирку поместите 3 капли этанола*, добавьте 2 капли раствора серной кислоты (23) и 3 капли раствора дихромата калия (24). Полученный оранжевый раствор нагрейте над пламенем спиртовки до начала изменения окраски. Через несколько секунд раствор становится синевато-зеленым [цвет солей хрома (III)]. Одновременно ощущается характерный запах уксусного альдегида, напоминающий запах антоновских яблок. Внесите 1 каплю полученного раствора в другую пробирку с 3 каплями фуксинсернистой кислоты*. Появляется розово-фиолетовое окрашивание (цветная реакция на альдегиды).

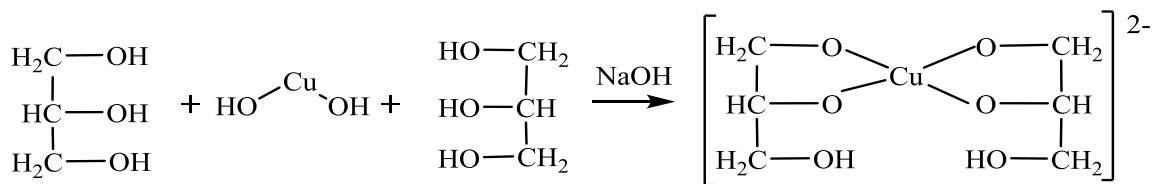
Напишите схему реакции окисления этанола в ацетальдегид:

Вывод: _____

2. Качественная реакция на многоатомные спирты.

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

Наблюдаемые изменения: _____



Вывод: _____

3. Получение фенолята натрия и его разложение.

К 10 каплям эмульсии фенола* с водой добавляют по каплям раствор NaOH (21) до получения прозрачного раствора; образуется растворимый фенолят натрия. Затем добавляют по каплям разбавленную H₂SO₄ (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 FeCl₃ (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: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 6
РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
(ЧАСТЬ 3)

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

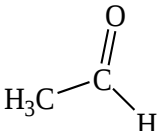
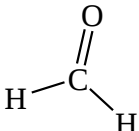
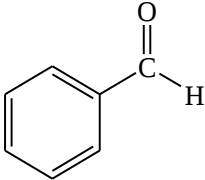
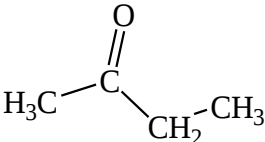
[1–3] С. 95–106, [4] С. 193–228.

Вопросы для подготовки к занятию:

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

Письменные задания

1. Укажите реакционные центры в молекулах карбонильных соединений:

2. Напишите уравнение реакции взаимодействия метанала с избытком этанола. Опишите механизм.

3. Опишите механизм реакции внутримолекулярной ацетализации 5-гидрокси-гексаналя.

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 этанала *in vivo*.

7. Опишите механизм реакции альдольного присоединения для пропаналя.

8. Напишите схему реакции ретроальдольного расщепления 2-амино-3-гидроксипропановой кислоты (протеиногенной аминокислоты серин) с образованием 2-аминоэтановой кислоты и формальдегида.

Укажите биологическое значение данной реакции.

9. Опишите механизм реакции диспропорционирования водного раствора формальдегида.

10. Формалин — это ...

Формалин используется как дезинфектант и консервант анатомических препаратов, так как он способен вызывать денатурацию белка. Приведите схему реакции, объясняющей денатурирующее действие формалина (белок представьте упрощенной формулой $R - NH_2$).

ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

1. В молекуле 2,2-диметилпропаналь имеются реакционные центры:

- 1) кислотный центр у α -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:

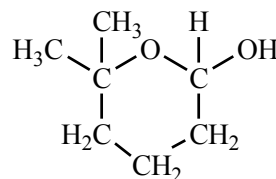
- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| А) 2-метилпропаналь; | 1) 2-гидроксипропановая кислота; |
| Б) 2-оксопропановая кислота; | 2) 2-метилпропан-1-ол; |
| В) 2-оксобутандиовая кислота; | 3) пропан-1-ол; |
| Г) пропаналь. | 4) 2-гидроксипропановая кислота. |

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

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

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

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



5. Замещенный имин образуется в результате взаимодействия:

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

6. В реакцию альдольной конденсации способны вступать соединения:

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

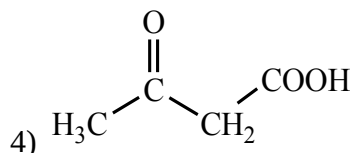
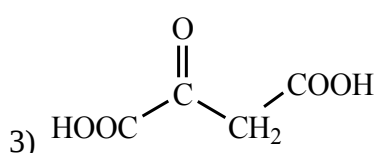
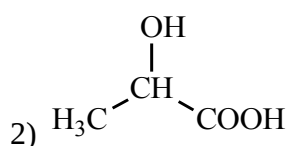
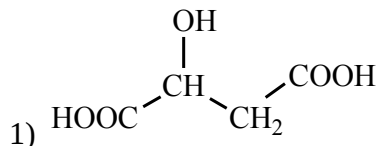
7. Качественно определить наличие альдегидной группы в соединении можно при помощи:

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

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

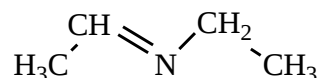
- 1) пропанон; 2) бутанон-2; 3) этаналь; 4) метаналь.

9. Выберите продукт восстановления 2-оксoproпановой кислоты:



10. Взаимодействие каких веществ приводит к образованию следующего продукта:

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

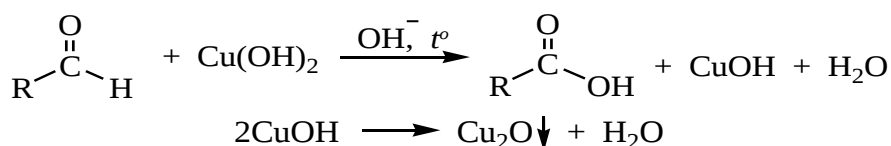
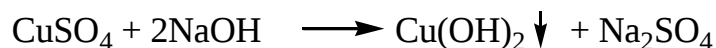


ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

1. Окисление формальдегида гидроксидом меди (II).

В пробирку поместите 5 капель раствора гидроксида натрия (21) и 1 каплю раствора 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.

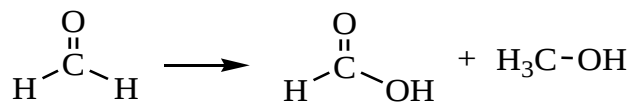
Наблюдаемые изменения: _____

Вывод: _____

3. Реакция диспропорционирования водных растворов формальдегида.

Приготовьте 3 пробирки. В первую поместите 3 капли дистиллированной воды, во вторую — 3 капли раствора NaOH (21), в третью — 3 капли раствора HCl (9). В каждую пробирку добавьте по 1 капле раствора индикатора метилового красного. Отметьте появление разной окраски в каждой из пробирок. Затем в чистую пробирку поместите 2–3 капли формалина (32) и добавьте 1 каплю раствора индикатора метилового красного*. Сравните окраску раствора формалина с окраской растворов в исходных трех пробирках.

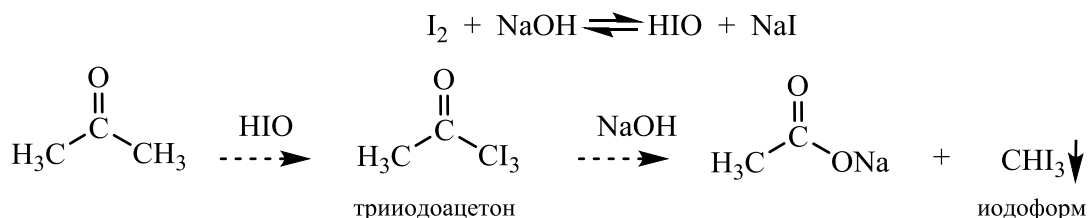
Наблюдаемые изменения: _____



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: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 7
РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
(ЧАСТЬ 4)

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

Литература

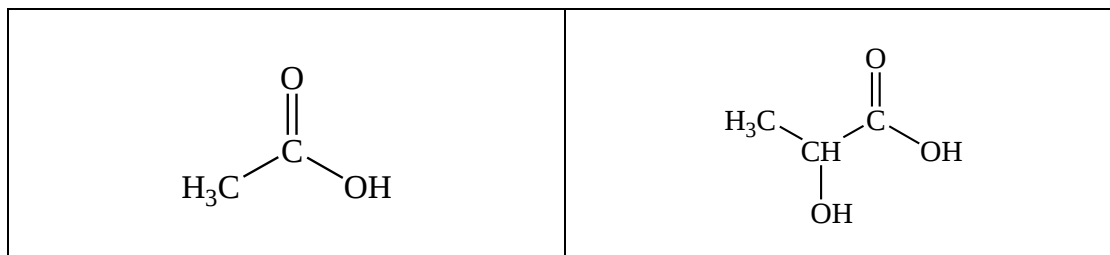
[1–3] С. 107–118, [4] С. 194–214.

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 Ca(OH)_2 .

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

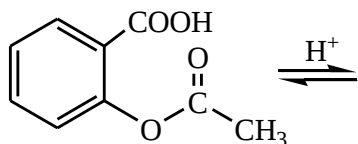
4. Напишите уравнение реакции внутримолекулярной дегидратации пентандиовой кислоты.

5. Напишите формулы функциональных производных карбоновых кислот:

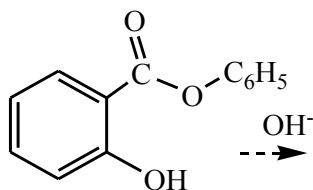
ангидрид уксусной кислоты	хлорангидрид пропионовой кислоты
этиловый эфир уксусной кислоты	ацетат аммония
моноамид щавелевой кислоты	диамид угольной кислоты

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

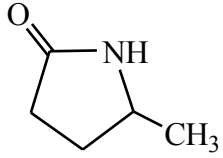
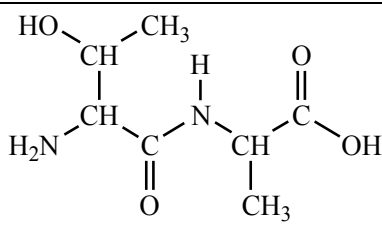
7. Напишите схему гидролиза представленного ниже сложного эфира в кислой среде:



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

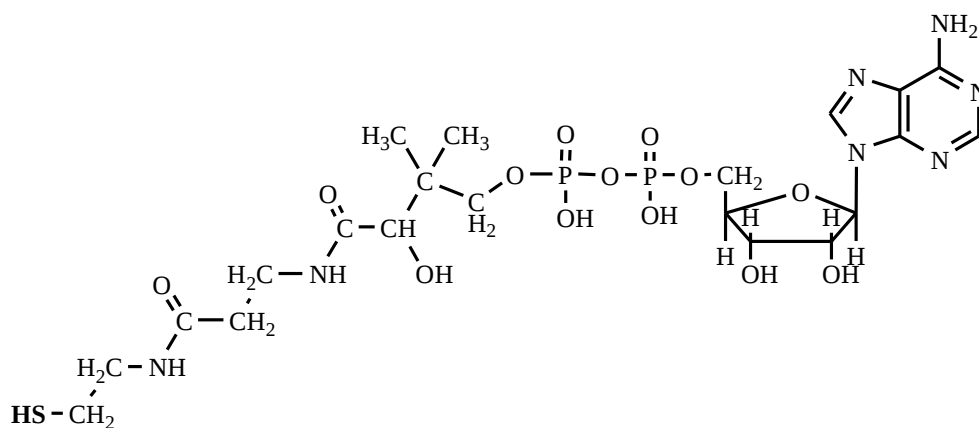


9. Напишите схемы гидролиза амидов, представленных в таблице.

$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{N}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array}$	
		

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.

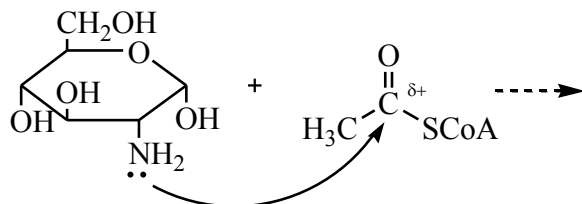


12. Напишите схемы реакций ацилирования:

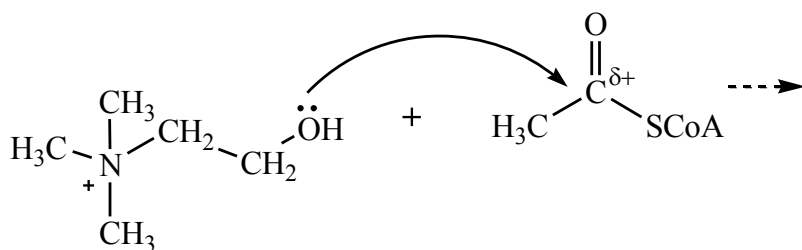
а) пропан-2-ола хлорангидридом уксусной кислоты

б) фенола ангидридом уксусной кислоты

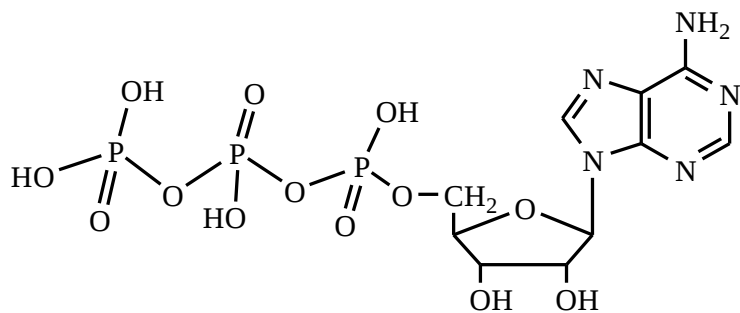
в) аминогруппы в глюкозамине ацетилкоферментом А



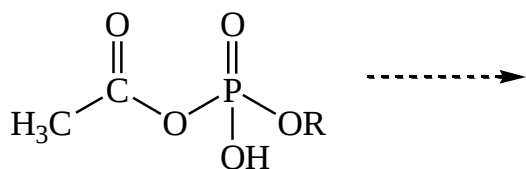
г) холина ацетилкоферментом А



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

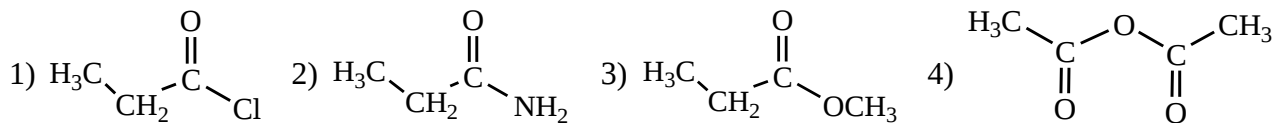


14. Напишите схему гидролиза ангидрида:



ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

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

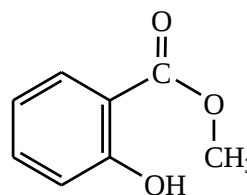


2. Найдите соответствие между соединением и продуктом его декарбоксилирования:

- | | |
|--|-----------------------|
| 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*-гидроксibenзойная кислота;
- 2) *o*-гидроксibenзойная кислота и метановая кислота;
- 3) *p*-гидроксibenзойная кислота и метанол;
- 4) *o*-гидроксibenзойная кислота и фенол.



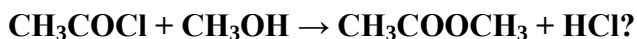
4. Выберите справедливые утверждения:

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

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

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

6. Какой тип реакции соответствует следующей схеме превращения:



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

7. Какие кислоты более сильные, чем уксусная?

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

8. Как можно увеличить реакционную способность карбоновых кислот в реакциях 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.

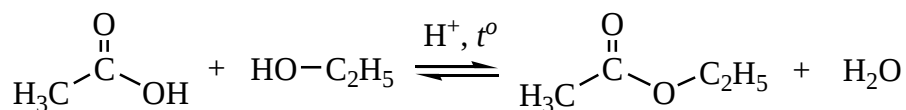
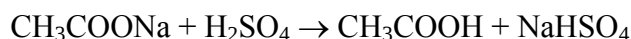
10. При нагревании в кислой среде бутандиовой кислоты образуются:

- 1) H₂O; 2) CO₂; 3) пропановая кислота; 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 H₂SO₄(конц.)* 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: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 8
ПОЛИ- И ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ,
УЧАСТВУЮЩИЕ В ПРОЦЕССАХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЛЕЖАЩИЕ
В ОСНОВЕ ВАЖНЕЙШИХ ГРУПП ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

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

Литература

[1–3] С. 119–135, [4] С. 230–253.

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, α -аминоспиртов, α -аминокислот, а также внутримолекулярная (у γ - и δ -гидроксиальдегидов, γ - и δ -гидрокси- и аминокислот, дикарбоновых кислот с числом атомов углерода 4 или 5) и межмолекулярная (у α -гидрокси- и α -аминокислот) циклизация. Циклические полуацетали, циклические ангидриды, лактоны, лактамы, лактиды, дикетопиперазины. Реакции декарбоксилирования. Реакции элиминирования β -гидрокси- и β -аминокислот. Таутомерия: кето-енольная и лактим-лактаманная.

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⁺. 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, α -кетоглутаровая кислоты. Реакции декарбоксилирования β -кетомасляной кислоты и окислительного декарбоксилирования пировиноградной кислоты. Кето-енольная таутомерия щавелевоуксусной кислоты.

8. β -Гидроксимасляная, β -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
соли — ...	соли — ...	соли — ...
глутаровая	фумаровая	
соли — ...	соли — ...	

3. Напишите формулы представителей аминспиртов:

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

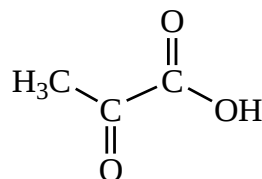
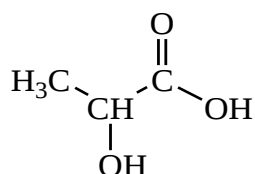
4. Напишите формулы представителей гидроксикислот:

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

5. Напишите формулы представителей оксокислот и названия их солей:

пировиноградная	щавелевоуксусная	α -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:

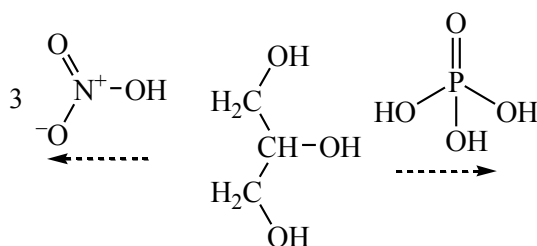
$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OH} \qquad \qquad \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{O} \\ \quad \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{N}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \\ \parallel \\ \text{NH} \end{array}$ креатин
--	---

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

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

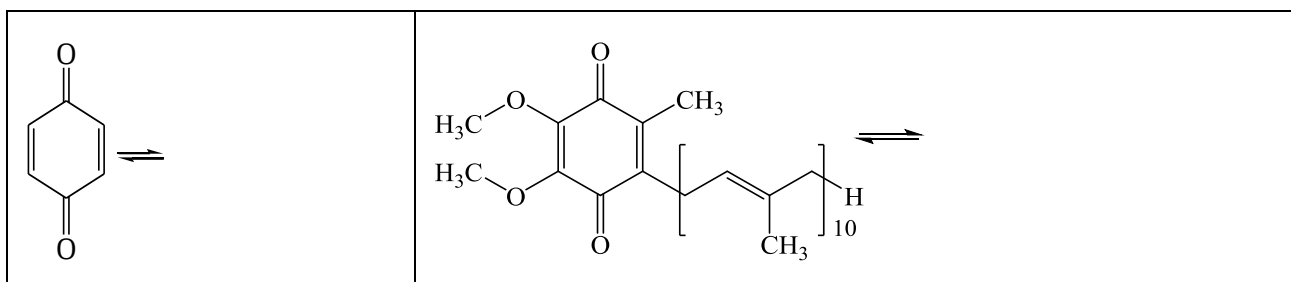
5-гидроксипентановая кислота	лактон
4-аминопентановая кислота	лактам
пентандиовая кислота	циклический ангидрид
5-гидроксигексаль	циклический полуацеталь

9. Напишите продукты реакций образования сложных эфиров глицерина (α -глицерофосфата и тринитрата глицерина).



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

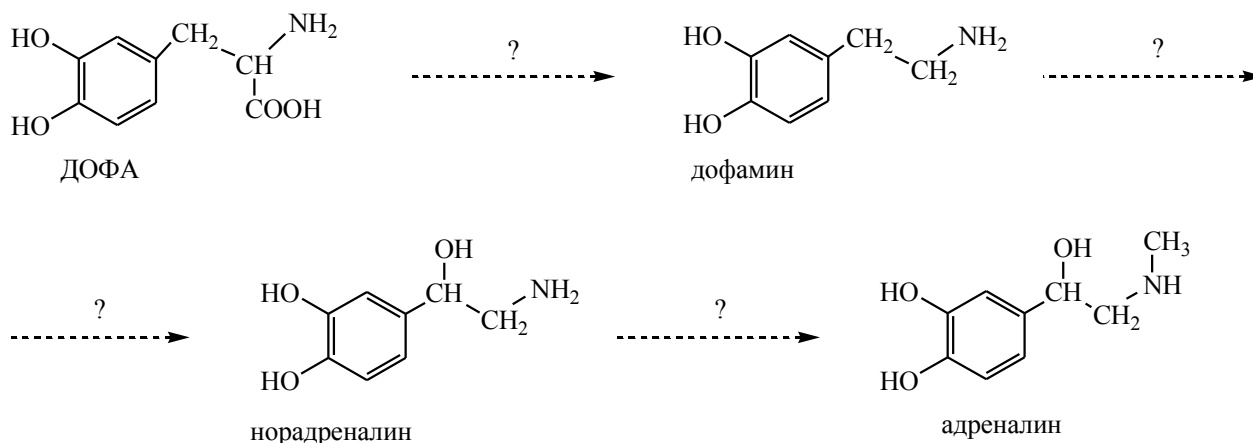
11. Составьте схемы восстановления хинона (*in vitro*) и убихинона, участвующего в процессе переноса электронов в дыхательной цепи.



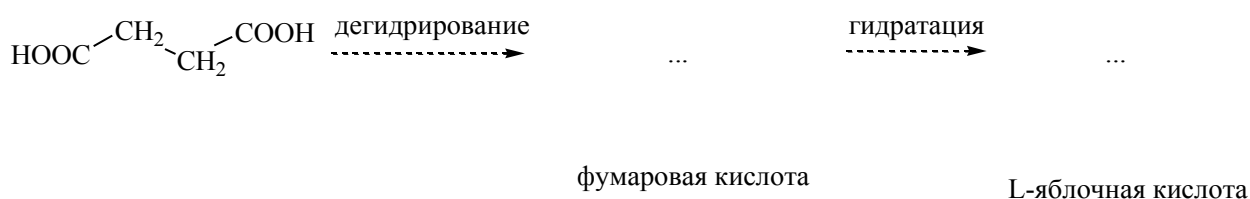
12. Заполните схему реакций, протекающих *in vivo*. Над стрелками напишите названия реакций, происходящих в процессе синтеза аминспиртов холина и ацетилхолина (*алкилирование, ацилирование*).



13. 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, гидроксилирование*). Обозначьте хиральные центры в молекулах.



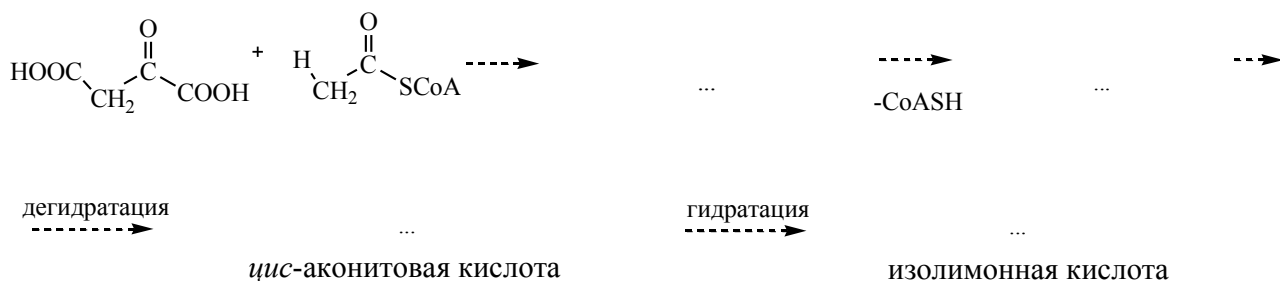
14. Заполните схему реакций, протекающих *in vivo*, яблочную кислоту изобразите по Фишеру:



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

16. Напишите схему реакции восстановления пировиноградной кислоты *in vivo*, продукт реакции изобразите по Фишеру и назовите с учетом D-, L-номенклатуры.

17. Заполните схему реакции образования лимонной кислоты из ЩУК и ацетил-CoA, а также дальнейших превращений цитрата *in vivo*.



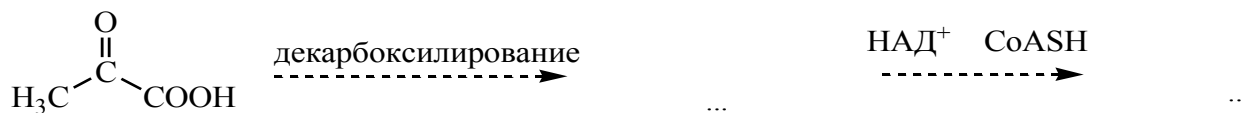
18. **Таутомерия** — это ...

Напишите таутомерные формы щавелевоуксусной кислоты. Укажите вид таутомерии.

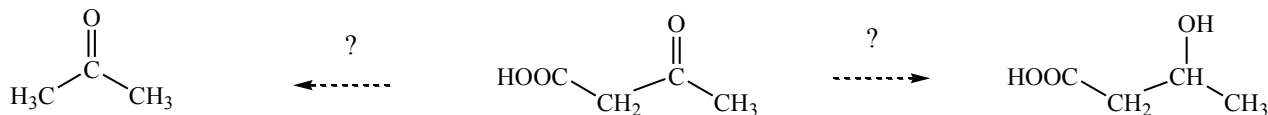
19. Напишите таутомерные формы пировиноградной кислоты. Приведите реакцию гидролиза фосфоенолпирувата.

20. Приведите таутомерные формы продукта внутримолекулярной реакции S_N 5-аминопентановой кислоты, назовите таутомерные формы.

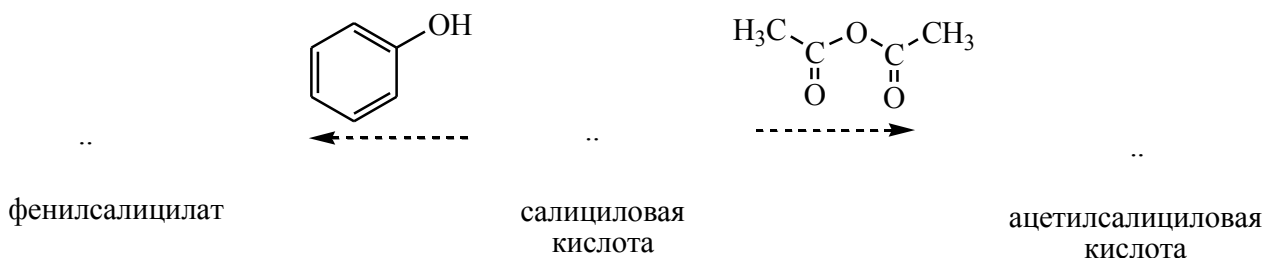
21. Заполните схему, назовите продукты реакций:



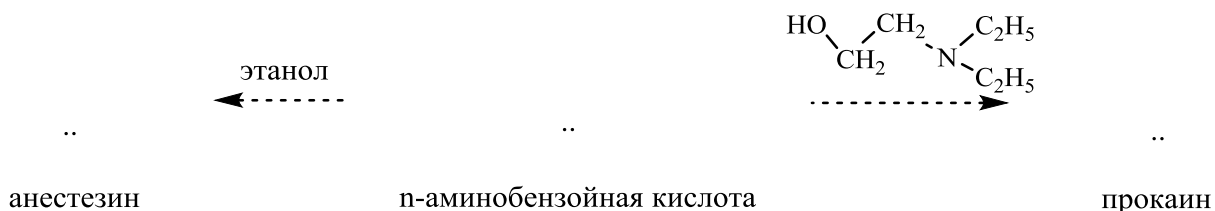
22. Приведите названия реакций, которыми связаны между собой *кетонотельца*. Назовите вещества, относящиеся к *кетонотельцам*.



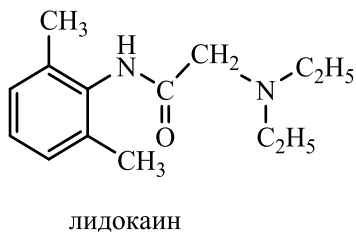
23. Заполните схему реакций получения производных салициловой кислоты. Укажите механизм реакций.



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



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



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



Объясните механизм антибактериального действия, основываясь на строении фолиевой кислоты (см. рисунок). Что такое антиметаболиты?

26. Приведите структурные формулы угольной кислоты и ее производных.

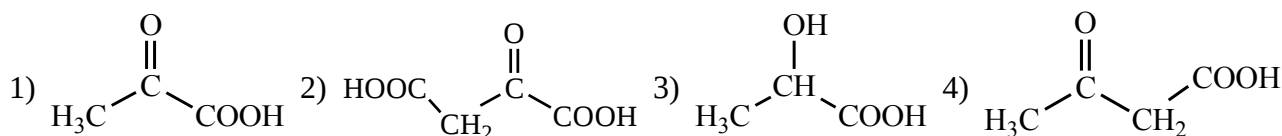
угольная кислота	карбаминовая кислота	мочевина

Выделите в формулах лекарственных средств остаток карбаминовой кислоты или остаток мочевины.

мепротан	бромизовал
ломустин	метформин

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_2 и:

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

5. Укажите справедливые утверждения относительно щавелевоуксусной кислоты:

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

6. Выберите производные угольной кислоты:

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

7. При взаимодействии салициловой кислоты и уксусного ангидрида образуется:

- 1) ацетилсалициловая кислота;
- 2) фенилсалицилат;
- 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-гидроксибутановая;
- 4) 3-аминопентановая.

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

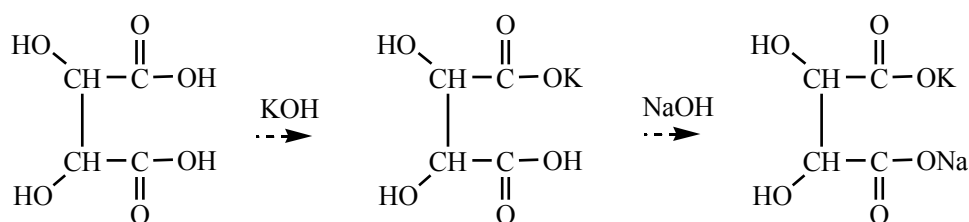
- 1) 4-гидрокси-2-метилбутановая кислота;
- 2) 2-гидроксибутановая кислота;
- 3) 3-гидроксибутановая кислота;
- 4) 5-гидроксипентановая кислота.

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.

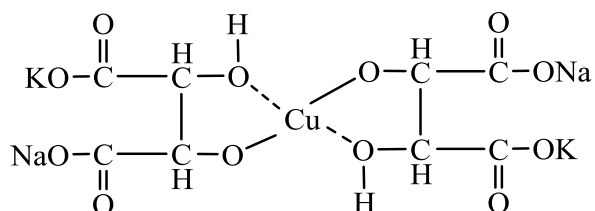
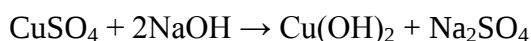
Наблюдаемые изменения: _____



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.

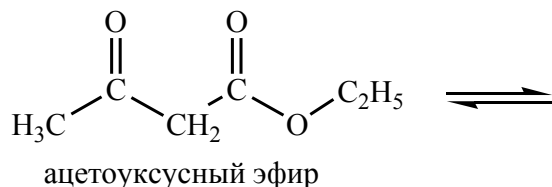


Вывод: _____

3. Обнаружение двух таутомерных форм ацетоуксусного эфира.

Поместите в пробирку 1 каплю ацетоуксусного эфира* и 1 каплю раствора 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: _____

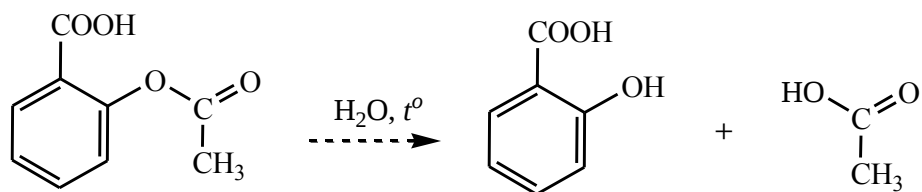
4. Доказательство отсутствия фенольного гидроксила в ацетилсалициловой кислоте и ее гидролиз.

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 FeCl_3 (8), отметьте происходящие изменения. Раствор ацетилсалициловой кислоты в другой пробирке прокипятите в течение полминуты и затем прибавьте 1 каплю FeCl_3 (8). Как меняется цвет раствора?

Как можно объяснить изменения, происходящие в каждой пробирке?

Наблюдаемые изменения: _____

Назовите продукты реакции гидролиза ацетилсалициловой кислоты.



Вывод: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ 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. 136–150, [2] С. 254–283, [3] С. 278–312, [4] 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, пурин. Электронное и пространственное строение пиррольного и пиридинового атомов азота. Аromaticность гетероциклов, π -избыточные и π -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. Aromaticность, 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 В₁. Барбитуровая кислота и ее производные, таутомерия барбитуровой кислоты и ее производных.
12. Гидроксипурины: гипоксантин, ксантин, мочевая кислота, их таутомерные формы. Соли мочевой кислоты.
13. Понятие об алкалоидах.

Письменные задания

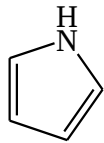
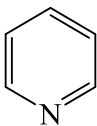
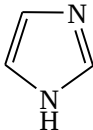
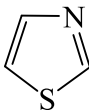
1. Покажите распределение электронов по орбиталям у пиррольного и пиридинового атомов азота.

2. Объясните π -недостаточность пиридина и π -избыточность пиррола (покажите графически распределение электронной плотности в этих молекулах).

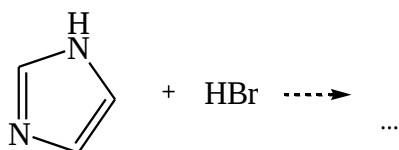
3. Напишите формулы следующих гетероциклов, пронумеруйте атомы:

пиррол	тиофен	фуран	тиазол
пиразол	имидазол	пиридин	пиримидин
хинолин	изохинолин	индол	пурин

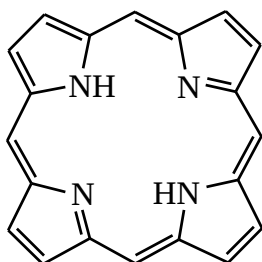
4. Укажите в молекулах основные и кислотные центры.

			
---	---	--	---

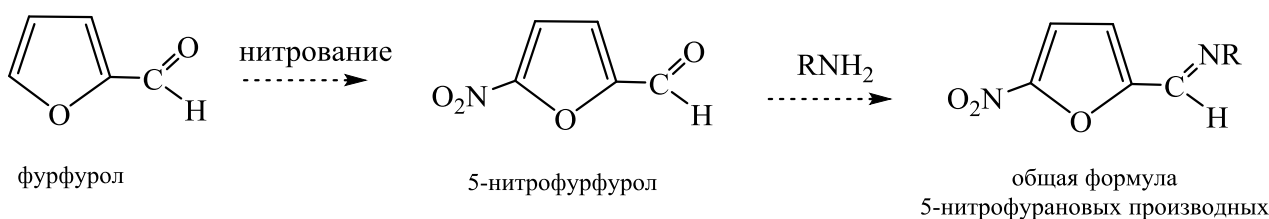
Закончите схему реакции:



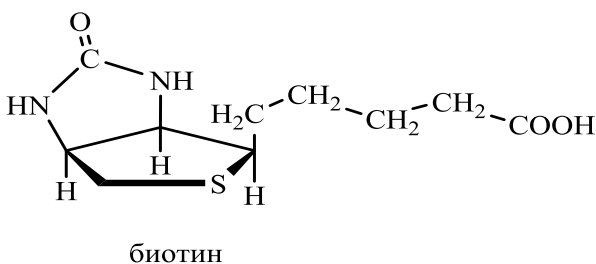
5. Укажите пиррольные и пиридиновые атомы азота в молекуле порфина, лежащего в основе структуры гема и хлорофиллов. Докажите ароматичность порфина.



6. Укажите механизм реакций получения производных 5-нитрофурфура, обладающих бактерицидным действием.

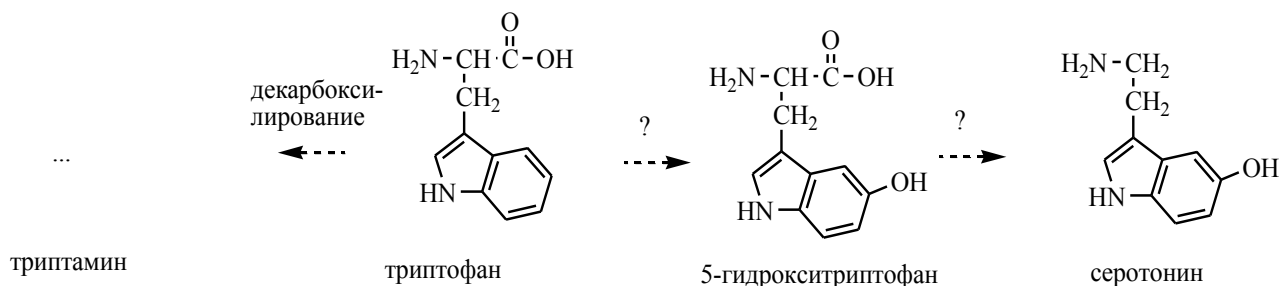


7. Выделите в молекуле биотина — витамина Н — фрагменты тетрагидротиофена, мочевины и валериановой кислоты. Обозначьте хиральные центры (3).

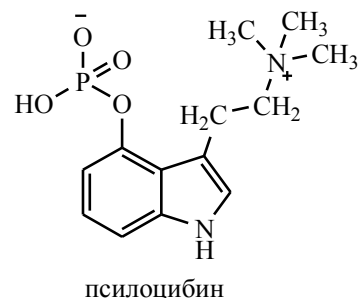
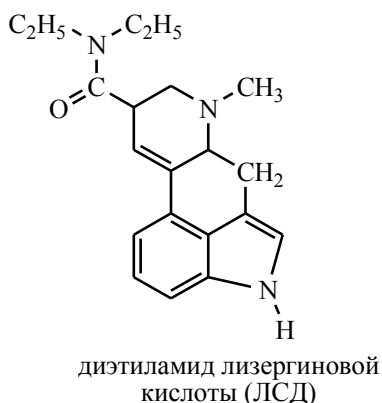
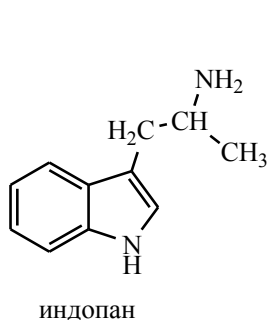


Биотин участвует в реакциях переноса карбоксильных групп *in vivo*.

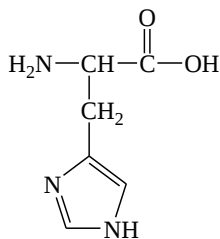
8. Протеиногенная аминокислота триптофан, содержащая ядро индола, может подвергаться в организме человека ряду превращений. Дополните схему реакций недостающими формулами и названиями происходящих реакций (декарбоксилирование, гидроксилирование). Укажите значение образующихся продуктов.



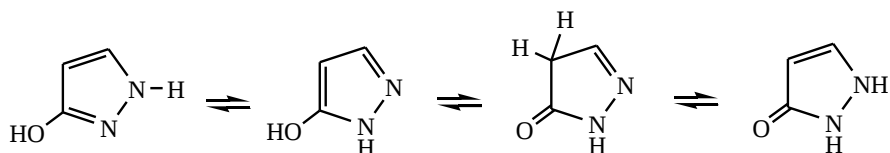
9. Выделите ядро индола в молекулах: лекарственного средства *индопан* с антидепрессивным и психоактивирующим действием; продуктов жизнедеятельности грибов *псилоцибина* и *диэтиламида лизергиновой кислоты*, обладающими психоактивными свойствами.



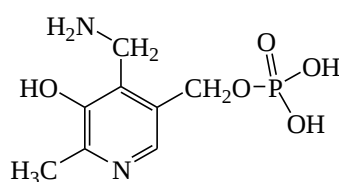
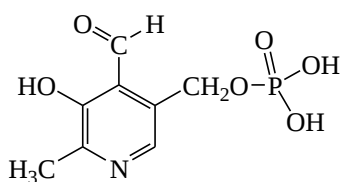
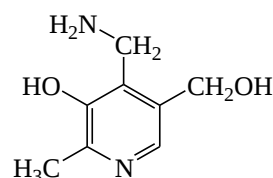
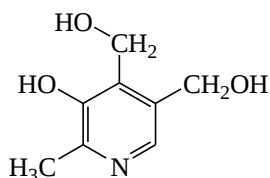
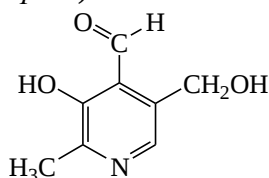
10. Объясните возможность участия ядра имидазола в кислотном и основном катализе *in vivo*. Укажите кислотные и основные центры в молекуле протеиногенной аминокислоты гистидин, напишите ее в ионном виде. Приведите реакцию декарбоксилирования гистидина с образованием гистамина.



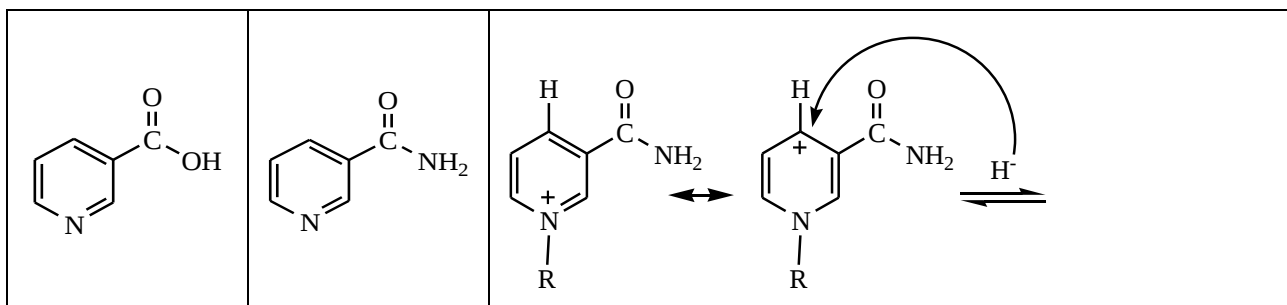
11. Среди производных пиразола важное значение имеет пиразолон-5, на основе которого получают ряд лекарственных средств, обладающих жаропонижающим и обезболивающим действием. Ниже приведены таутомерные формы пиразолон-5. Покажите стрелками направление перемещения протона от одной формы к другой.



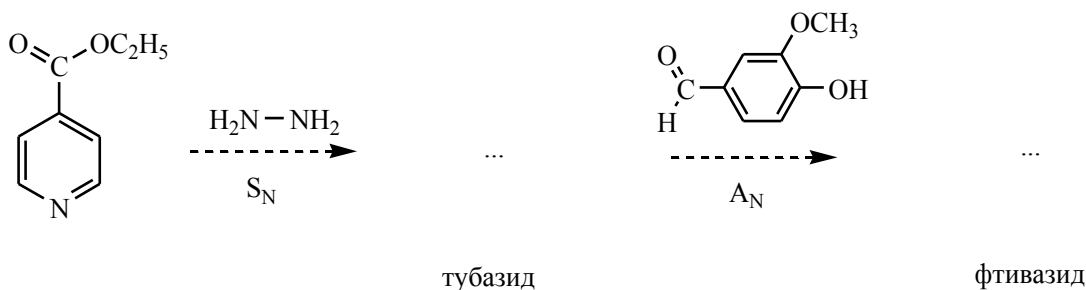
12. В состав витамина В₆ входит ядро пиридина. Подпишите названия различных форм витамина В₆ (*пиридоксаминфосфат*, *пиридоксол*, *пиридоксаль*, *пиридоксамин*, *пиридоксальфосфат*).



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



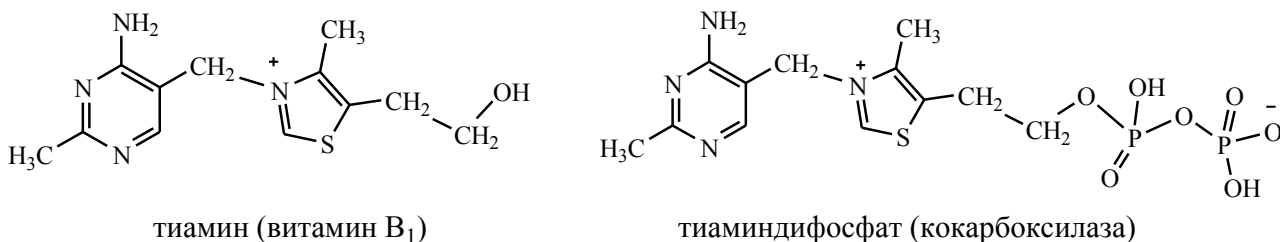
14. Производные изоникотиновой кислоты — тубазид и фтивазид — используются как противотуберкулезные препараты. Напишите формулы этих веществ, используя нижеприведенную схему.



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 В₁ — участвует в реакциях декарбоксилирования α-оксокислот. Выделите и назовите гетероциклы, являющиеся структурными фрагментами тиамина. Укажите механизм реакции образования активной формы витамина В₁ — кокарбоксилазы.

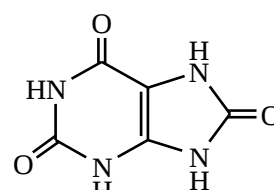
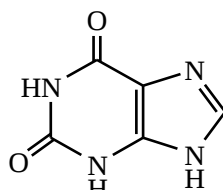
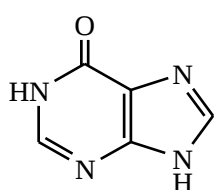


17. Для барбитуровой кислоты (2,4,6-тригидроксиимидин), лежащей в основе лекарственных средств со снотворным и противосудорожным действием, характерны 2 типа таутомерии — ...

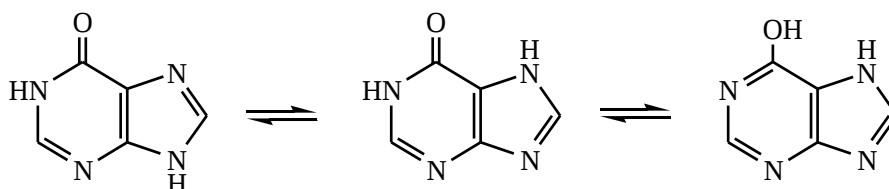
Напишите формулу барбитуровой кислоты в лактимной и енольной форме, покажите стрелками возможные переходы протонов; а также формулы ее производных.

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; укажите их биологическое значение.



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

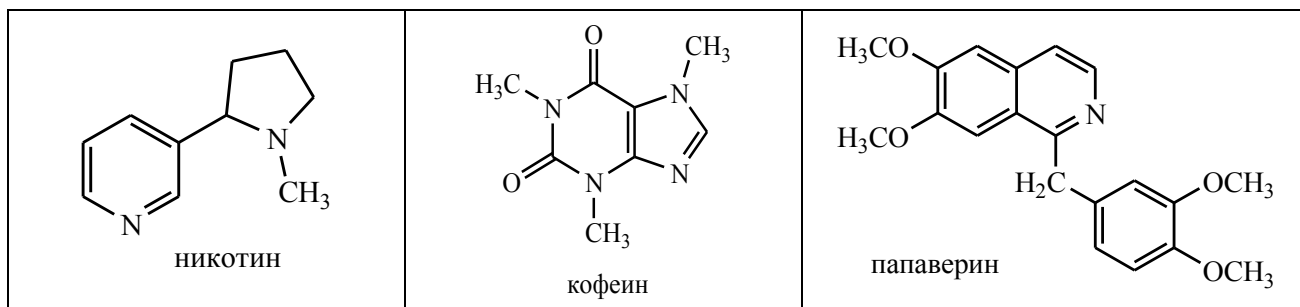


19. **Соли мочевой кислоты** называются ...

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) хинолин; 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 π -недостаточной ароматической системой; 4) атом азота представляет в систему сопряжения 1 электрон; 5) является π -избыточной ароматической системой.

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

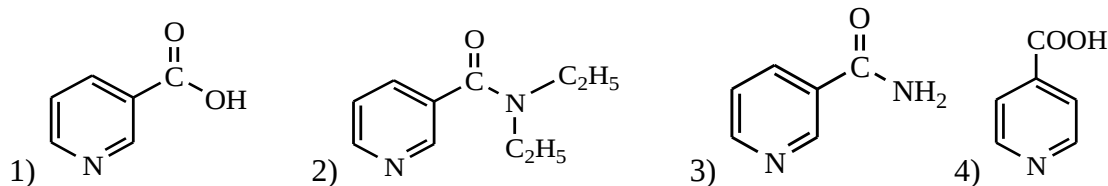
3. Укажите верные утверждения относительно структуры и свойств мочевой кислоты:

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

4. Для барбитуровой кислоты характерны следующие виды таутомерии:

- 1) кето-енольная; 2) аминок-иминная; 3) лактим-лактимная; 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:

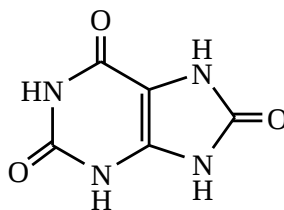
- 1) имидазол; 2) диметиламин; 3) пиррол; 4) метиламин.

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

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

9. Тривиальное название соединения:

- 1) мочева́я кислота;
- 2) мочеви́на;
- 3) гипоксанти́н;
- 4) ксанти́н;
- 5) кофеи́н.



10. Алкалоиды являются производными:

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

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 моче́вой кислоты.

В пробирку поместите небольшое количество (на кончике лопаточки) моче́вой кислоты (7) и добавьте 10 капель воды. Отметьте, что моче́вая кислота не растворяется. Однако при добавлении 1 капли 10 % раствора гидроксида натрия (21) сразу образуется прозрачный раствор динатриевой соли моче́вой кислоты.

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

Наблюдаемые изменения: _____

Вывод: _____

3. Открытие моче́вой кислоты (мурексидная проба).

На фарфоровую ложечку поместите с помощью стеклянной палочки 1 каплю раствора динатриевой соли моче́вой 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 KOH (51). Отметьте появление специфической окраски на месте соприкосновения пятна и раствора KOH .

Наблюдаемые изменения: _____

Вывод: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 10 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

[1–3] С. 179–197, [4] С. 292–320.

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. **Эпимеры** — это ...

3. **Аномеры** — это ...

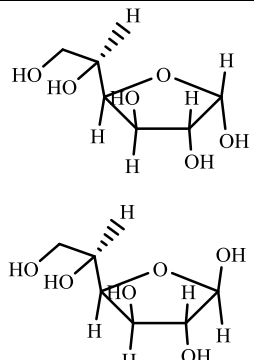
4. **Мутаротация** — это ...

5. Напишите схему таутомерных превращений, происходящих при растворении в воде α -D-глюкопиранозы и назовите все таутомерные формы (циклические формы изобразите по Фишеру и по Хеуорсу).

6. Изобразите α - и β -D-глюкопиранозу в конформации *кресла*.

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

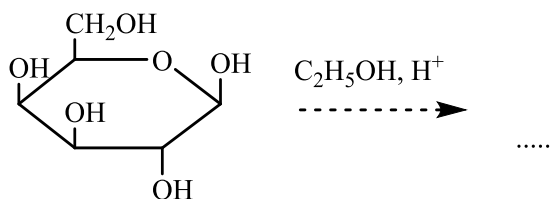
8. Назовите изомеры (эпимеры, аномеры, функциональные изомеры, энантиомеры).

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

9. Напишите по Хеуорсу формулы β -D-рибофуранозы и β -D-дезоксирибофуранозы, укажите их биологическое значение.

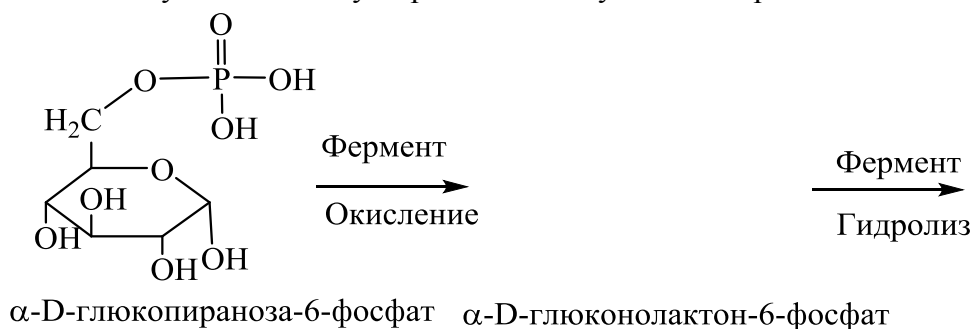
10. **Гликозиды** — это ...

Закончите схему реакции, назовите субстрат и продукты реакции.



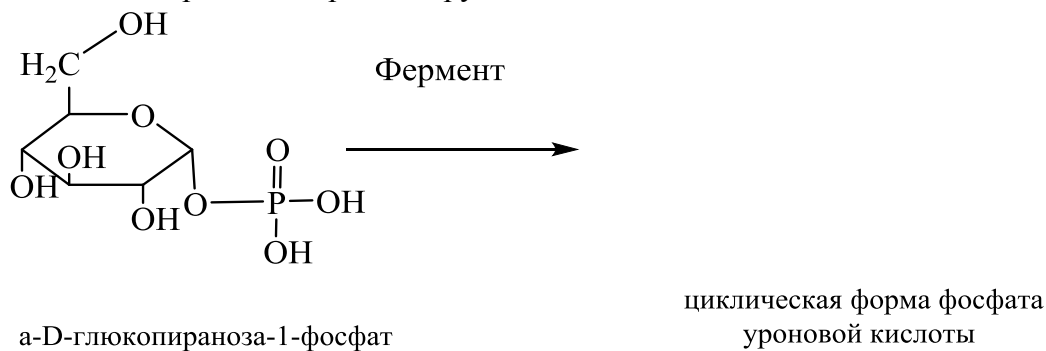
11. Напишите формулы продуктов реакций и назовите их.

а) Окисление полуацетального углерода с последующим гидролизом:



Данные реакции являются началом пентозофосфатного метаболического пути, в котором образуется рибоза и другие биологически важные вещества.

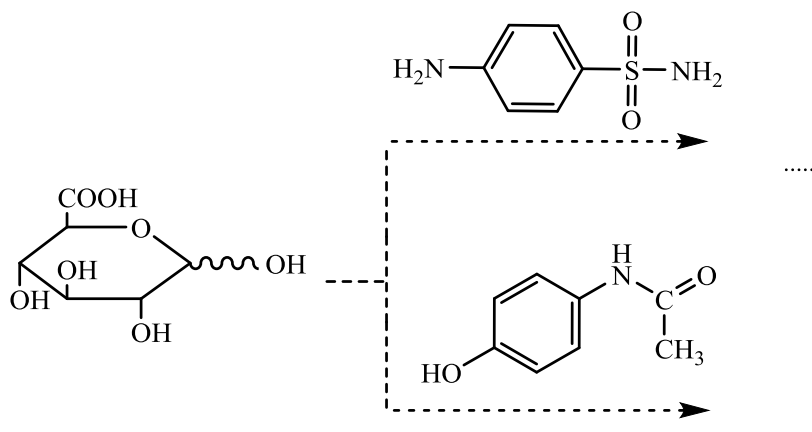
б) Окисление первичноспиртовой группы:



Данная реакция является началом глюкуронового метаболического пути.

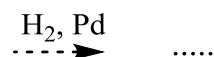
в) Окисление первичноспиртовой и альдегидной групп D-глюкозы в открытой форме моносахарида.

12. Образование глюкуронидов — путь повышения растворимости лекарственных веществ или их метаболитов для выведения из организма. Закончите схемы реакций образования N- и O-глюкуронидов сульфаниламида и парацетамола.



13. При восстановлении моносахаридов образуются _____

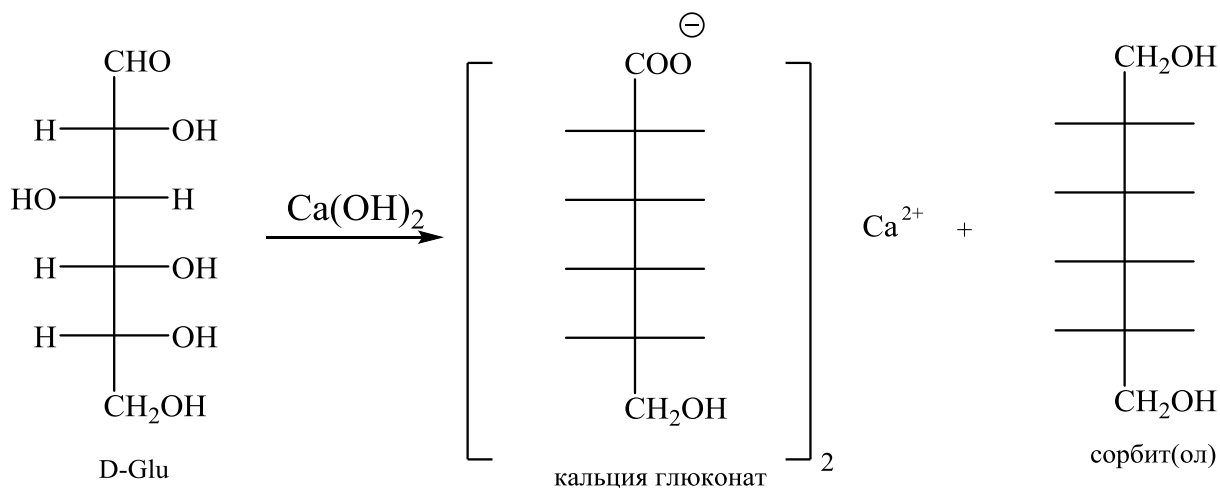
Напишите формулы продуктов восстановления моносахаридов и назовите их; укажите применение в медицине.



D-манноза

D-глюкоза

14. Дополните схему (дорисуйте недостающие гидроксильные группы и водороды в проекциях Фишера) промышленного синтеза кальция глюконата и сорбитола, которые используются в медицине. Синтез основан на реакции диспропорционирования, которую Вы записывали в теме 6 (стр. 35).



15. Выберите из ряда соединений 2-дезоксиз-2-амино- α -D-глюкопиранозу, 2-дезоксиз-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.

16. 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.

		N-ацетилнейраминовая кислота
--	--	------------------------------

Сиаловые кислоты — это ...

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;
2) является альдозой;
3) является пентозой;
4) является кетозой.

3. При каком типе брожения глюкозы выделяется водород?

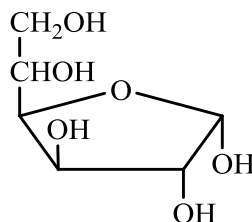
- 1) молочнокислое; 2) спиртовое; 3) маслянокислое; 4) лимоннокислое.

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 приведена на рисунке:

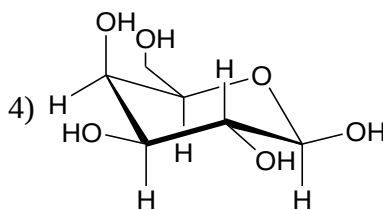
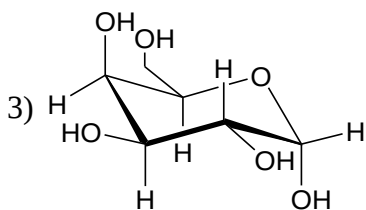
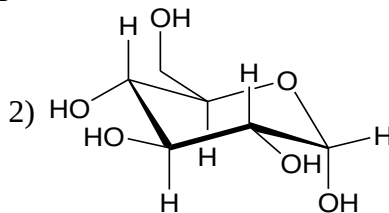
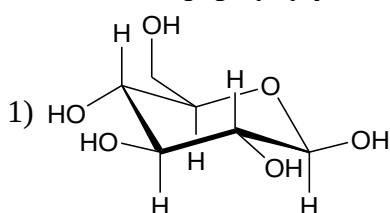
- 1) α -D-галактопираноза;
2) α -D-глюкофураноза;
3) α -D-фруктофураноза;
4) β -D-глюкопираноза.



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

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

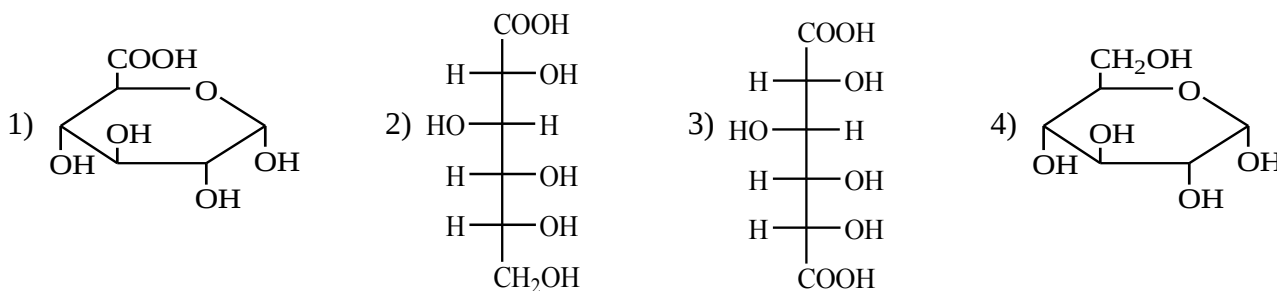
7. Укажите формулу β -D-галактопиранозы:



8. При взаимодействии α -D-глюкопиранозы с метанолом в присутствии хлороводорода образуются:

- 1) 2,3,4,6-тетраметил-D-пираноза;
2) 2,3,4,6-тетраметил-O-метил-D-глюкопиранозид;
3) метил- α -D-глюкопиранозид;
4) метил- β -D-глюкопиранозид.

9. Укажите глюкуроновую кислоту:



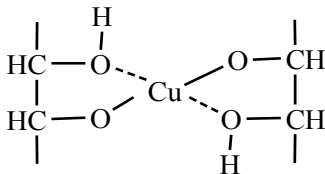
10. Выберите верные утверждения относительно превращения ациклической формы моносахарида в циклическую:

- 1) циклическая форма моносахарида является ацеталем;
- 2) карбонильный атом углерода переходит из sp^2 -гибридного в sp^3 -гибридное состояние и становится асимметрическим;
- 3) образование циклической формы из ациклической происходит по механизму S_N ;
- 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?

Запишите схему протекающей реакции.

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: _____

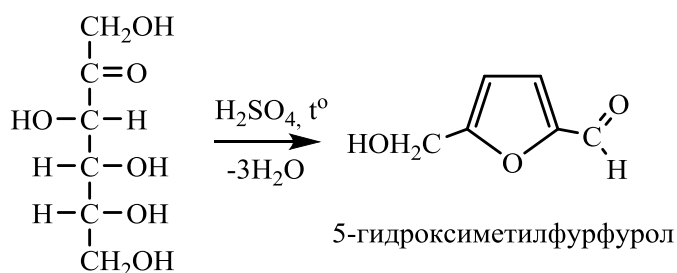
Наличие какой функциональной группы можно обнаружить данной реакцией?

Почему раствор глюкозы не реагирует с фуксинсернистой кислотой?

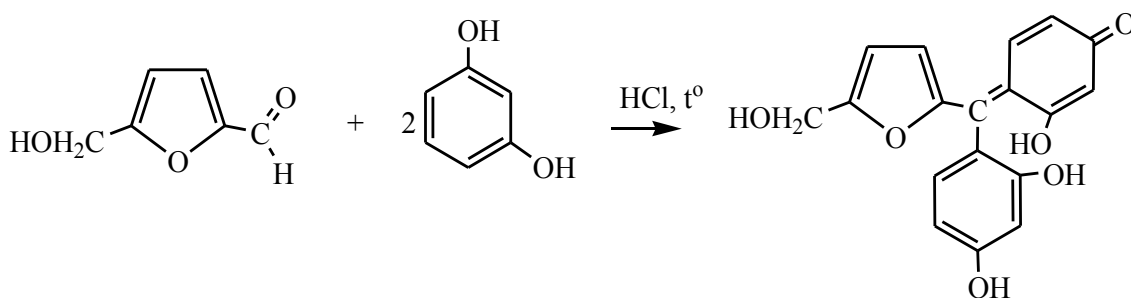
Вывод: _____

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: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 11 УГЛЕВОДЫ. 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

[1–3] С. 198–213, [4] С. 320–341.

Вопросы для подготовки к занятию:

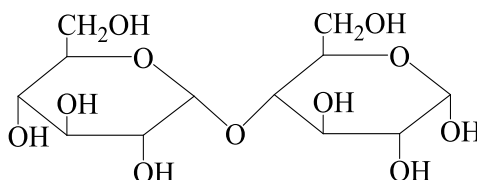
1. Классификация полисахаридов, их биологическая роль.
2. Дисахариды: мальтоза, лактоза, лактулоза, сахароза, целлобиоза. Строение, характер гликозидной связи, цикло-оксо-таутомерия, свойства, биологическое значение.
3. Крахмал. Строение, свойства. Биологическая значимость крахмала. Гликоген.
4. Целлюлоза,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

Письменные задания

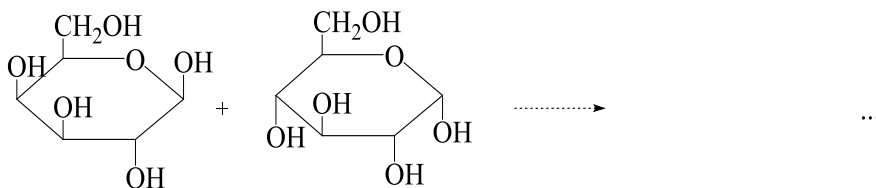
1. Отнесите полисахарид к определенной группе в соответствии с классификацией (олигосахарид восстанавливающий, олигосахарид невосстанавливающий, гомополисахарид, гетерополисахарид).

сахароза	целлюлоза	амилопектин	амилоза	лактоза	мальтоза
декстран	гепарин	лактuloза	хондроитин- сульфат	гиалуроно- ваякислота	агар-агар
пектины	инулин	гликоген	целлобиоза	фукозиллак- тоза	альгиновые кислоты

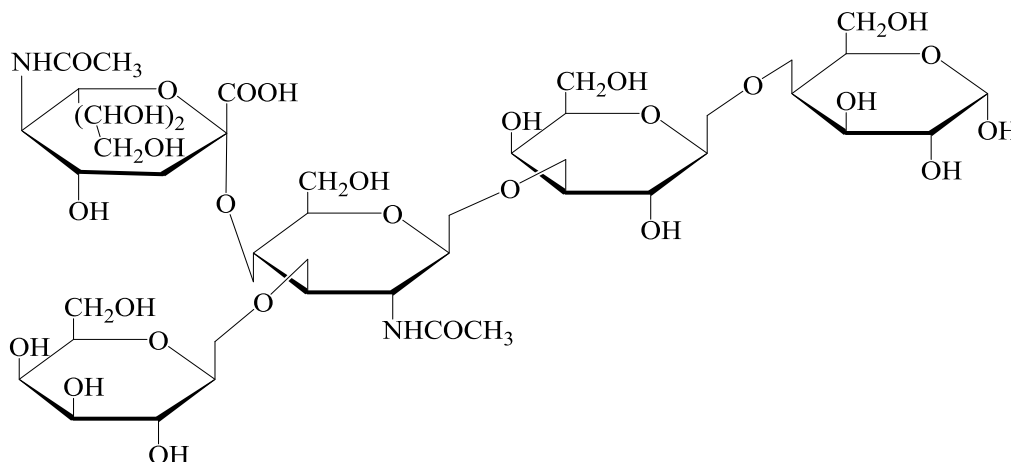
2. Укажите моносахариды, остатками которых образован дисахарид, тип гликозидной связи между ними, восстанавливающее звено, невосстанавливающее звено, полуацетальный гидроксил. Назовите дисахарид.



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

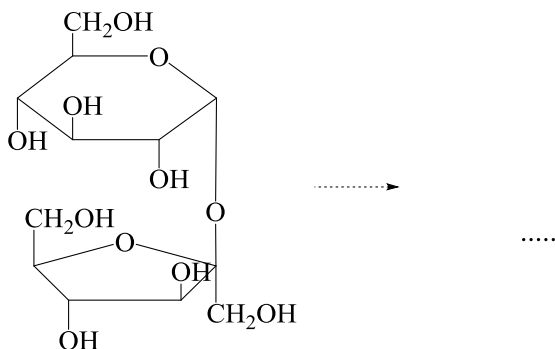


4. Охарактеризуйте изображенную ниже структурную формулу вещества, выделенного из молока: укажите принадлежность его к определенной группе углеводов в соответствии с классификацией, назовите структурные фрагменты, типы гликозидных связей.



5. Напишите формулу дисахарида β -D-галактопиранозил-(1-4)- α -D-фруктофуранозы (β -D- Galp-(1-4)- α -D-Fruf). Укажите его тривиальное название и применение в медицине.

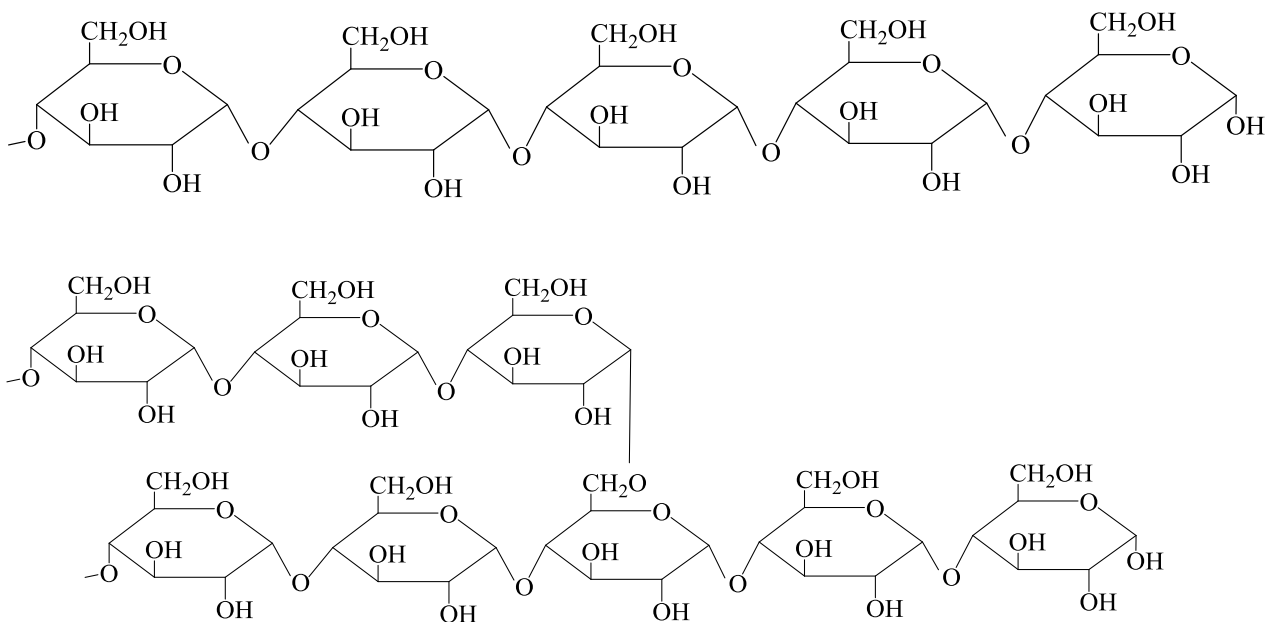
6. Закончите реакцию гидролиза дисахарида сахарозы. Укажите значение сахарозы для человека.



7. Гомополисахариды —

Крахмал состоит из следующих фракций:

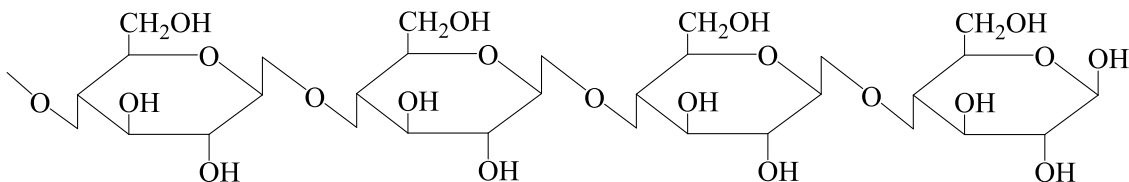
Охарактеризуйте представленные ниже фрагменты полисахаридов: назовите их, укажите мономер, тип гликозидной связи между моносахаридными остатками.



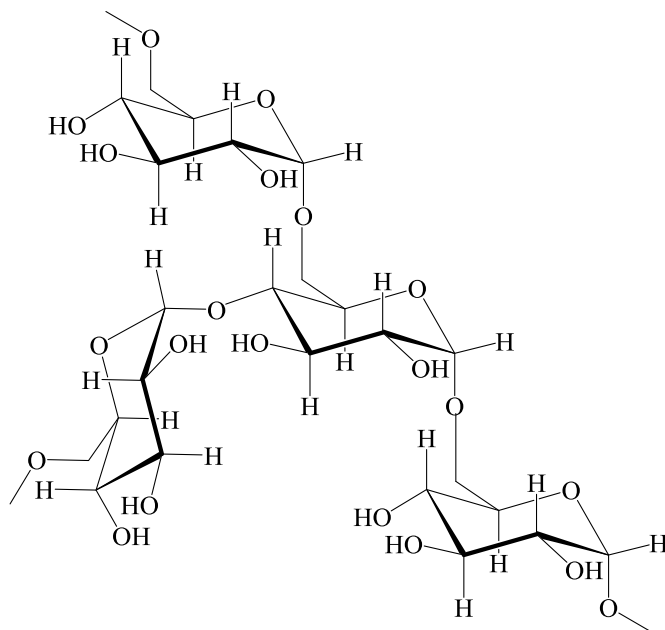
Продуктом полного гидролиза крахмала является ...

8. Охарактеризуйте строение гликогена (мономер, типы гликозидных связей, частота появления разветвлений). Укажите его происхождение и биологическое значение.

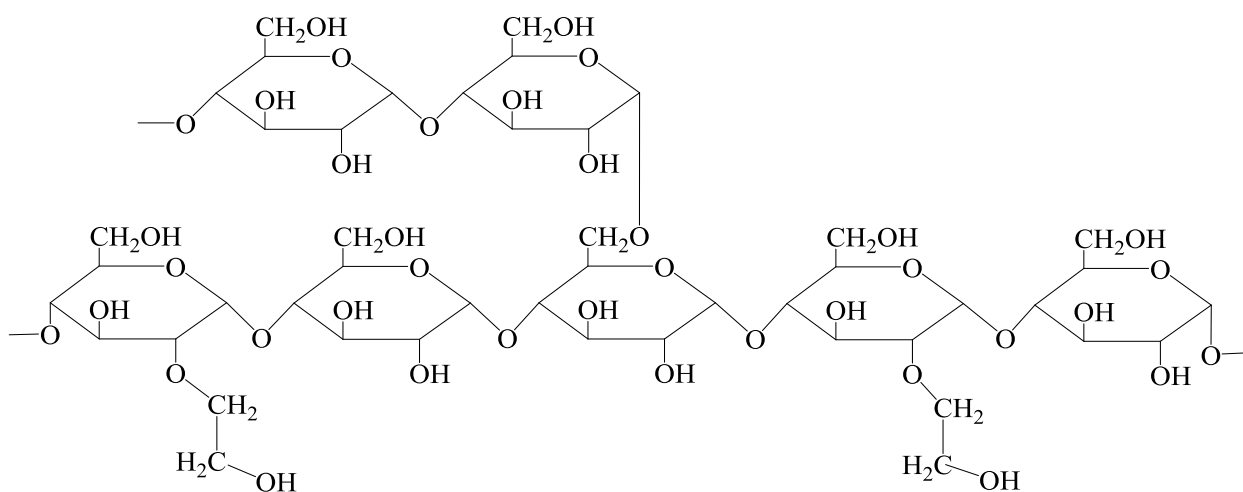
9. Проанализируйте приведенный фрагмент структуры полисахарида. Назовите данный гомогликан, укажите, из какого моносахарида он образуется в природе, тип связи между моносахаридными остатками.



10. 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?



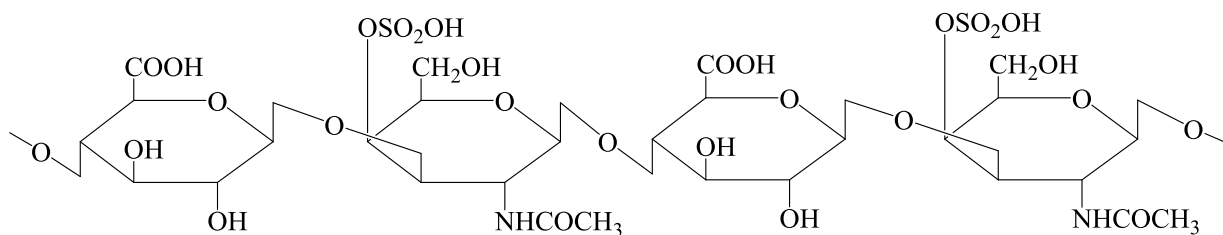
11. На рисунке изображен фрагмент цепи полимера, лежащего в основе современных плазмозамещающих препаратов. Проанализируйте представленную структуру: укажите моносахарид, из которого построен полисахарид и укажите типы гликозидных связей.



12. **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 β (1–3) гликозидной связью. Дисахаридные фрагменты соединяются β (1–4) гликозидными связями.

13. 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 невосстанавливающих дисахаридов участвуют:

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

2. Мутаротация характерна для растворов следующих дисахаридов:

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

3. При гидролизе сахарозы образуются:

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

4. Охарактеризуйте строение и свойства декстрана:

- 1) основной тип гликозидной связи между моносахаридными остатками α (1→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) α (1–4); 2) α , β (1–2); 3) β (1–4); 4) α (1–3).

9. Остатки моносахаридов в целлобиозе связаны гликозидной связью:

- 1) α , β (1–2); 2) α (1–4); 3) β (1–4); 4) α (1–6).

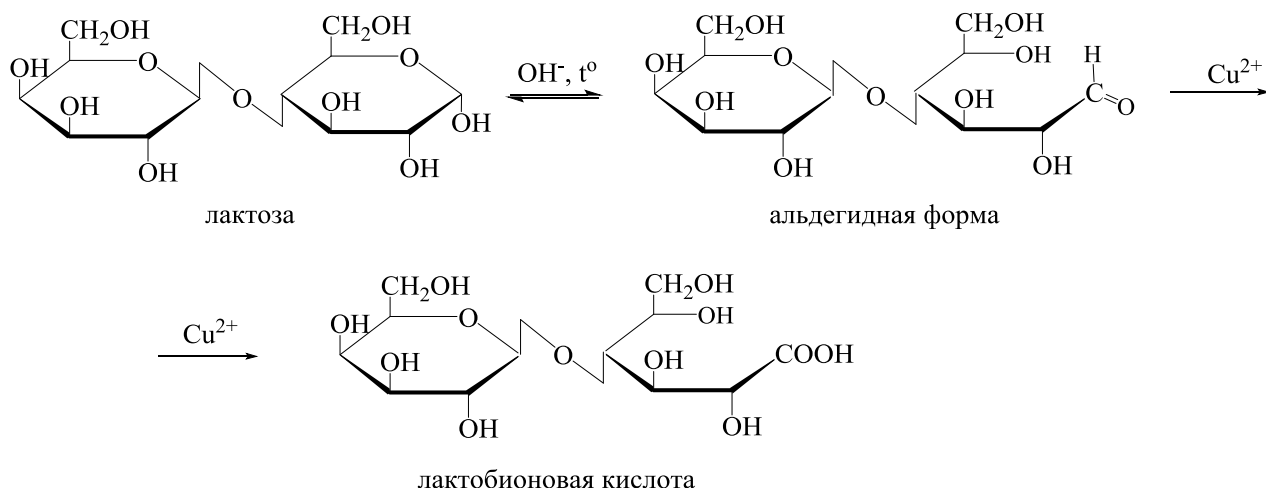
10. Охарактеризуйте строение и свойства целлюлозы:

- 1) моносахаридные остатки связаны α (1–4) гликозидной связью;
2) при гидролизе образуется глюкоза;
3) моносахаридные остатки связаны β (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: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 12 АМИНОКИСЛОТЫ

Цель занятия: сформировать знания стереохимического строения и реакционной способности аминокислот, являющихся структурными компонентами пептидов и белков; умения проводить качественные реакции на аминокислоты.

Литература

[1–3] С. 214–226, [4] С. 342–362.

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 amino-группе.
5. Биологически важные реакции α -аминокислот: декарбоксилирование, дезаминирование, трансаминирование, гидроксילирование.
6. Качественные реакции аминокислот.

Письменные задания

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

Протеиногенные аминокислоты — это ...

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

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

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

В последней таблице обозначьте * незаменимые АМК.

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

3. Постройте проекционные формулы Фишера L-стереоизомеров лейцина и изолейцина.

Изобразите конфигурацию S-стереоизомера валина.

4. Запишите формулы аминокислот, относящихся к группе ароматических.

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



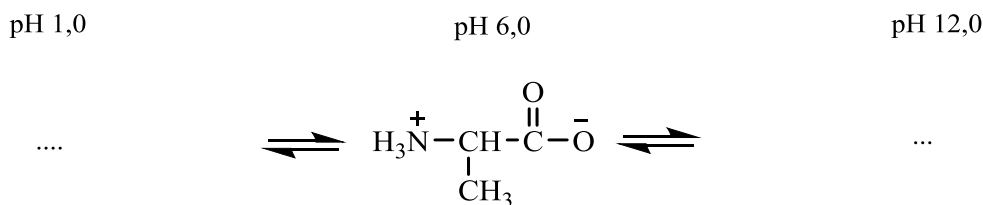
5. Изобразите гидроксияминокислоты в молекулярной и ионной формах.

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

Биогенные амины — это ...

6. **Изоэлектрическая точка** — это ...

Приведите различные формы аланина в сильноокислой и в сильнощелочной средах:



7. Напишите формулы серосодержащих аминокислот. Изобразите конфигурацию R-стереоизомера цистеина.

Составьте схему реакции окисления цистеина *in vivo*. Укажите биологическое значение данной реакции.

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

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

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

11. **Трансаминирование** — это ...

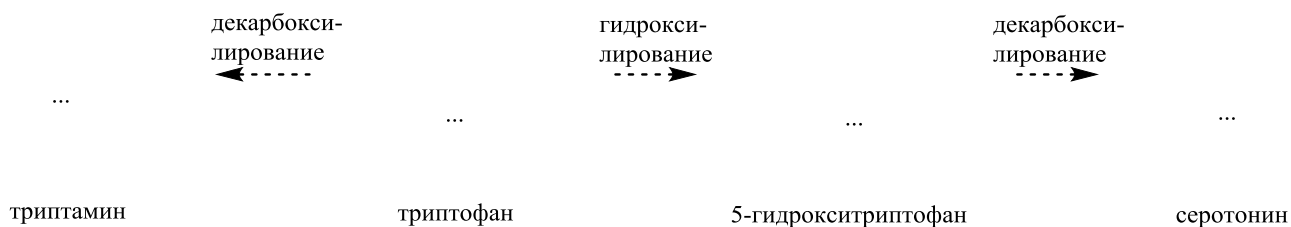
Напишите схему реакции переаминирования между L-аланином и α -кетоглутаровой кислотой. Укажите витамин, участвующий в реакции, и биологическое значение переаминирования.

12. Напишите формулы АМК, содержащих амидную группу. Объясните, почему их pI находятся в области 5,4–5,7?

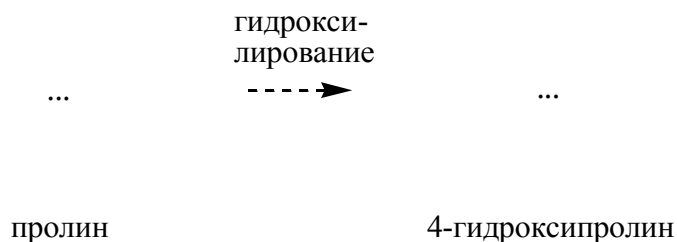
13. Напишите формулы полярных АМК с положительно ионизирующимся радикалом в ионной форме. Объясните, почему их pI выше 7 (7,6–10,8).

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

14. Напишите формулу триптофана. Какой гетероцикл входит в состав Trp? Заполните схему реакции. Укажите названия витаминов, участвующих в качестве коферментов в данных реакциях.



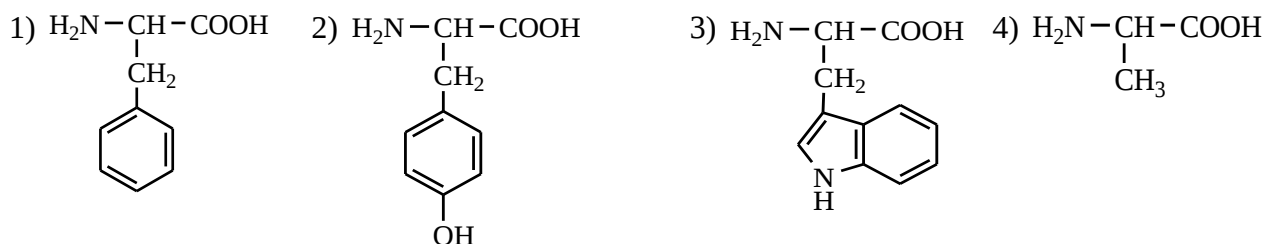
15. Напишите формулу пролина. Объясните, почему наличие этой аминокислоты в структуре пептида придает цепи изгиб? Заполните схему реакции получения 4-гидроксипролина (нумерация атомов в цикле начинается с атома N).



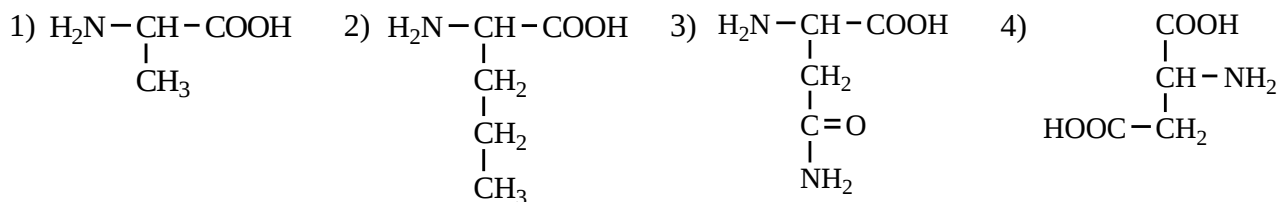
Укажите кофермент, участвующий в гидроксилировании, и биологическое значение данной реакции.

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

6. Укажите аминокислоты, содержащие две карбоксильные группы:

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

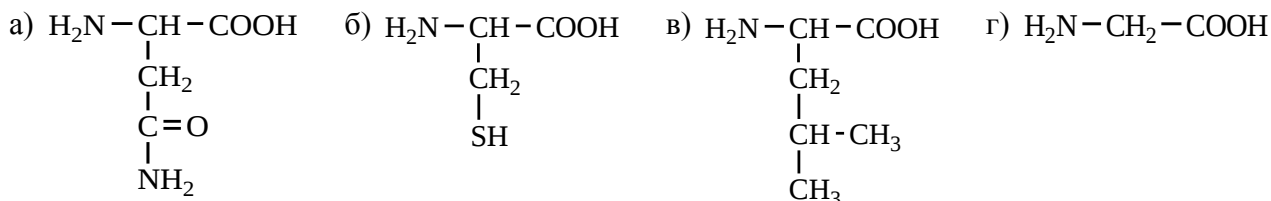
7. В реакциях гидроксилирования лизина и пролина при синтезе соединительной ткани участвует витамин:

1) B₆; 2) C; 3) PP; 4) D.

8. В результате посттрансляционной модификации образуются:

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

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



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

10. В реакции переаминирования из ПВК и Glu образуются:

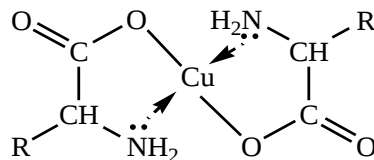
- 1) Ala и 2-оксобутандиовая кислота;
- 2) Gly и 2-оксопентандиовая кислота;
- 3) Ala и 2-оксопентандиовая кислота;
- 4) Asp и 2-оксопентандиовая кислота.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

1. Образование внутрикомплексных солей α -аминокислот.

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

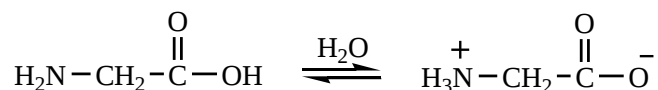
Наблюдаемые изменения: _____



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 (оранжевую) окраску (нейтральная среда). Сохраните полученный раствор для следующего опыта.

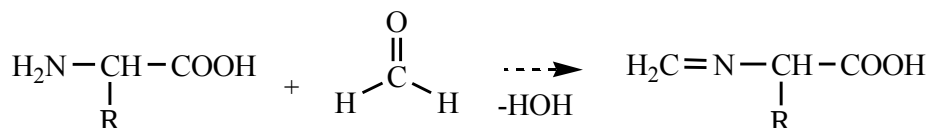


Наблюдаемые изменения: _____

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 розовое 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.

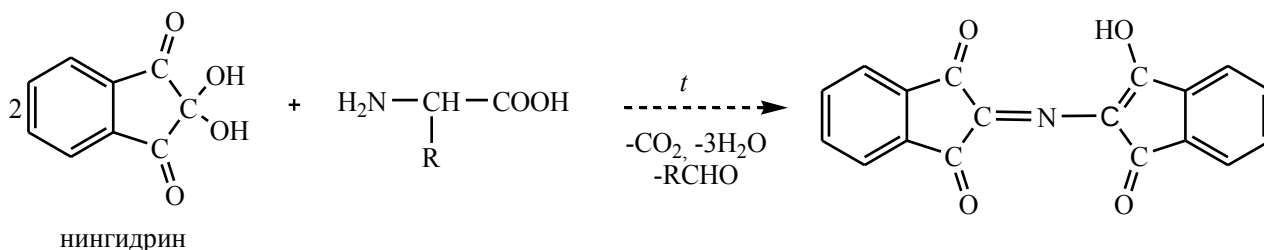


Наблюдаемые изменения: _____

Вывод: _____

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

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



Наблюдаемые изменения: _____

Вывод: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 13 ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

Цель занятия: сформировать знания строения пептидов и уровней пространственной организации пептидов и белков во взаимосвязи с их биологическими функциями.

Литература

[1–3] С. 227–235, [4] С. 363–408.

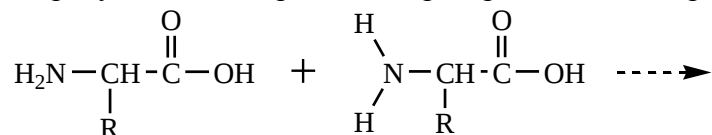
Вопросы для подготовки к занятию:

1. Пептиды. Электронное и пространственное строение пептидной связи как сопряженной системы.
2. Отдельные представители пептидов: аспартам, глутатион, 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. α -Спираль, β -структура, β -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) Thr-His

б) Glu-Pro

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

а) Tyr-Asp-Met

б) Arg-Trp-Pro

в) глутамилглутаминилизолейцин

г) аспартилаланиласпарагиниларгинин

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

5. Одним из нейропептидов является Мет-энкефалин, который вызывает кратковременное обезболивающее действие. Приведите его строение. Чем Мет-энкефалин отличается от Леу-энкефалина?

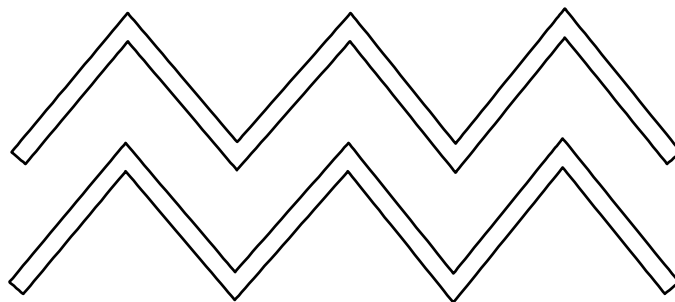
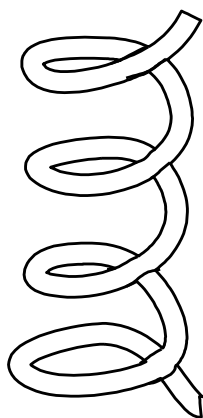
6. **Белки** — это ...

Вторичная структура белка — это ...

Назовите виды вторичной структуры белка:

Различные виды вторичной структуры белка стабилизируются ...

Дополните рисунки, покажите направление формирования связей, стабилизирующих структуры.



7. **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

Фолдинг — это ...

Проанализируйте нижепредставленные пространственные структуры белковых молекул на рисунках 1 и 2. Укажите особенности вторичной (спиральная, β -складчатая конформация) и третичной (глобулярная, фибриллярная пространственная форма) уровней структурной организации данных белков.

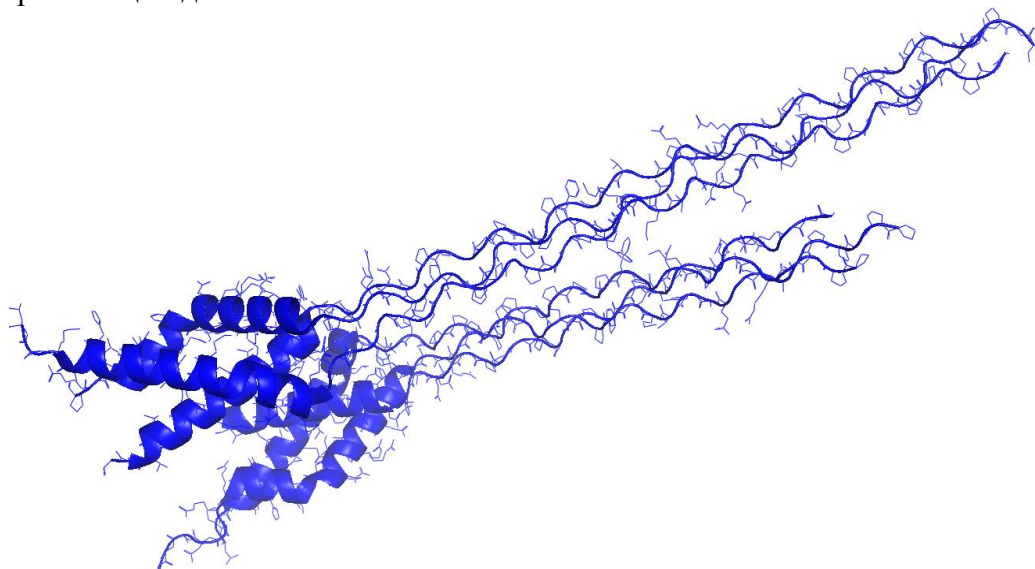


Рис. 1. Гетеротример нитей коллагена I типа

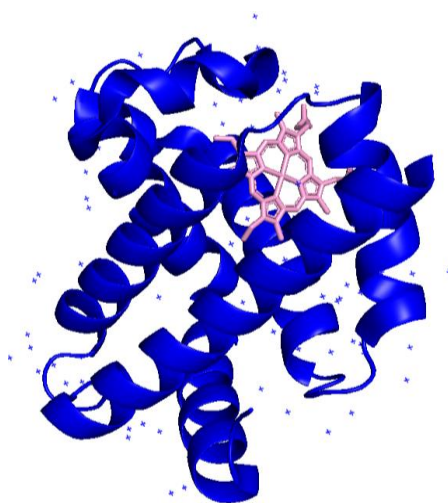
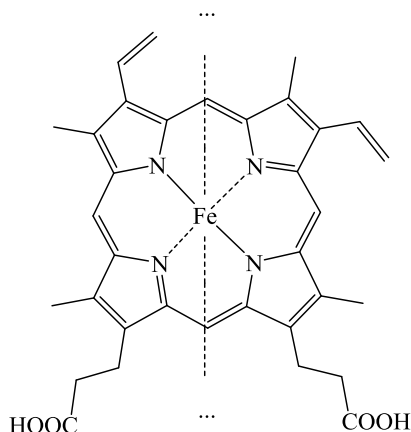


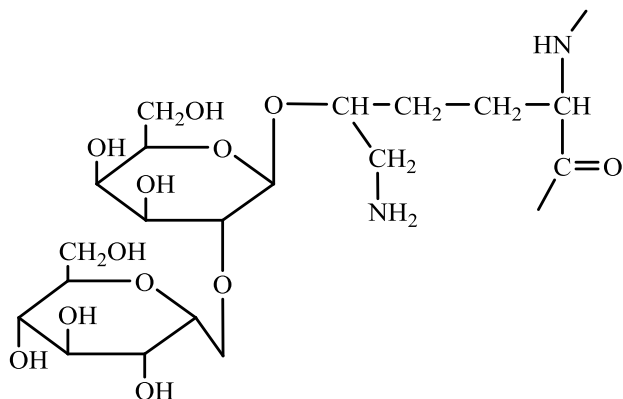
Рис. 2. Миоглобин

8. *Четвертичная структура белка* — это ...

Гемоглобин относится к сложным транспортным белкам — гемопотеинам. Дополните схему строения одной из субъединиц гемоглобина недостающими лигандами. Проанализируйте строение гема. Укажите биологическое значение гемоглобина.



9. Гидроксилирование лизина и пролина в составе полипептидных цепей, составляющих коллаген, необходимо, так как через гидроксильные группы указанных аминокислот полипептид связывается с дисахаридным фрагментом, имеющим важное значение для формирования пространственной структуры коллагена. Укажите и назовите компоненты изображенного фрагмента, типы связей.



Почему недостаточное поступление в организм витамина С может привести к снижению прочности сосудистой стенки, что сопровождается цингой?

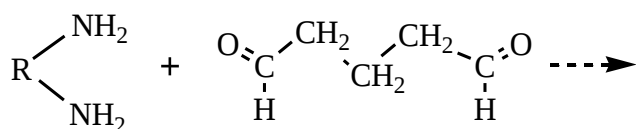
10. Гликопротеины — это углевод-белковые биополимеры с преобладанием белкового компонента, представленные в организме веществами, определяющими группу крови, иммуноглобулинами, муцинами и др. Углеводный и белковый компоненты связываются между собой обычно при помощи N-гликозидной связи между N-ацетилглюкозамином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

11. 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

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



13. Опишите характер взаимодействий лиганда и активного центра фермента Каталаза, используя PDB (Protein Data Bank) и онлайн сервисы для визуализации макромолекул (Protein Plus, PLIP). Для этого откройте PDB, в строке поиска введите название фермента Glucokinase (1SZ2), скачайте информацию о строении белка в формате PDB. Затем откройте Protein Plus, загрузите скачанный белок. В меню справа откройте Poseview 2D, подтяните в появившееся окно лиганд — глюкозу. Через несколько секунд появится схема взаимодействий молекулы глюкозы с отдельными аминокислотными остатками активного центра белка. Рассмотрите и выпишите названия и номера аминокислот, участвующих в связывании лиганда. Затем загрузите скачанный белок в программу PLIP, изучите открывшуюся информацию о взаимодействиях аминокислотных остатков и лиганда. Сравните результаты, полученные в Protein Plus и PLIP.

ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

1. В образовании ионных связей при формировании третичной структуры белка участвуют радикалы таких аминокислот как:

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

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

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

3. Выберите справедливые утверждения:

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

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

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

5. При физиологических значениях pH положительный заряд имеют дипептиды:

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

6. Аспартам — дипептид, состоящий из остатка аспарагиновой кислоты и метилового эфира:

- 1) глицина; 2) фенилаланина; 3) глутамина; 4) тирозина.

7. Укажите верные утверждения относительно пептидной связи:

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

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

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

9. При физиологических значениях pH отрицательный заряд имеют дипептиды:

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

10. С-концевой аминокислотой глутатиона является:

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

1. Ксантопротеиновая реакция.

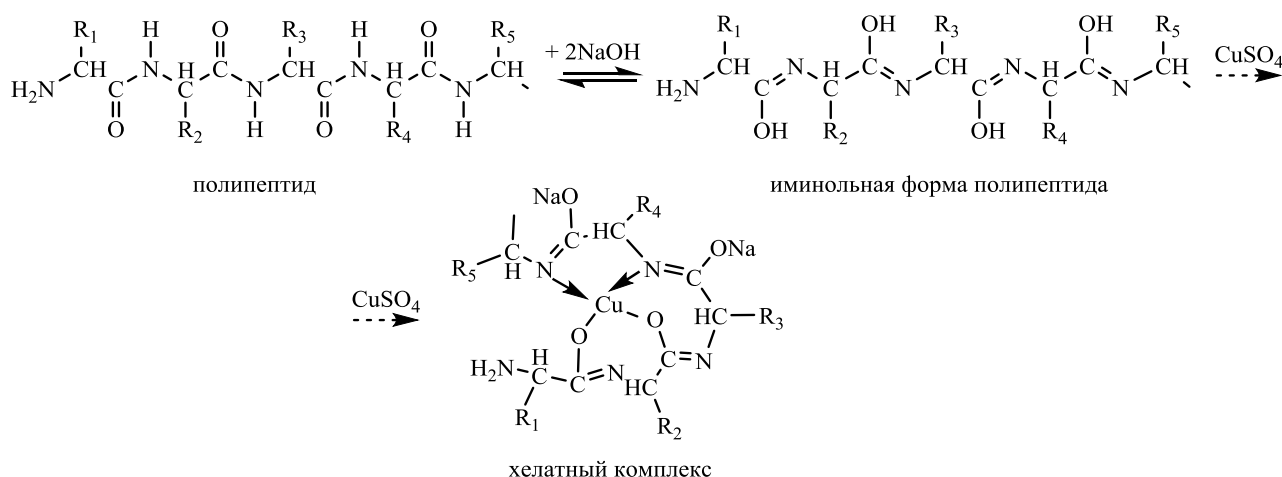
В пробирку поместите 10 капель раствора яичного белка* и 3 капли концентрированной азотной кислоты*. Содержимое пробирки осторожно нагрейте. Отметьте появление окрашивания. Пробирку охладите и добавьте 2–3 капли раствора гидроксида натрия (21). Какая окраска появляется?

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: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 14 НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

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

Литература

[1–3] С. 236–245, [4] С. 409–439.

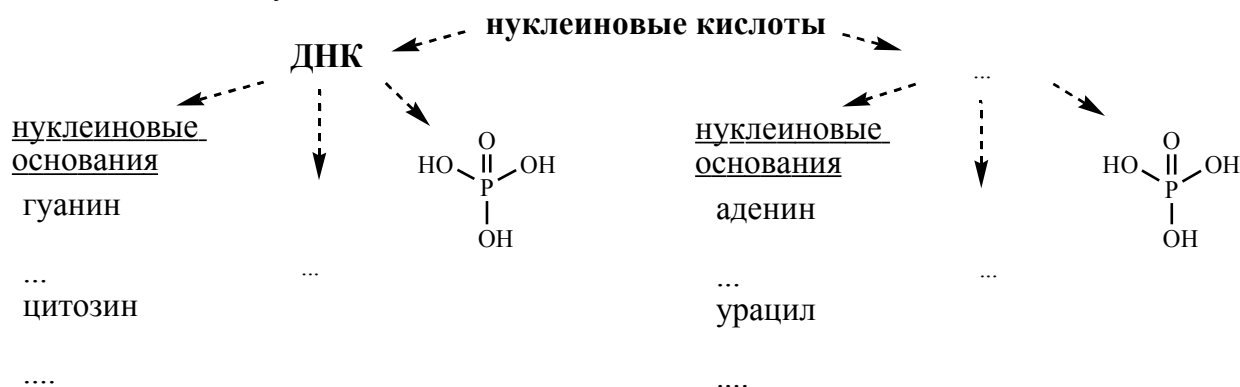
Вопросы для подготовки к занятию:

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⁺ и его фосфата НАДФ⁺. Система НАД⁺ – 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):

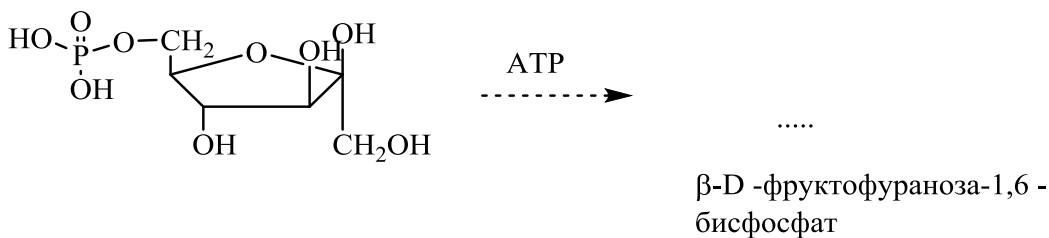
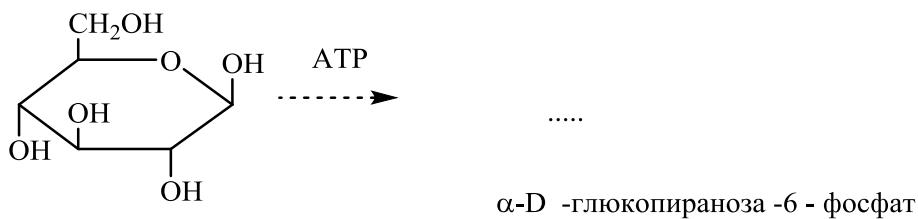
6. **Нуклеотиды** — это ...

Напишите формулы следующих нуклеотидов:

цитидин-5`-фосфат	5`- дезоксидениловая кислота
ГДФ	3`- уридиловая кислота

7. Изобразите молекулу АТФ (АТР), укажите макроэргические связи. Напишите схему гидролиза молекулы АТФ *in vivo*. Объясните роль ионов магния в процессе высвобождения аккумулированной энергии.

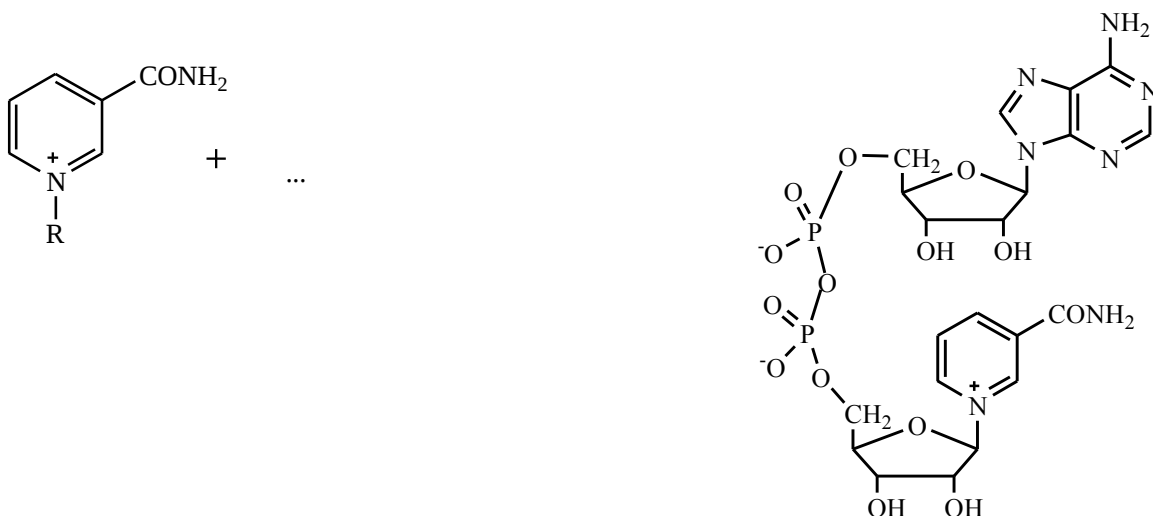
8. Фосфорилирование моносахаридов — это путь образования метаболически активных форм моноз. В организме источником фосфата является кофермент аденозинтрифосфат (АТФ). Дополните схемы реакций фосфорилирования моноз.



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

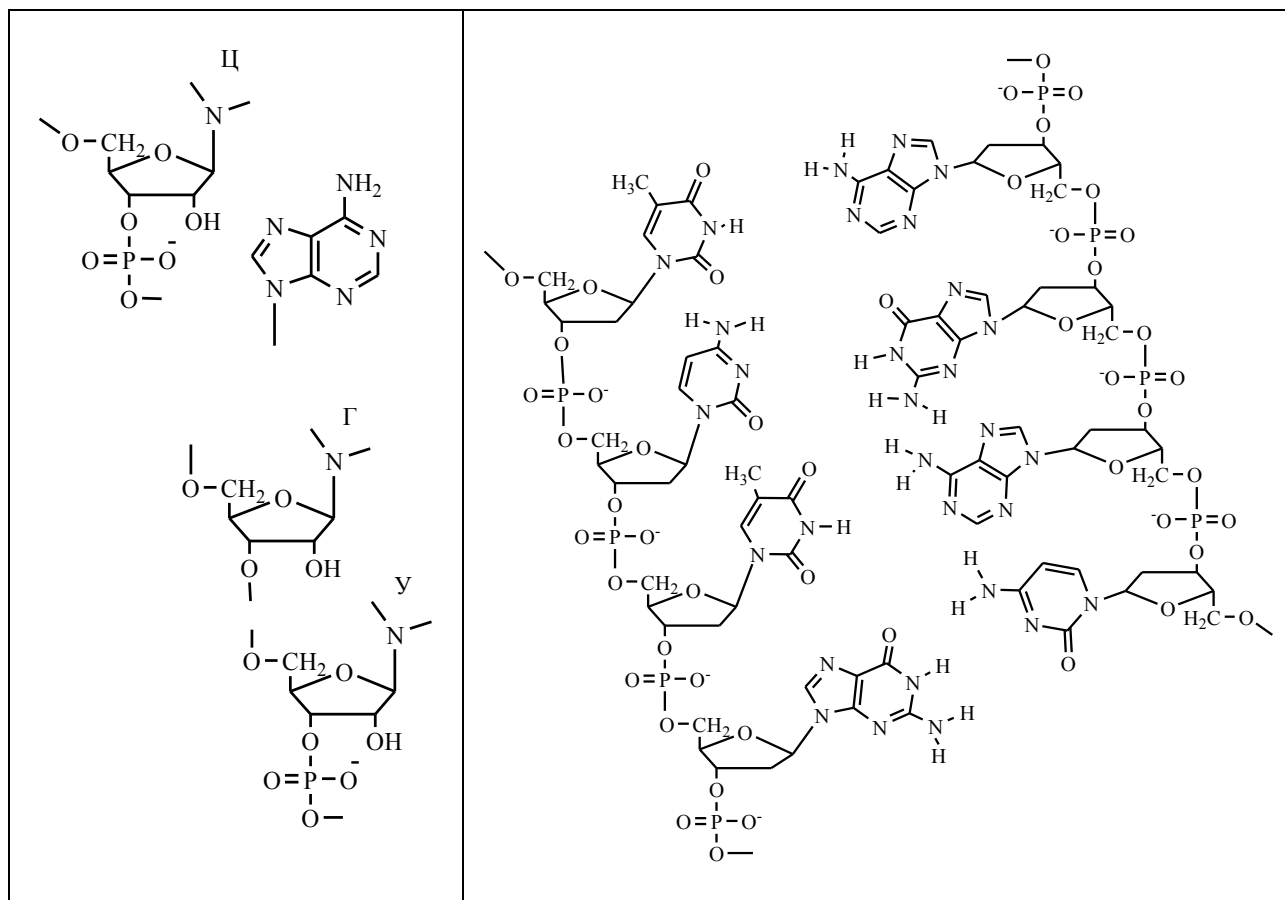
10. Проанализируйте строение кофермента NAD^+ , выделите структурные фрагменты, обозначьте типы связей. Укажите его биологическое значение.

Обозначив кофермент NAD^+ упрощенной формулой, напишите схему реакции ферментативного окисления этанола в уксусный альдегид.



11. 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).



12. Рассмотрите и проанализируйте строение (белковая и небелковая части) представленного на рисунке ферментативного комплекса.

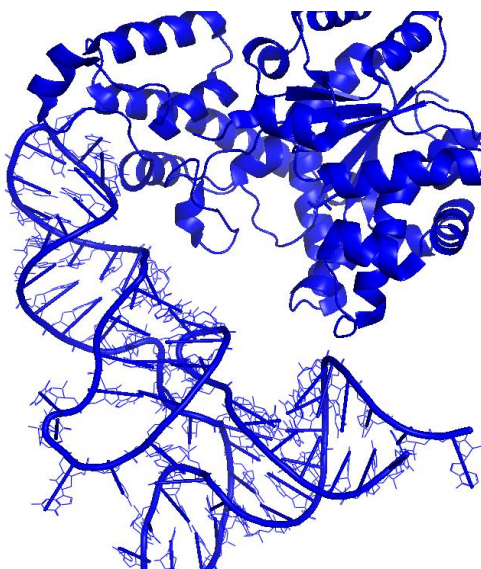


Рис. Ферментативный комплекс тРНК-синтетазы с тРНК, осуществляющий высокоспецифичное присоединение аминокислоты к соответствующей транспортной РНК. Комплекс является ключевым звеном в реализации генетического кода, обеспечивая связь между последовательностью нуклеотидов и аминокислот

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

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

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

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

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

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

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

7. Для аденина характерна таутомерия:

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

8. Для нуклеотида характерны типы связей:

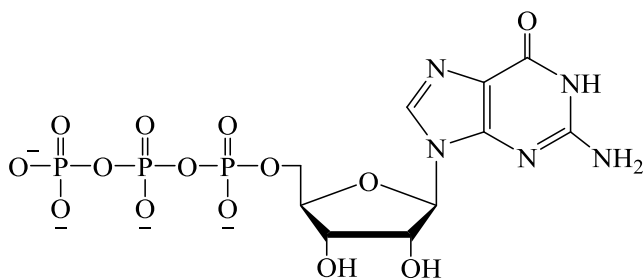
- 1) сложноэфирная и ангидридная;
- 2) сложноэфирная и N-гликозидная;
- 3) ангидридная и простая эфирная;
- 4) фосфодиэфирная и N-гликозидная.

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

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

10. В молекуле ГТФ (см. рисунок) между вторым и третьим остатком фосфорной кислоты присутствует связь:

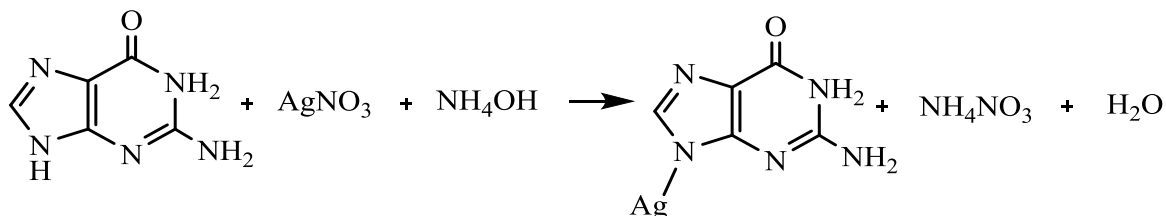
- 1) ангидридная;
- 2) сложноэфирная;
- 3) тиоэфирная;
- 4) водородная.



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

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

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

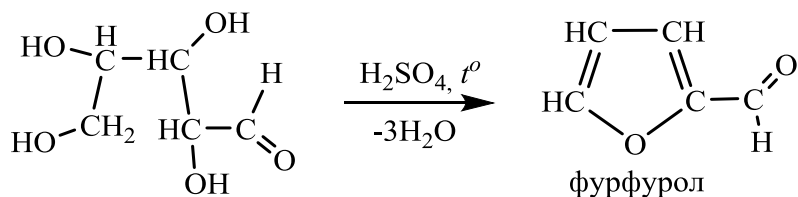


Наблюдаемые изменения: _____

Вывод: _____

2. Обнаружение пентоз в продуктах кислотного гидролиза нуклеотидов.

К 10 каплям гидролизата пекарских дрожжей* добавьте 10 капель реактива Биляя* (раствор орцина в HCl с FeCl₃) 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: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 15

ЛИПИДЫ

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

[1–3] С. 246–260, [4] С. 440–467.

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 ω -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.

- 1.
- 2.
- 3.

Эссенциальные жирные кислоты:

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

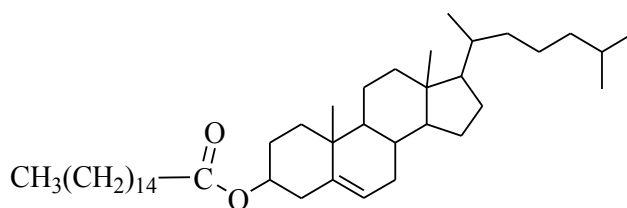
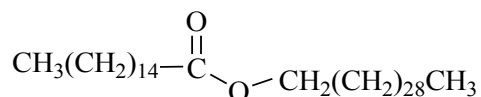
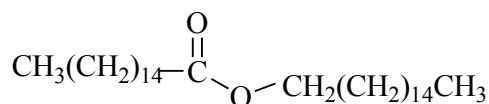
глицерол	гексадекан-1-ол (цетиловый спирт)
мирициловый спирт	2-аминооктадек-4-ен-1,3-диол (сфингозин)
этаноламин	холин
серин	инозитол

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.

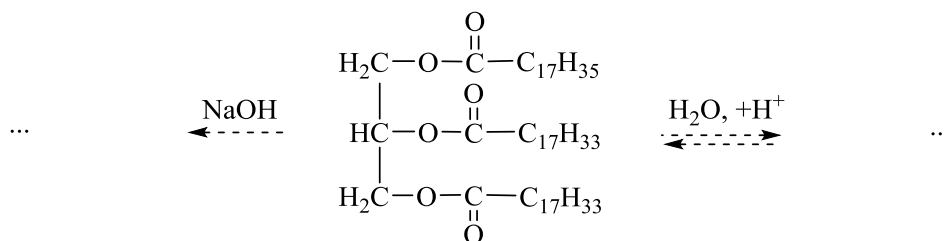


5. **Жиры** — это ...

Напишите формулы жиров, укажите их агрегатное состояние.

1-линоленоил-2,3-дилинолеилглицерол	1-стеароил-2-пальмитоил-3-олеилглицерол

6. Напишите реакции гидролиза триацилглицерола.

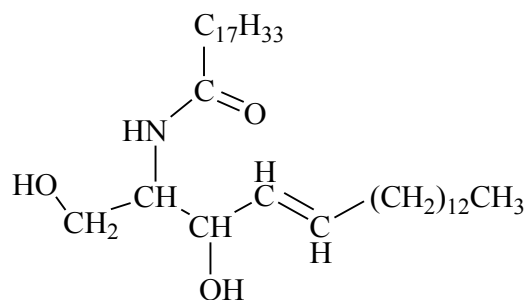


Мыла — это ...

Каково значение жиров для организма человека?

7. **Церамиды** — это ...

Выделите в представленной формуле церамида остатки сфингозина и жирной кислоты. Укажите биологическое значение церамидов.

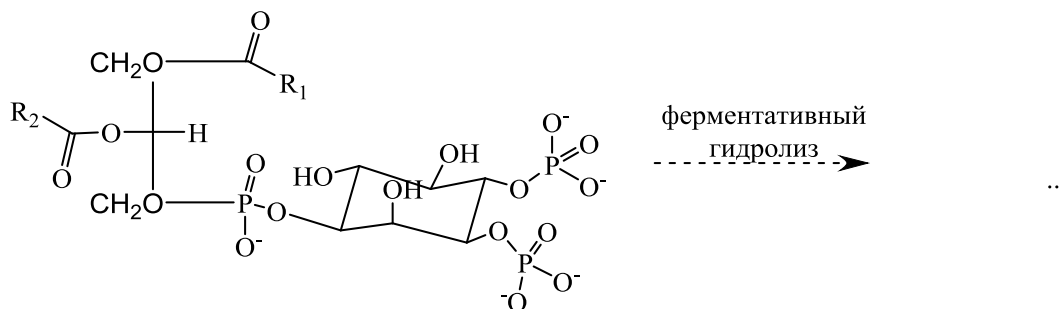


8. **Сложные липиды** — это ...

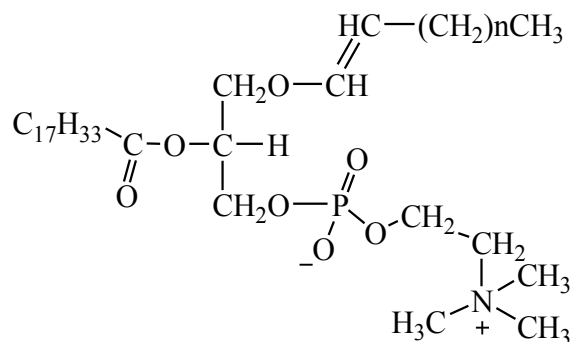
Напишите структурные формулы глицерофосфолипидов в таблице. Укажите гидрофильные и гидрофобные части молекул.

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

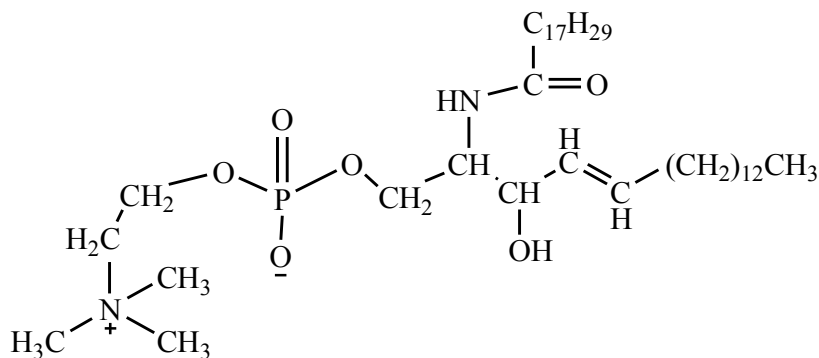
9. Фосфатидилинозитолы являются источниками вторичных посредников в клетке — диацилглицерола и инозитола-1,4,5-трифосфата. Закончите схему реакции образования указанных соединений.



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

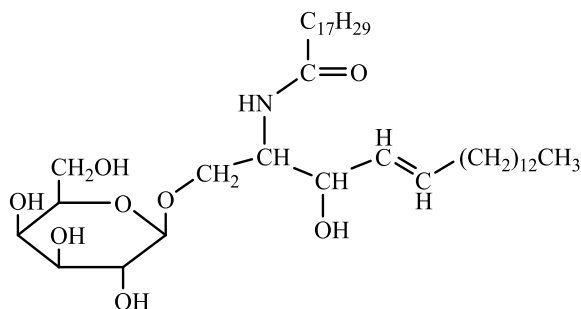


11. На рисунке представлена формула сфингомиелина. Проанализируйте ее, покажите структурные фрагменты и типы связей между ними. Укажите гидрофильную и гидрофобные части молекулы. К каким группам сложных липидов можно отнести сфингомиелин?

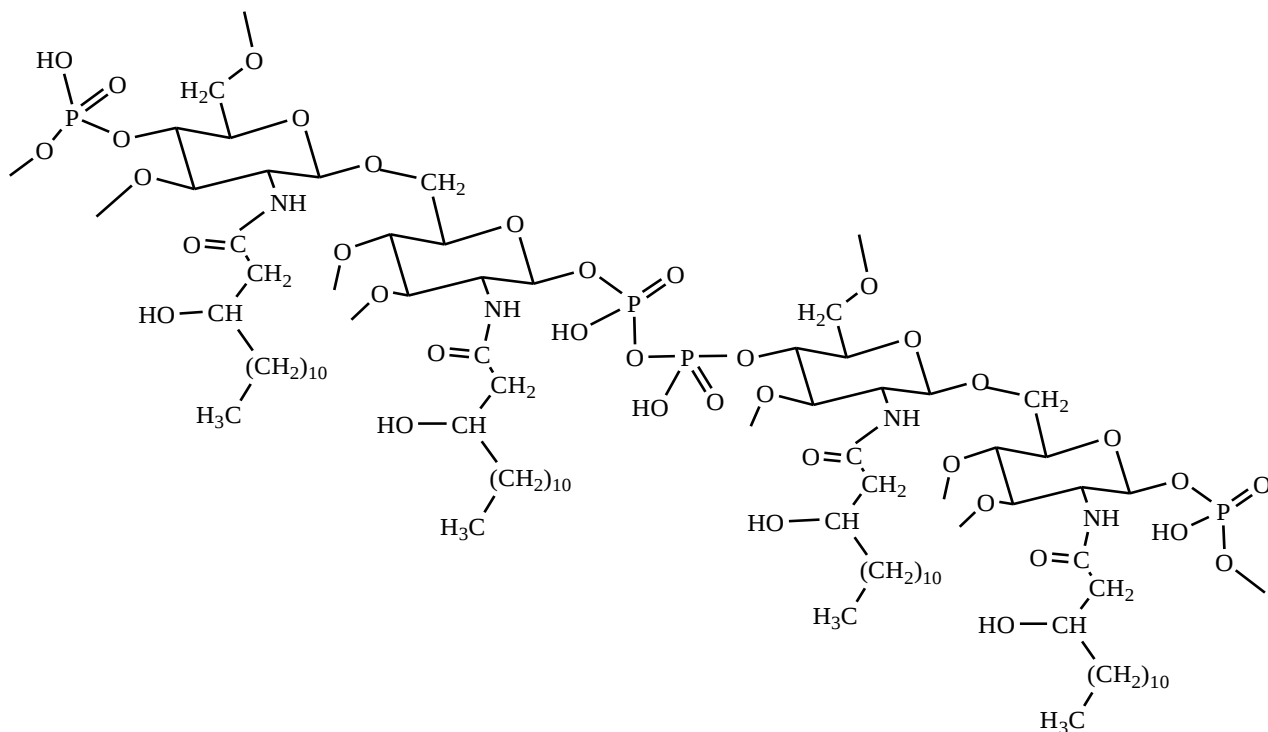


12. Гликолипиды подразделяются на ...

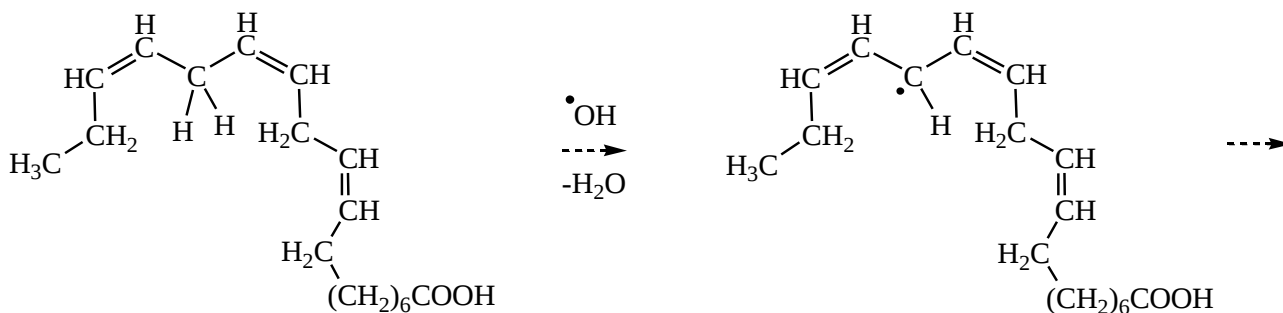
Представитель какой из этих групп изображен на рисунке? Обозначьте структурные компоненты данного липида. Укажите гидрофильную и гидрофобные части молекулы.



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?



2. К простым липидам относятся:

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

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

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

4. Приведите обозначение линолевой кислоты по ω -номенклатуре:

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

5. К сложным липидам относятся:

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

6. В состав липидов могут входить спирты:

- 1) пропантриол-1,2,3;
- 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 ω -номенклатуре:

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

9. К резервным липидам следует отнести:

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

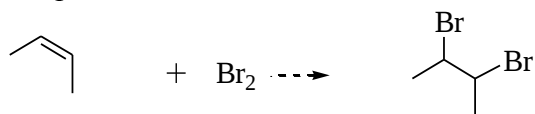
10. Каким типом связи связаны в фосфатидилсерине фосфатидная кислота с серином?

- 1) сложноэфирной;
- 2) ангидридной;
- 3) О-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.

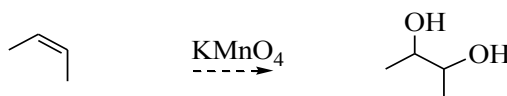


Наблюдаемые изменения: _____

Вывод: _____

2. Окисление непредельных кислот раствором KMnO_4 .

В пробирку поместите 2–3 капли растительного масла* и добавьте 1 каплю раствора KMnO_4 * и 2 капли Na_2CO_3 (43). Энергично встряхните.

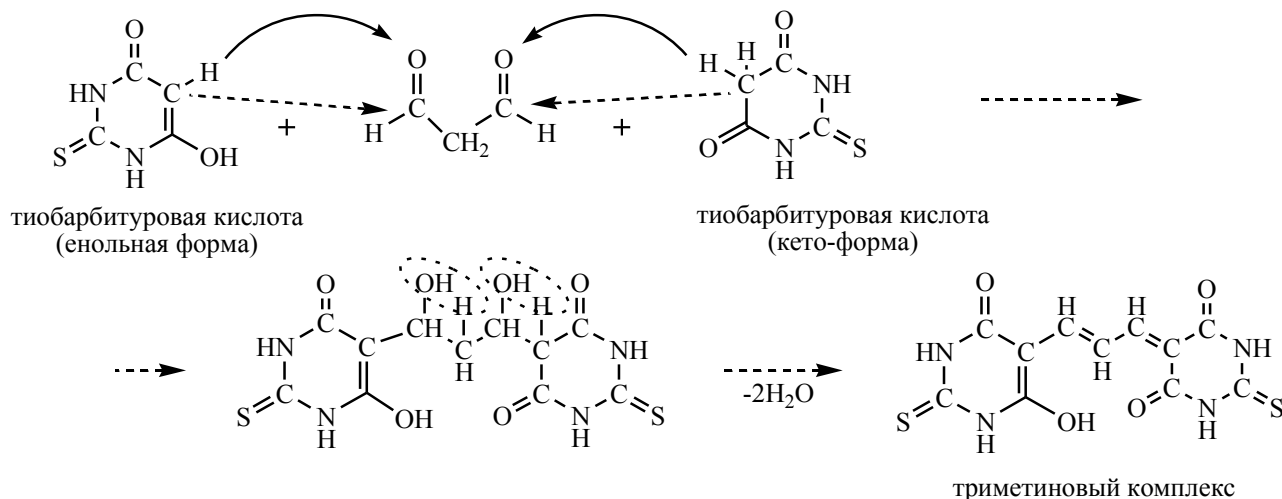


Наблюдаемые изменения: _____

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: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 16

НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ БИОРЕГУЛЯТОРЫ

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

Литература

[1–3] С. 261–271, 146–150, [4] С. 277–283, 474–486.

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. 5α - и 5β -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 стероидов; 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 5α - и 5β -стероиды. Продемонстрируйте пространственное строение 5α - и 5β -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?

эстра-1,3,5(10)-триен-3,17 β -диол (эстрадиол)	3-гидроксиэстра-1,3,5(10)-триен-17-он (эстрон)
--	--

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

17 β -гидроксиандрост-4-ен-3-он (тестостерон)	3 α -гидроксиандростан-17-он (андростерон)
---	---

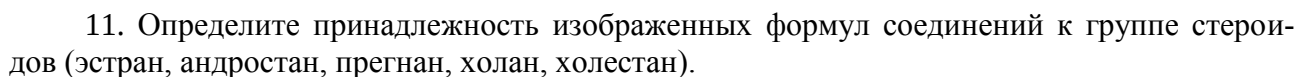
7. Напишите структурные формулы производных **прегнана**. Укажите их биологическое значение.

17 α , 21-дигидроксипрегн-4-ен-3,11,20-трион (кортизон)	17 α , 11 β , 21-тригидроксипрегн-4-ен-3,20-дион (кортизол)
11 β , 21-дигидрокси-3,20-диоксопрегн-4-ен-18-аль (альдостерон)	прегн-4-ен-3,20-дион (прогестерон)

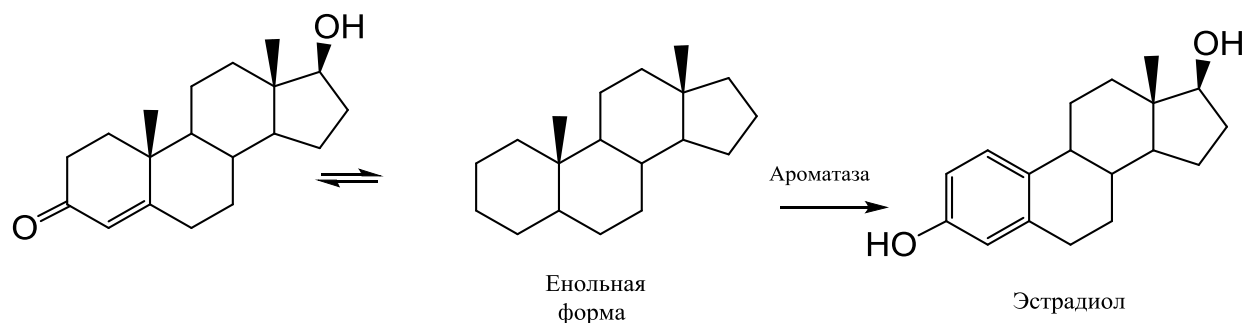
8. Напишите структурные формулы **желчных кислот**. Укажите их биологическое значение.

3 α , 7 α , 12 α -тригидрокси-5 β -холан-24-овая кислота	3 α , 12 α -дигидрокси-5 β -холан-24-овая кислота
---	---

10. Предшественник **холекальциферола** — 7-дегидрохолестерол — образуются в коже из холестерина. Объясните, какая особенность его строения способствует дальнейшему превращению в витамин D₃? В чем заключается биологическое значение витаминов группы D?



12. В организме эстрогены синтезируются из андрогенов под действием фермента ароматазы. Дополните схему, дорисовав связи и функциональные группы в енольной форме тестостерона и поясните на основании сравнения структур тестостерона и эстрадиола, какой тип реакции осуществляется под действием ароматазы.

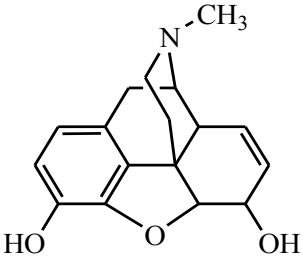
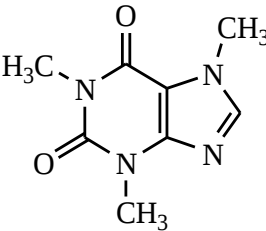
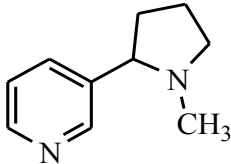
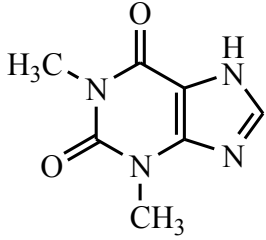
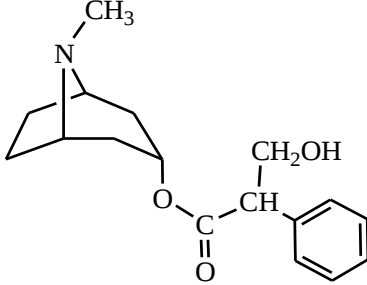


13. Нондролон является синтетическим анаболическим стероидом, в котором отсутствует 10- β -метильная группа (структура нор-андростана). Запишите его формулу и поясните, в результате какой реакции производные норандростана могут трансформироваться в эстрогены.

14. Запишите формулу синтетического кортикостероида Бетаметазона (11 β ,16 β)-9-фтор-11,17,21-тригидрокси-16-метилпрегна-1,4-диен-3,20-диона и продукт его ацилирования хлорангидридом валериановой кислоты. Эта модификация повышает липофильность, повышая биодоступность, длительный эффект и высокую местную активность при лечении кожных (экзема, дерматиты) и аллергических заболеваний.

15. *Алкалоиды* — это ...

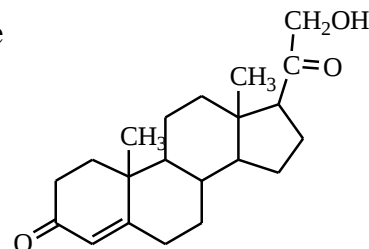
Подпишите тривиальные названия алкалоидов, представленных ниже. К какой группе в соответствии с химической классификацией они относятся? Назовите рецепторы, с которыми могут связываться эти алкалоиды в организме человека?

ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

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

- 1) холест-5-ен-3β-ол;
- 2) 3α-гидроксиандростан-17-он;
- 3) 21-гидроксипрегн-4-ен-3,20-дион;
- 4) 17β-гидроксиандрост-4-ен-3-он.



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. Выберите верные утверждения относительно структуры и свойств холестерина:

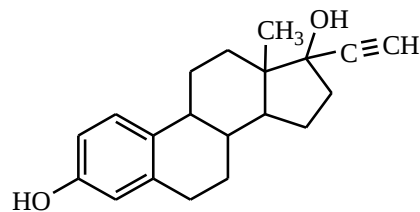
- 1) не обладает оптической активностью;
- 2) содержит первично спиртовую группу;
- 3) входит в состав биомембран;
- 4) обладает оптической активностью.

5. Ядро прегнана лежит в основе:

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

6. Выберите верные утверждения относительно структуры и свойств этинилэстрадиола (см. рисунок):

- 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 5α -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 аминокетонные группы, необходимые для связывания с аминокетонными группами белков рецепторов и проявления биологического действия;
- 2) являются производными прегнана;
- 3) обладают противовоспалительным и противоаллергическим действием;
- 4) содержат оксогруппы, необходимые для связывания с аминокетонными группами 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) фенантрин;
- 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: _____

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 17
ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ
«БИОПОЛИМЕРЫ И ИХ СТРУКТУРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ. ЛИПИДЫ»

Цель занятия: сформировать целостное представление о строении и свойствах биополимеров, их структурных компонентов и липидов. Проверить усвоение программного материала.

Литература

См. лабораторные занятия 8–16.

Вопросы для подготовки к занятию:

1. Системы с открытой цепью сопряжения. Энергия сопряжения. Системы с замкнутой цепью сопряжения. Ароматичность. Правило ароматичности Хюккеля.
2. Конформации, факторы, влияющие на их состояние. Проекционные формулы Ньюмена. Виды напряжений. Энергетическая характеристика заслоненных, скошенных и заторможенных конформаций. Конформационное строение ацильных радикалов высших жирных кислот в липидах.
3. Энантиомерия соединений с одним центром хиральности. Относительная и абсолютная конфигурация. D-, L- и R-, S-системы номенклатуры. Рацемические смеси.
4. Кислотность и основность органических соединений, факторы их определяющие.
5. Карбоновые кислоты. Функциональные производные карбоновых кислот: сложные эфиры, амиды, их гидролиз.
6. Реакция декарбоксилирования моно- и дикарбоновых кислот.
7. Мочевина как полный амид угольной кислоты. Ее физические и химические свойства, биологическая роль.
8. Формальдегид. Формалин. Параформ. Качественные реакции на альдегидную группу.
9. Реакции окисления гидроксикислот *in vivo*.
10. Реакции восстановления кетокислот *in vivo*.
11. Реакции декарбоксилирования кето- и α -аминокислот. Биогенные амины, их биологическое значение.
12. Реакция разложения лимонной кислоты при нагревании.
13. Реакция образования лимонной кислоты из щавелевоуксусной кислоты и ацетил-CoA.
14. Реакция дегидратации лимонной кислоты *in vivo*.
15. π -Диастереомеры бутендиовой кислоты. Реакция гидратации фумаровой кислоты.
16. Специфические реакции, происходящие при нагревании α -, β -, γ -гидрокси- и аминокислот.
17. Таутомерия. Кето-енольная и лактим-лактаменная таутомерия гетерофункциональных соединений.
18. Кетоновые тела, биологическое значение.
19. Ацетилсалициловая кислота, получение. Оценка доброкачественности аспирина.
20. *n*-Аминобензойная кислота, ее производные. Современные местные анестетики.
21. Высшие жирные кислоты, конформационное строение. ω -Номенклатура ненасыщенных жирных кислот.
22. Триацилглицеролы, строение, номенклатура, кислотный и щелочной гидролиз, биологическая роль.
23. Фосфолипиды, строение, номенклатура, физико-химические свойства. Кислотный и щелочной гидролиз фосфолипидов. Структура липидного бислоя.
24. Неферментативное перекисное окисление липидов и его биологическая роль.
25. Цикло-оксо-таутомерия моносахаридов. Формулы Фишера и Хеуорса. Конформации моносахаридов. Реакции образования гликозидов.

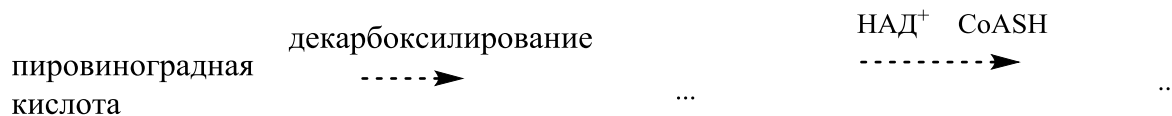
26. Окисление моносахаридов. Гликоновые, гликаровые и уроновые кислоты. Биологическое значение уроновых кислот.
27. Производные моносахаридов: ксилит, сорбит, аминосахара, нейраминная кислота, фосфорные эфиры.
28. Аскорбиновая кислота, биологическое значение.
29. Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды. Строение, биологическое и медицинское значение.
30. Полисахариды, строение, биологическое значение.
31. Протеиногенные аминокислоты, строение, стереоизомерия, кислотно-основные свойства.
32. Биологически важные реакции аминокислот: декарбоксилирование, переаминирование, окислительное дезаминирование, гидроксילирование. Окисление цистеина.
33. Пептиды, строение, номенклатура, кислотно-основные свойства. Глутатион, биологическая роль.
34. Нуклеиновые основания, строение, таутомерные формы, кислотные и основные центры.
35. Комплементарные пары нуклеиновых оснований. Водородные связи.
36. Нуклеозиды. Нуклеотиды. Строение, номенклатура. Гидролиз нуклеотидов.
37. Нуклеозидди- и нуклеозидтрифосфаты. Макроэргическая связь.
38. Стероиды. Структурная и стереохимическая классификация.
39. Производные эстрона. Структурные особенности, биологическое значение.
40. Производные андростана. Структурные особенности, биологическое значение.
41. Производные прегнана. Кортикостероиды и гестагены.
42. Желчные кислоты. Строение, биологическое значение.
43. Производные холестана. Холестерол: строение, биологическое значение. Витамины группы Д.

См. таблицы формул для запоминания и анализа структуры.

**ПРИ ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ
РЕКОМЕНДУЕТСЯ ОБРАТИТЬ ОСОБОЕ ВНИМАНИЕ
НА ЗАДАНИЯ ПРАКТИКУМА, КОТОРЫЕ ВЫПОЛНЯЛИСЬ ВАМИ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМ 8–16.**

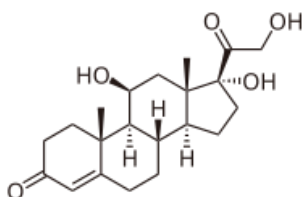
Образец контрольной работы

1. Напишите формулу трипептида *Gln-Ser-Pro*. Обозначьте N- и C-концевые аминокислоты. Какой заряд будет иметь этот трипептид при физиологическом значении pH крови?
2. Изобразите конформацию углеводородного радикала линолевой кислоты, назовите линолевую кислоту по ω -номенклатуре. Какие продукты богаты линолевой кислотой?
3. Заполните схему, назовите субстрат и продукты реакций. Каково значение конечного продукта реакции?



4. Напишите схему таутомерных превращений тимина. Какой из таутомеров преобладает в равновесной смеси?

5. К какой группе природных веществ относится соединение, изображенное на рисунке? Проведите анализ структуры. Укажите хиральные центры. Дайте название по систематической номенклатуре. Каково биологическое и медицинское значение представленного соединения?



6. Биологически важные реакции аминокислот: гидроксилирование, переаминирование.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 18
ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ «БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»
(ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ЗАЧЕТ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЛЕЧЕБНОГО ФАКУЛЬТЕТА)

Цель занятия: сформировать целостное представление о строении и свойствах отдельных классов органических соединений, биополимеров, их структурных компонентов, липидов, низкомолекулярных биорегуляторов. Проверить усвоение программного материала по дисциплине «Биоорганическая химия».

Литература

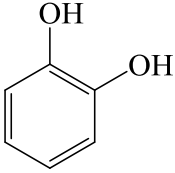
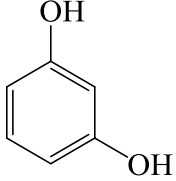
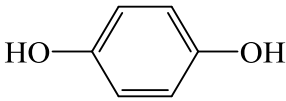
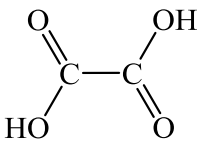
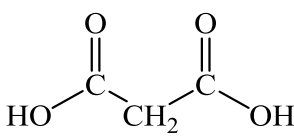
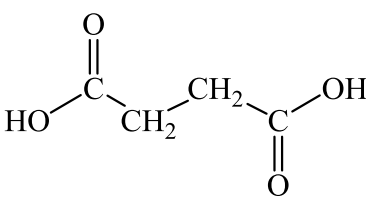
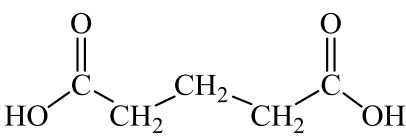
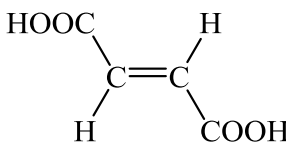
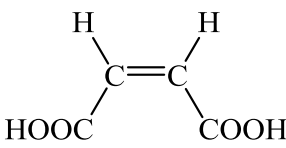
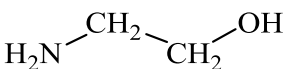
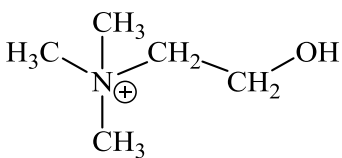
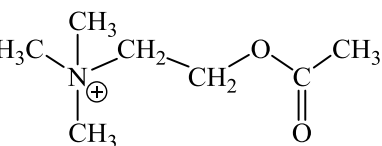
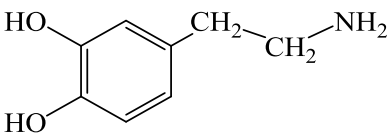
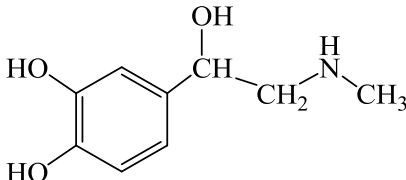
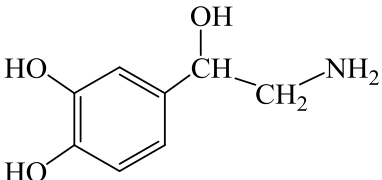
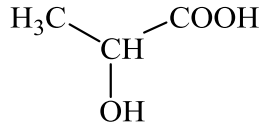
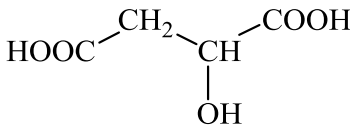
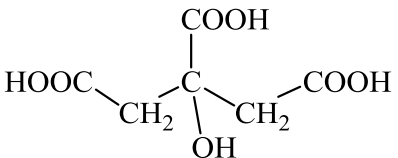
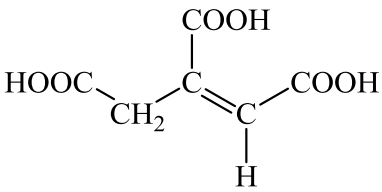
См. лабораторные занятия 1–16.

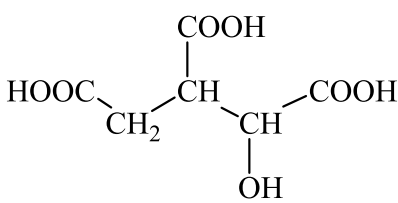
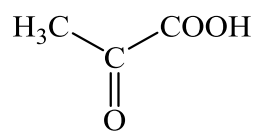
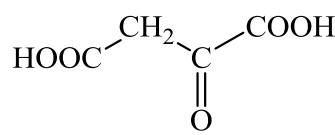
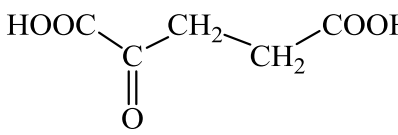
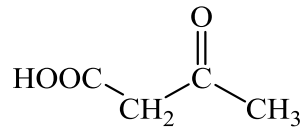
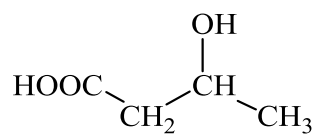
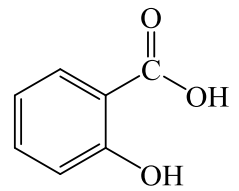
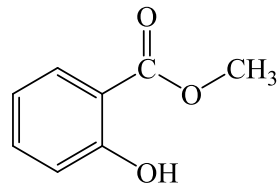
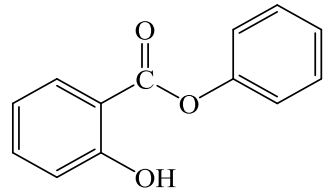
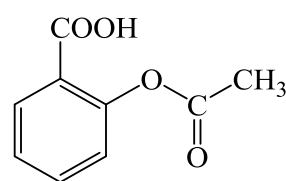
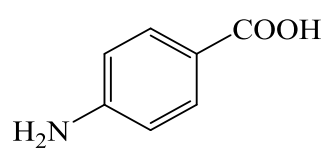
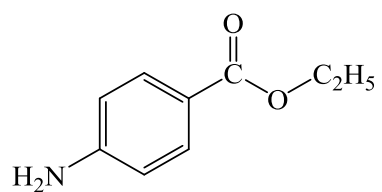
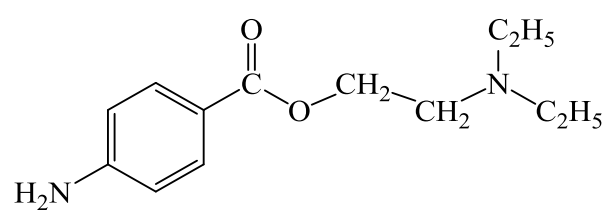
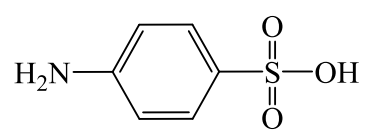
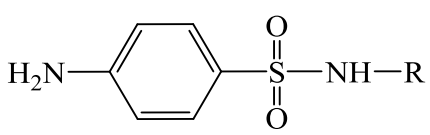
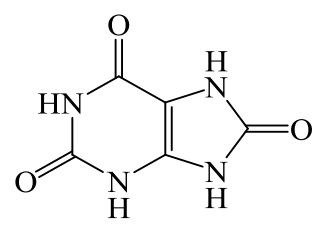
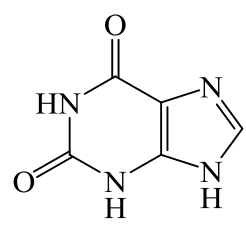
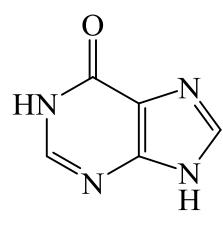
На занятии проверяется степень усвоения теоретического материала и практические навыки в соответствии программой дисциплины.

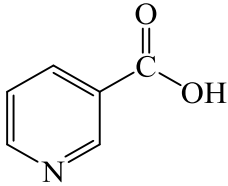
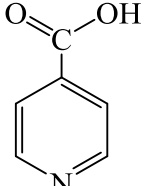
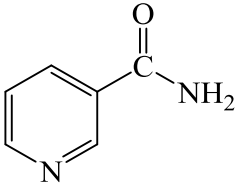
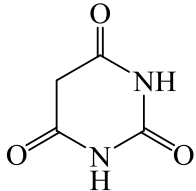
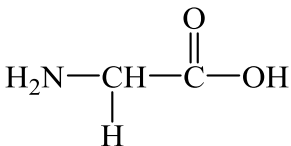
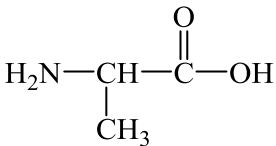
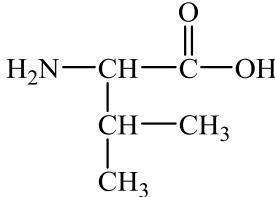
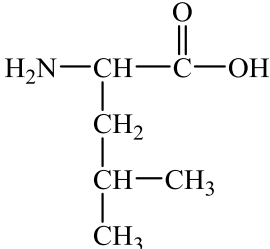
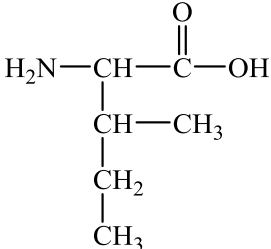
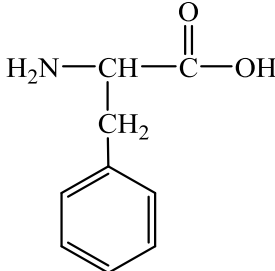
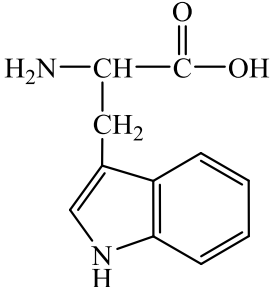
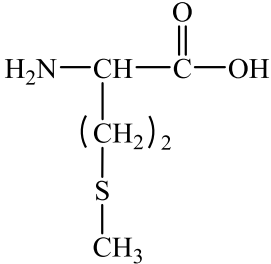
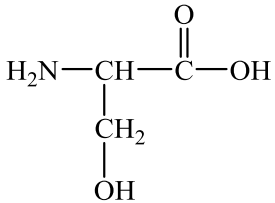
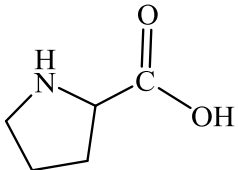
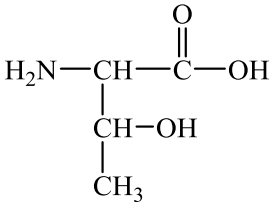
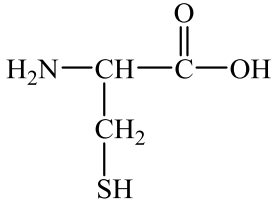
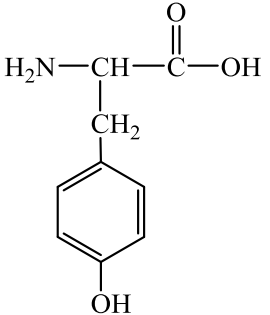
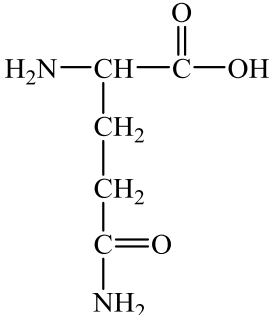
№ п/п	Параметр выполнения действия	Оценка (1–10)
1	Моделирование структур биологически важных соединений и лекарственных средств с помощью симуляционных программ визуализации; конвертация их тривиальных и систематических названий в молекулярные модели	
2	Использование баз данных для оценки строения и функциональности биологических макромолекул; конвертация форматов визуализации макромолекул	
3	Идентификация органических соединений с помощью функционального качественного анализа	
4	Проведение безопасной работы в химической лаборатории: обращения с химической посудой, горелкой, ядовитыми и летучими веществами	
Итоговая (среднее значение)		

**ФОРМУЛЫ СОЕДИНЕНИЙ,
КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО ЗНАТЬ И УМЕТЬ ЗАПИСЫВАТЬ**

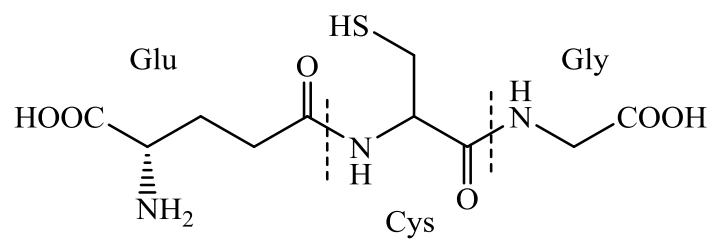
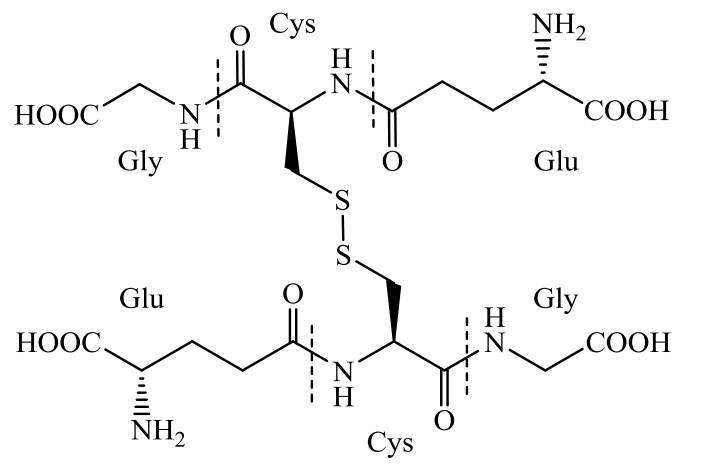
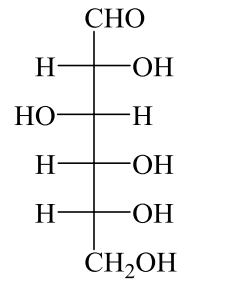
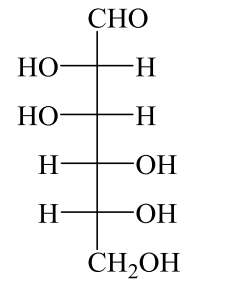
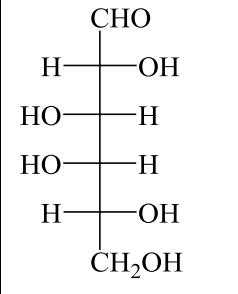
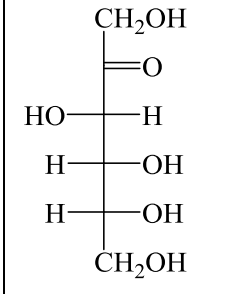
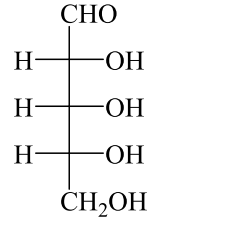
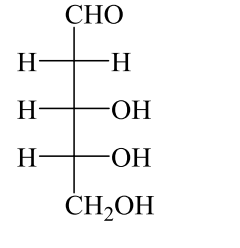
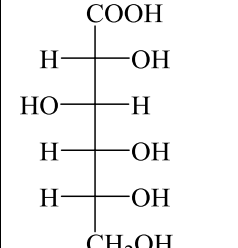
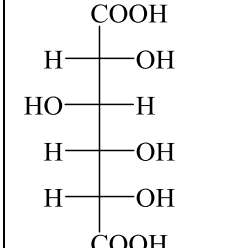
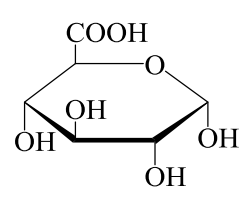
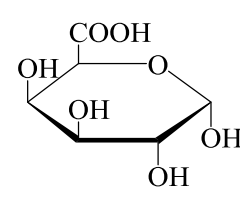
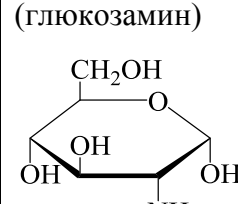
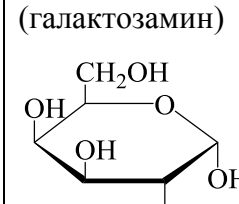
Формальдегид $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	Ацетальдегид $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	Акролеин $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}-\text{H} \end{array}$
Малоновый альдегид $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{H} \end{array}$	Глутаровый альдегид $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{H} \end{array}$	Ацетон $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$
Муравьиная кислота $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Уксусная кислота $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Пропионовая кислота $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \end{array}$
Масляная кислота $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Валериановая кислота $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Капроновая кислота $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3(\text{CH}_2)_4-\text{C}-\text{OH} \end{array}$
Акриловая кислота $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Бензойная кислота $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}_6\text{H}_5-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Ацетил кофермент А (ацетилкоэнзим А) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{SCoA} \end{array}$
Гиппуровая кислота $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}_6\text{H}_5-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	Мочевина $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	Карбаминовая кислота $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$
Креатин $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{N}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \\ \parallel \\ \text{NH} \end{array}$	Креатинфосфат $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{HO}-\text{P}(=\text{O})(\text{OH})-\text{N}-\text{C}(=\text{NH})-\text{N}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	Креатинин $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HN}=\text{C}-\text{N} \\ \quad \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{N} \quad \text{C}=\text{O} \end{array}$
Этиленгликоль $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	Глицерол (глицерин) $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$	Инозитол $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \\ \text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \\ \text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$

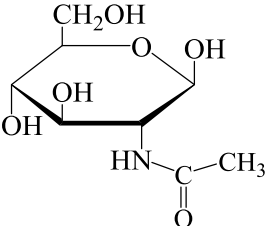
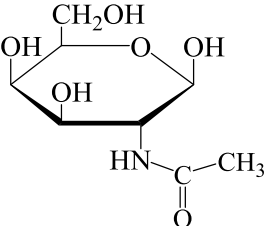
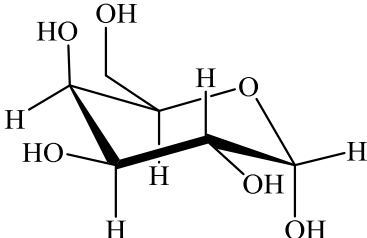
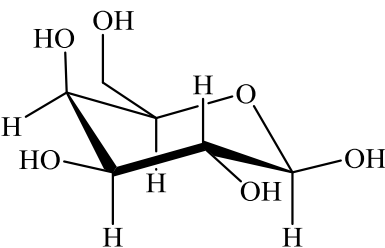
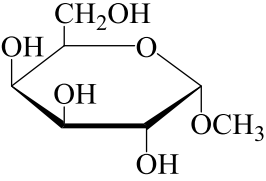
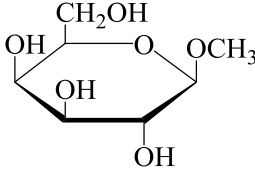
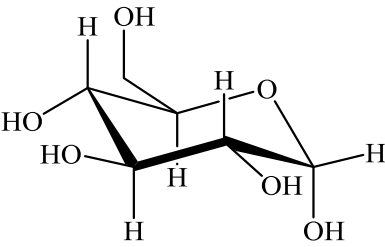
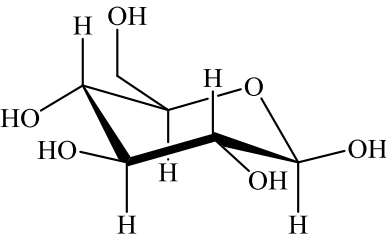
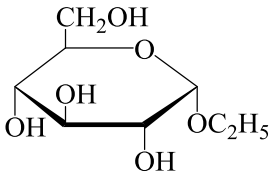
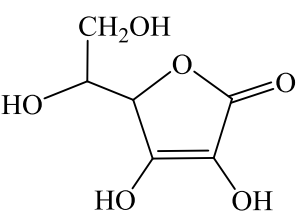
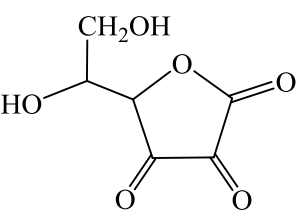
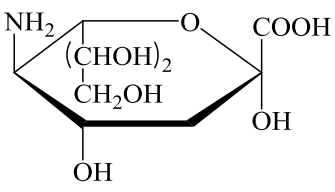
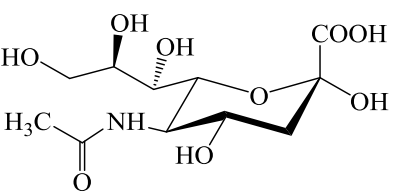
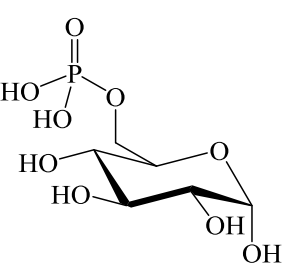
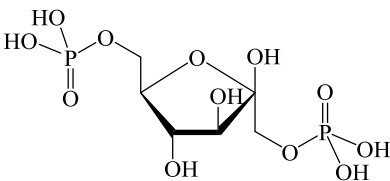
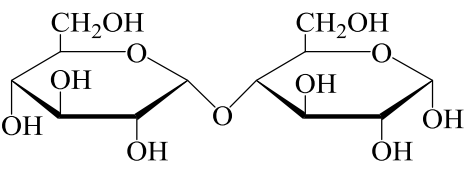
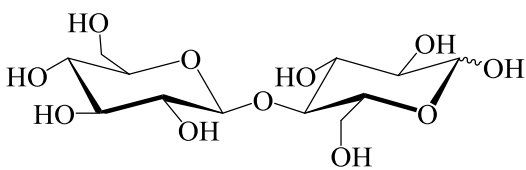
Ксилит $ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	Сорбит $ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	Пирокатехин (катехол) 
Резорцин 	Гидрохинон 	Щавелевая кислота 
Малоновая кислота 	Янтарная кислота (сукцинат) 	Глутаровая кислота 
Фумаровая кислота 	Малеиновая кислота 	Этаноламин (коламин) 
Холин 	Ацетилхолин 	Дофамин 
Адреналин 	Норадреналин 	Молочная кислота (лактат) 
Яблочная кислота (малат) 	Лимонная кислота (цитрат) 	Цис-аконитовая кислота 

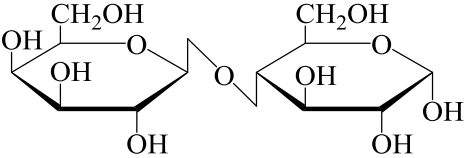
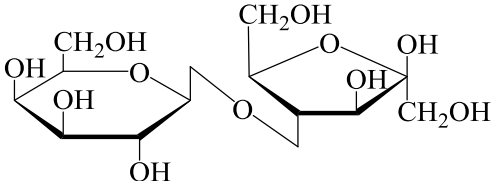
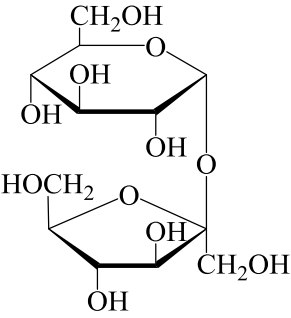
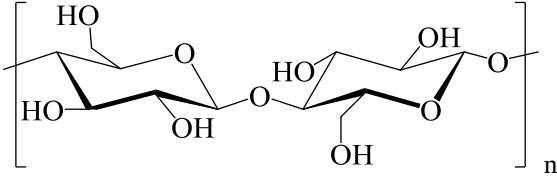
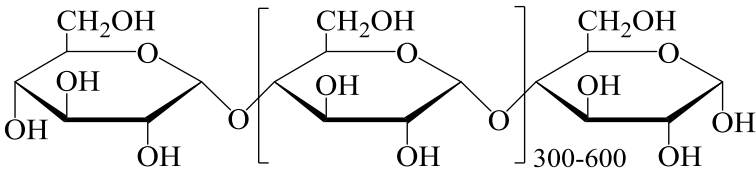
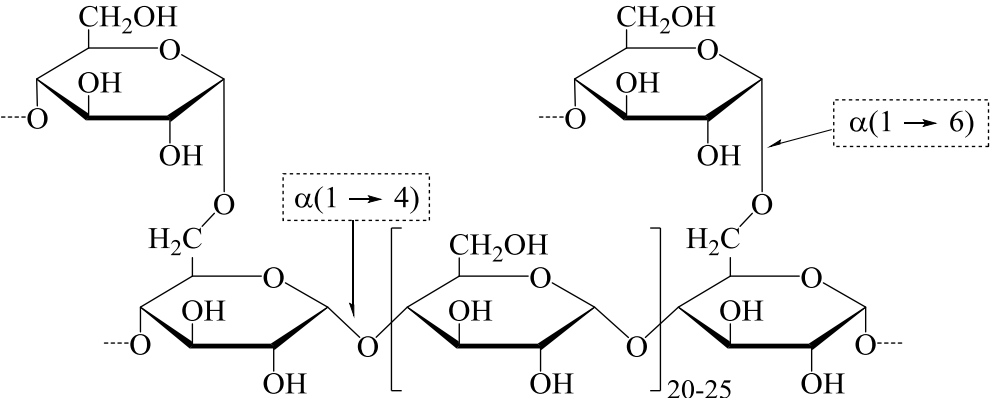
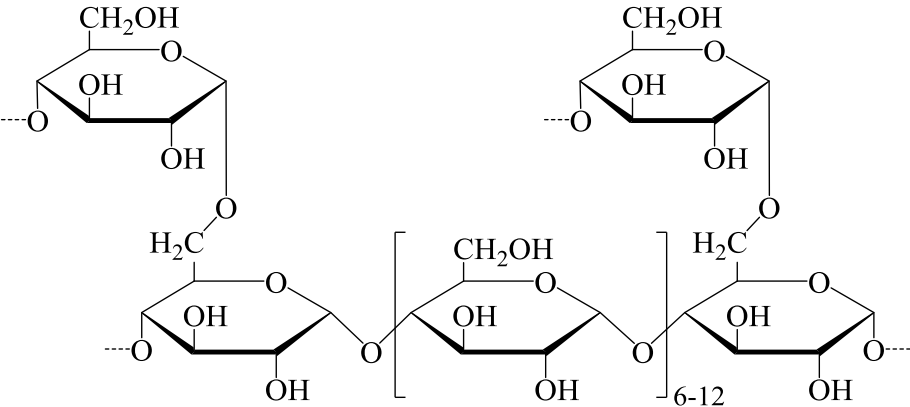
Изолимонная кислота (изоцитрат) 	Пировиноградная кислота (ПВК, пируват) 	Щавелевоуксусная кислота (ЩУК, оксалоацетат) 
α-кетоглутаровая кислота 	Ацетоуксусная кислота (β-кетомасляная кислота) 	β-гидроксимасляная кислота 
Салициловая кислота 	Метилсалицилат 	Фенилсалицилат 
Ацетилсалициловая кислота (аспирин) 	Пара-аминобензойная кислота 	Анестезин 
Новокаин 		
Сульфаниловая кислота 	Общая формула сульфаниламидных препаратов 	
Мочевая кислота 	Ксантин 	Гипоксантин 

Никотиновая кислота 	Изоникотиновая кислота 	Никотинамид 
Барбитуровая кислота 	Глицин (Gly) 	Аланин (Ala) 
Валин (Val) 	Лейцин (Leu) 	Изолейцин (Ile) 
Фенилаланин (Phe) 	Триптофан (Trp) 	Метионин (Met) 
Серин (Ser) 	Пролин (Pro) 	Треонин (Thr) 
Цистеин (Cys) 	Тирозин (Tyr) 	Глутамин (Gln) 

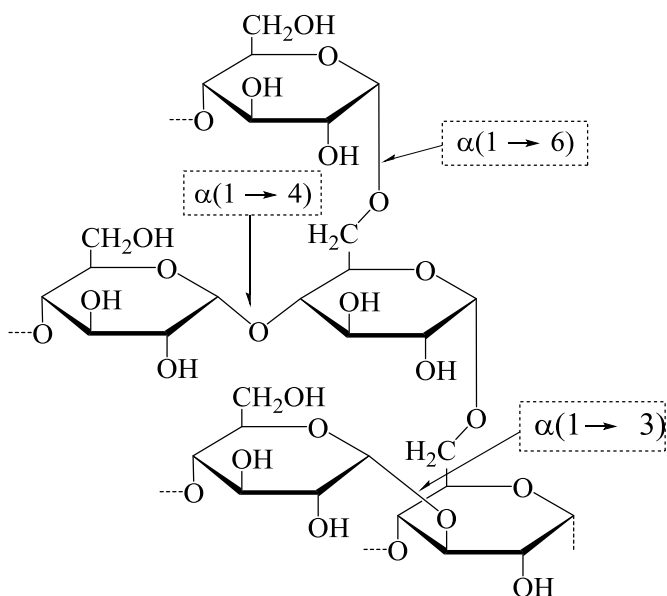
Аспарагин (Asn) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Аспарагиновая кислота (Asp) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Глутаминовая кислота (Glu) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{OH} \end{array}$
Лизин (Lys) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Аргинин (Arg) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{NH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Гистидин (His) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{Imidazole ring} \end{array}$
Селенометионин $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ (\text{CH}_2)_2 \\ \\ \text{Se} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Селеноцистеин $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SeH} \end{array}$	Таурин $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{OH} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$
Диоксифенилаланин (ДОФА) $\begin{array}{c} \text{HO} \quad \text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{HO} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	γ-аминомасляная кислота (ГАМК) $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH}$	Гистамин $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{Imidazole ring} \end{array}$
Серотонин $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{Indole ring with OH} \end{array}$	Триптамин $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{Indole ring} \end{array}$	

Глутатион восстановленный 			
Глутатион окисленный 			
D-глюкоза 	D-манноза 	D-галактоза 	D-фруктоза 
D-рибоза 	2-дезоксид-Д-рибоза 	Глюконовая кислота 	Глюкаровая кислота 
Глюкуроновая кислота 	Галактуроновая кислота 	2-дезоксид-2-амино-α-Д-глюкопираноза (глюкозамин) 	2-дезоксид-2-амино-α-Д-галактопираноза (галактозамин) 

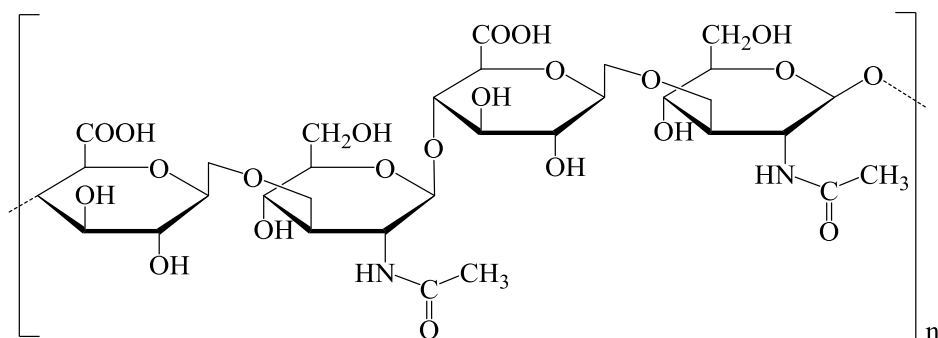
N-ацетилглюкозамин 	N-ацетилгалактозамин 	α-D-галактопираноза 
β-D-галактопираноза 	метил-α-D-галакто-пиранозид 	метил-β-D-галакто-пиранозид 
α-D-глюкопираноза 	β-D-глюкопираноза 	Этил-α-D-глюкопиранозид 
Аскорбиновая кислота (восстановленная форма) 	Аскорбиновая кислота (окисленная форма) 	Нейраминовая кислота 
N-ацетилнейраминовая кислота 	6-фосфат-D-глюкопираноза (глюкозо-6-фосфат) 	1,6-дифосфат-D-фруктофураноза (фруктозо-1,6-дифосфат) 
Мальтоза 		Целлобиоза 

Лактоза 	Лактулоза 
Сахароза 	Фрагмент целлюлозы  Фрагмент амилозы 
Фрагмент амилопектина 	
Фрагмент гликогена 	

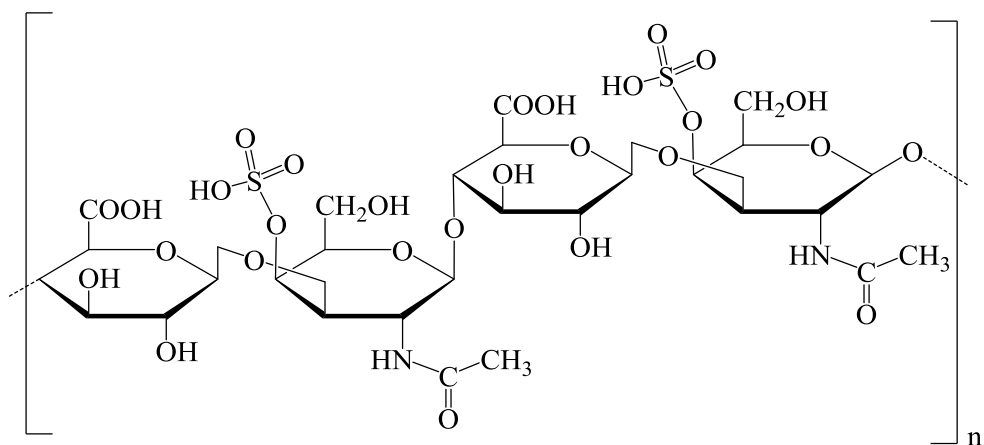
Фрагмент декстрана



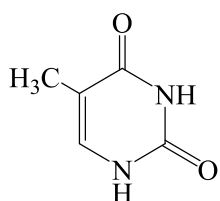
Фрагмент гиалуроновой кислоты



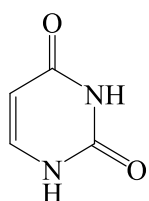
Фрагмент хондроитинсульфата



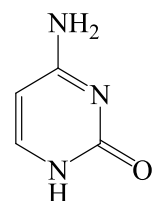
Тимин

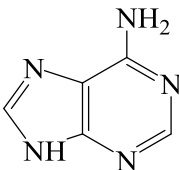
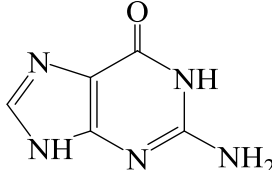
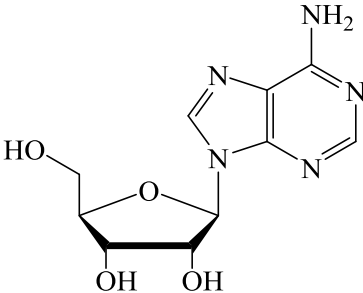
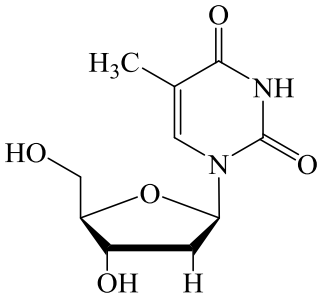
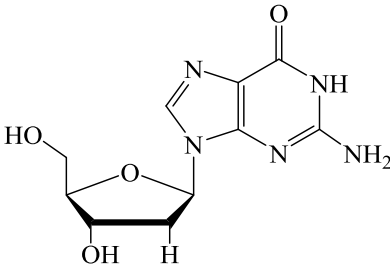
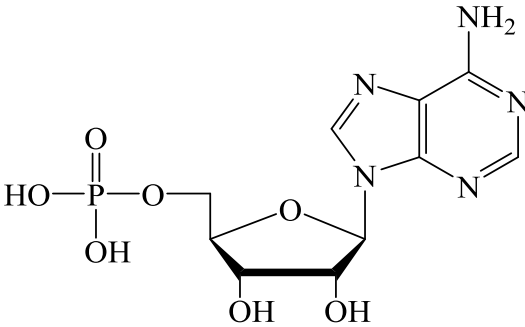
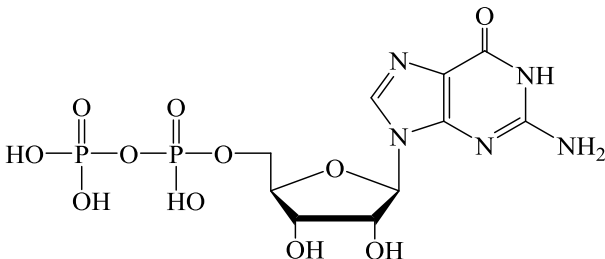
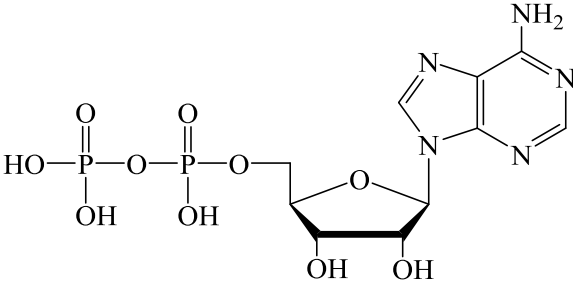
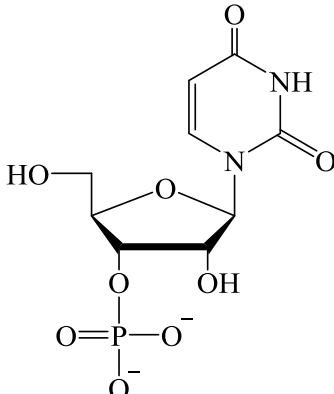
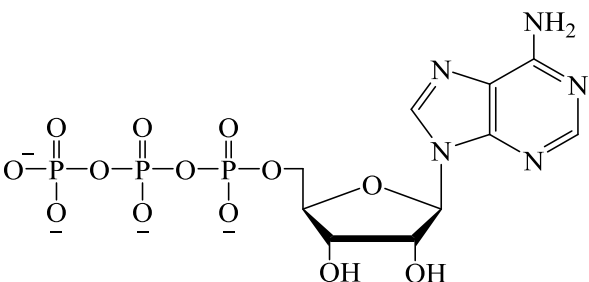
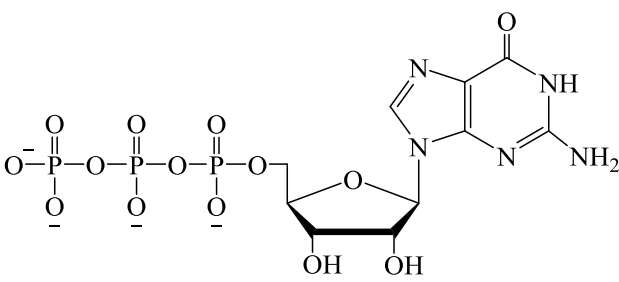


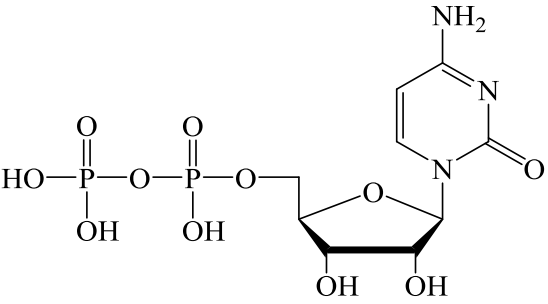
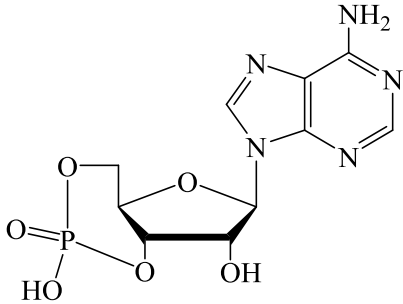
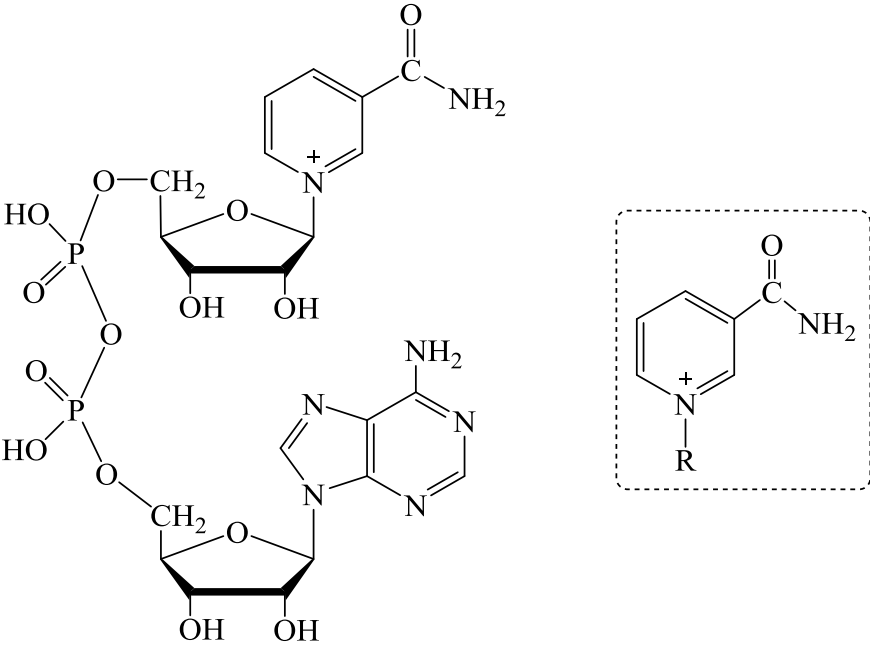
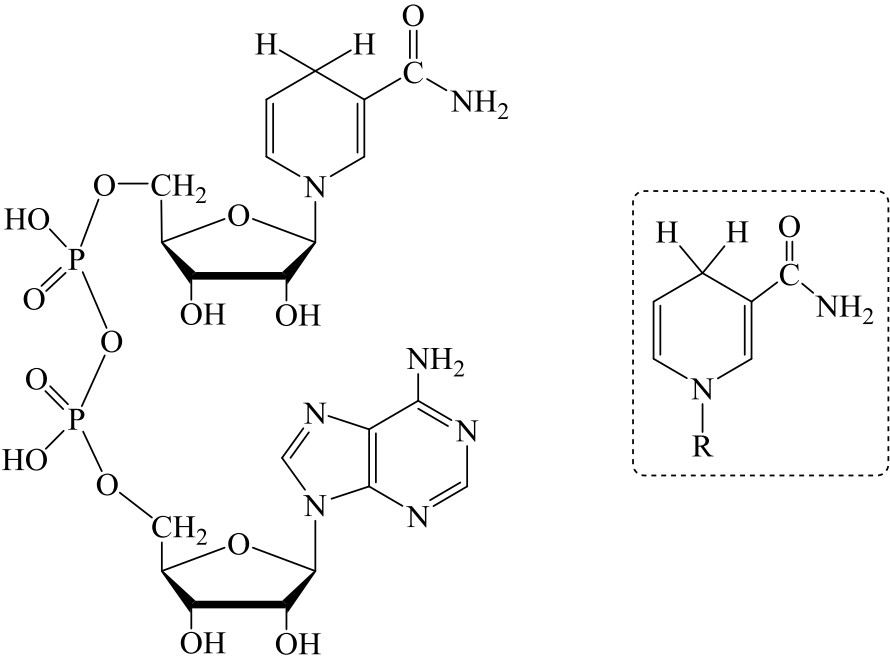
Урацил



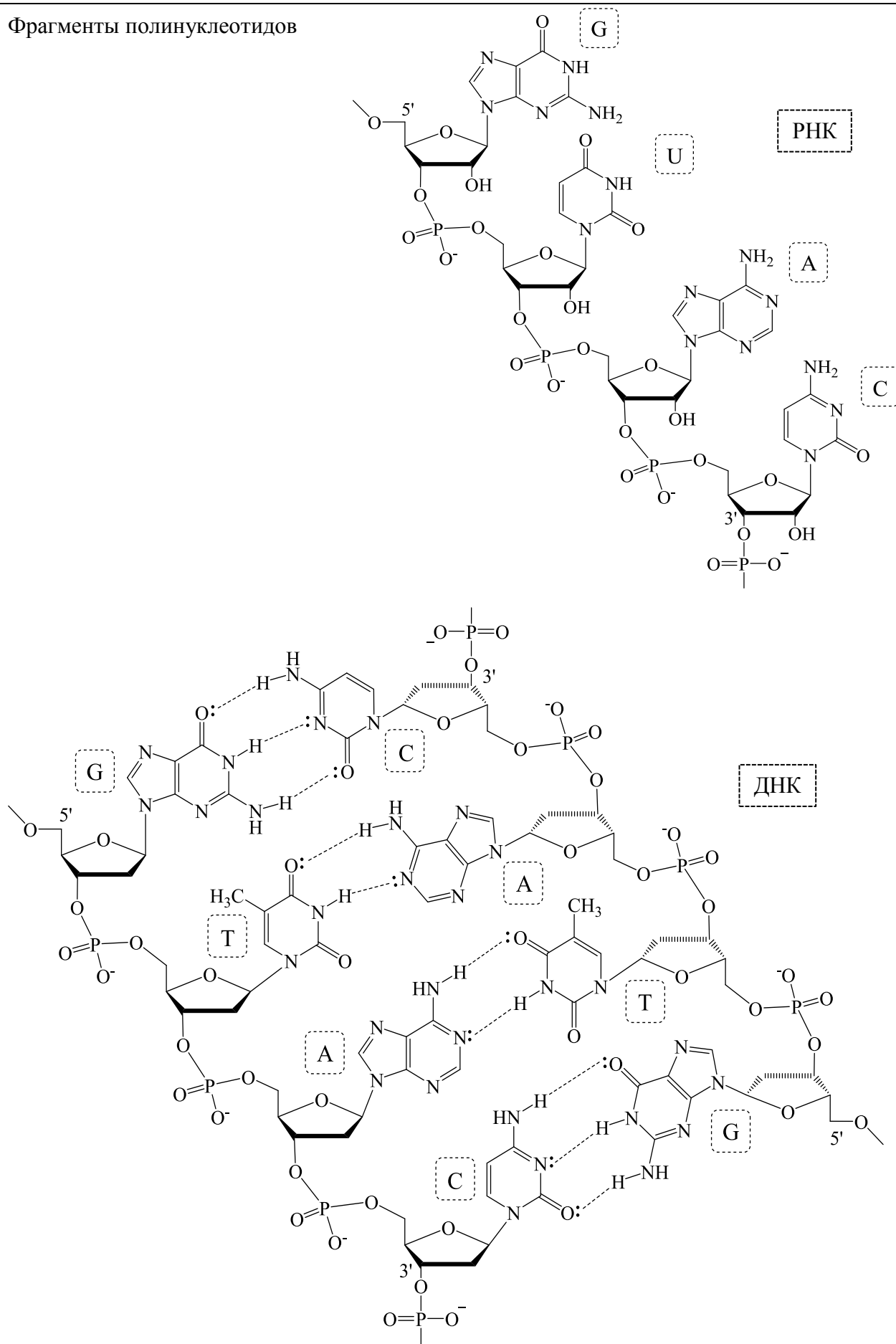
Цитозин

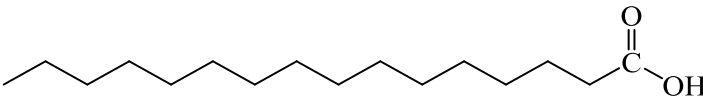
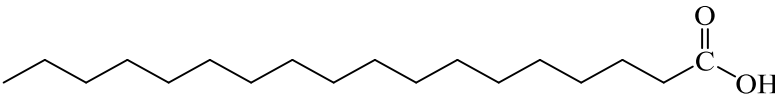
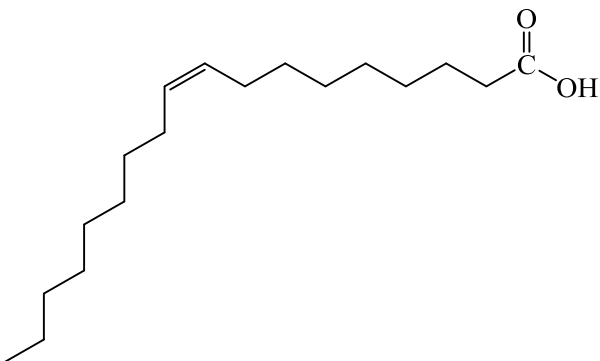
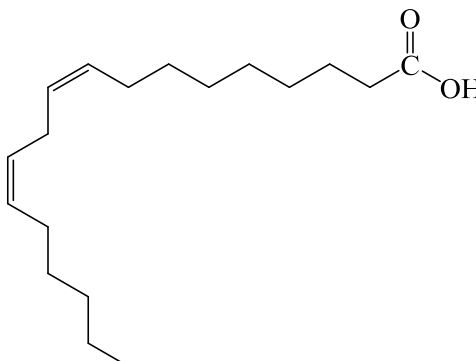
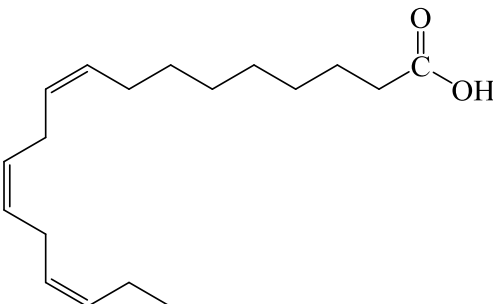
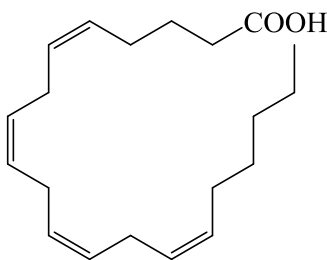
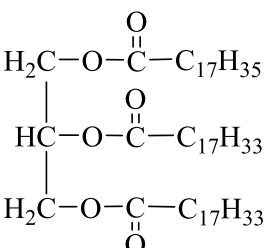
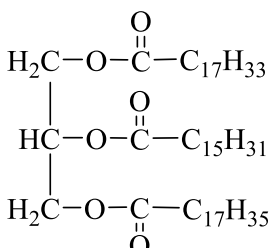
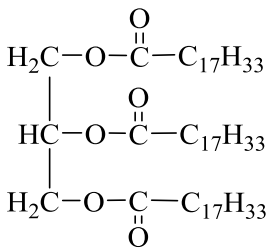
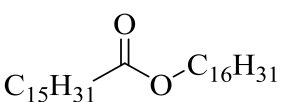
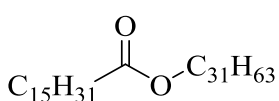


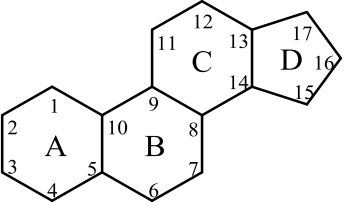
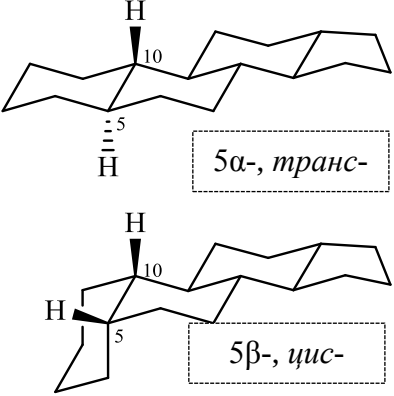
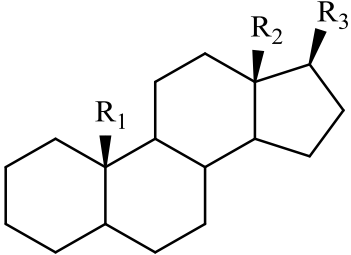
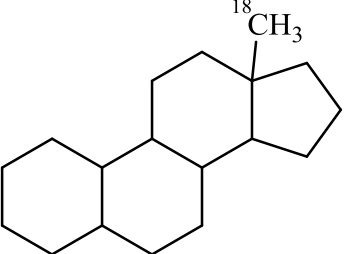
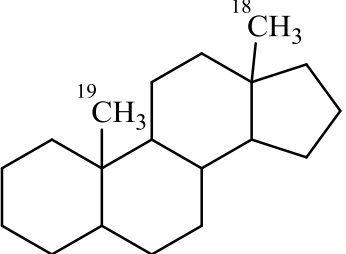
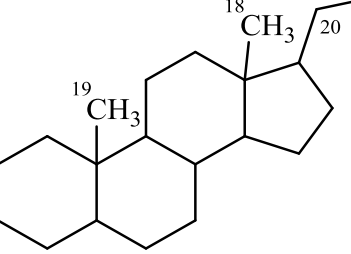
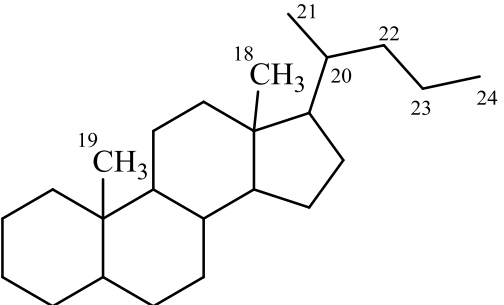
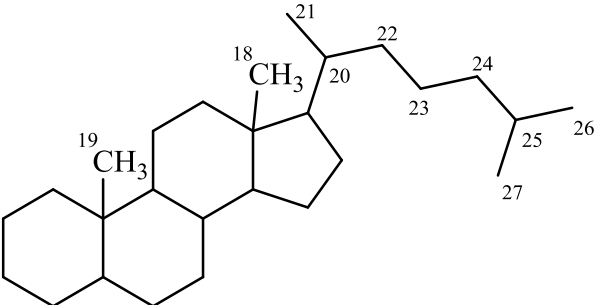
Аденин		Гуанин			
					
Аденозин		Тимидин		Дезоксигуанозин	
					
Аденозин-5`-фосфат (5`-адениловая кислота)			Гуанозин-5` ,5`-дифосфат		
					
Аденозин-5` ,5`-дифосфат			Уридин-3`-фосфат (3`-уридиловая кислота)		
					
АТФ			ГТФ		
					

Цитидин-5',5'-дифосфат 	Аденозин-3',5'-циклофосфат (3',5'-циклоадениловая кислота) 
Кофермент НАД⁺ (окисленная форма) 	
Кофермент НАДН (восстановленная форма) 	

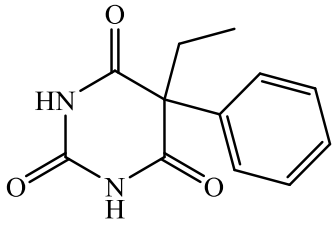
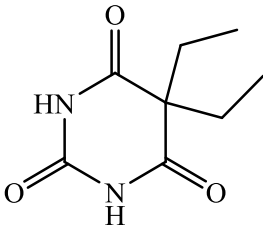
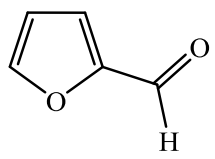
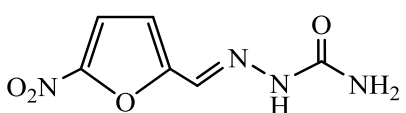
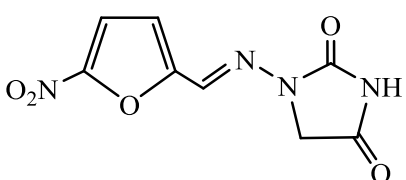
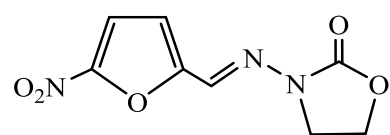
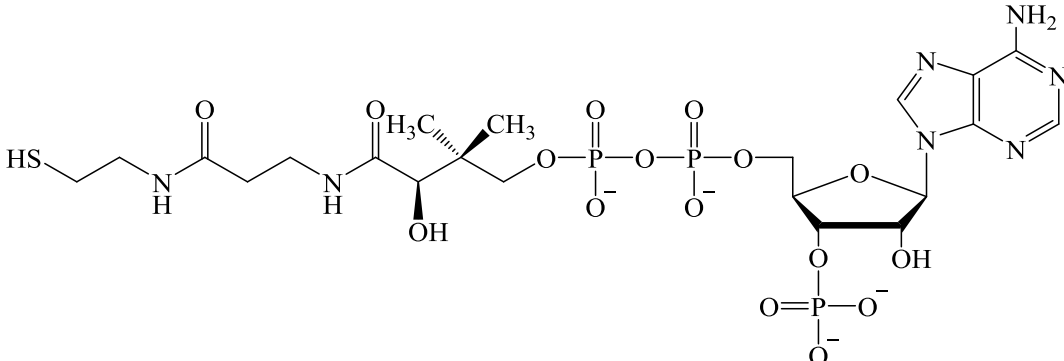
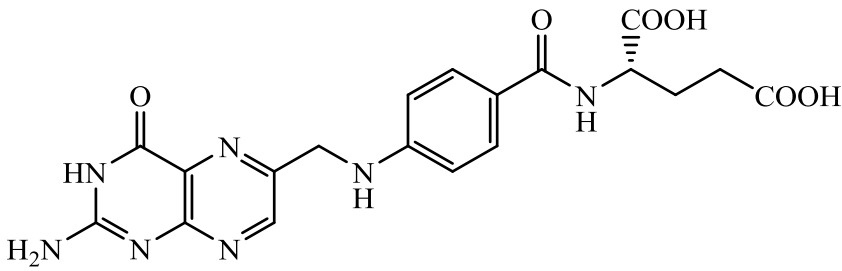
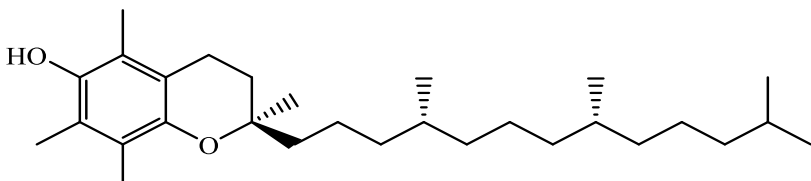
Фрагменты полинуклеотидов

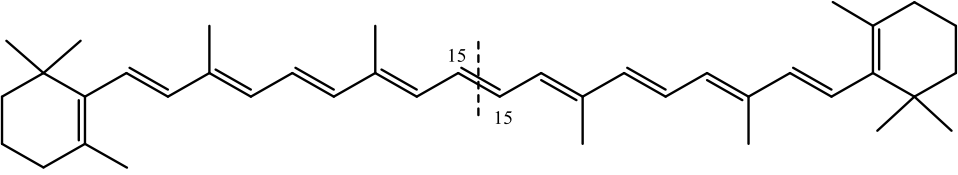
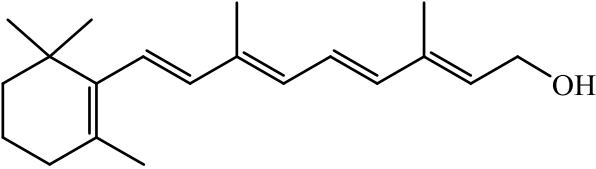
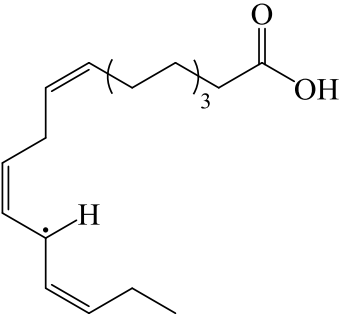
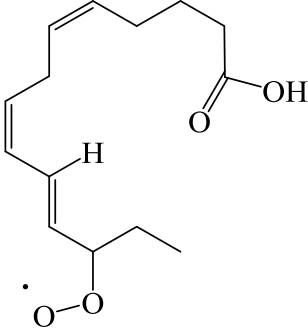
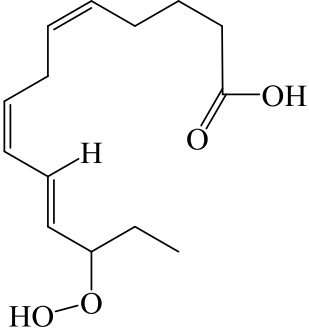
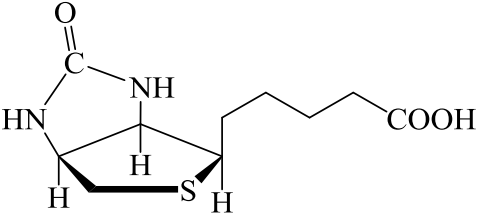
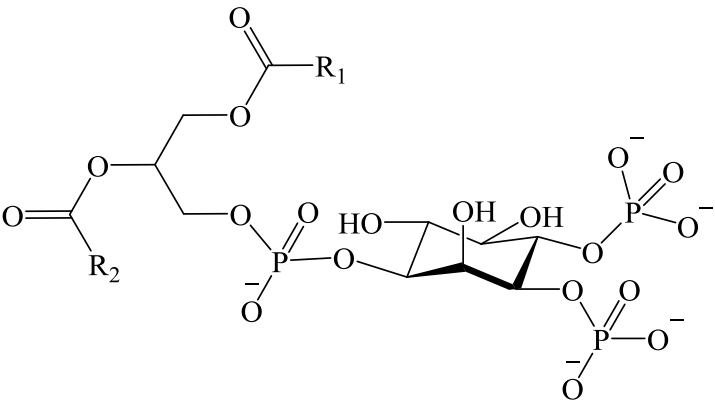
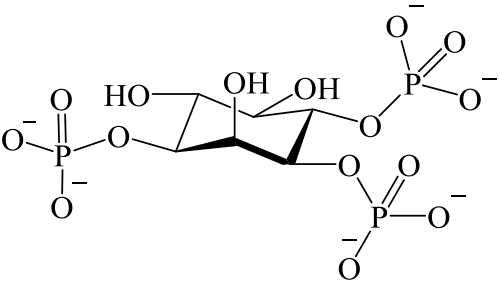


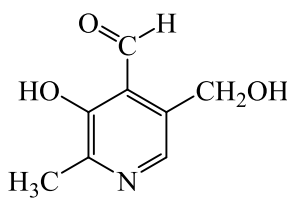
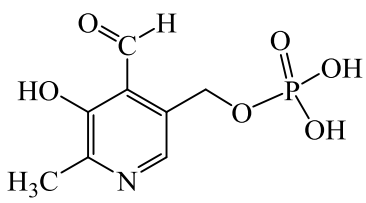
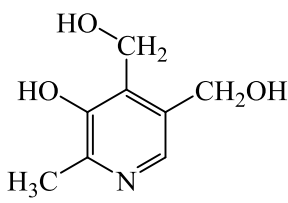
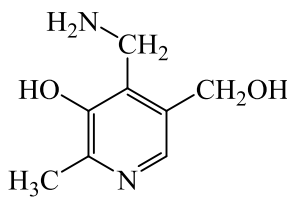
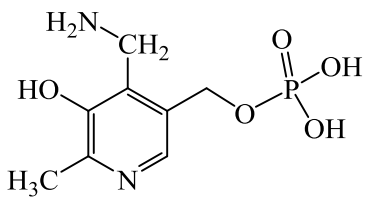
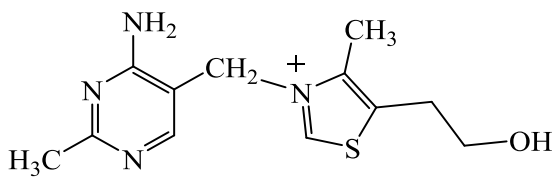
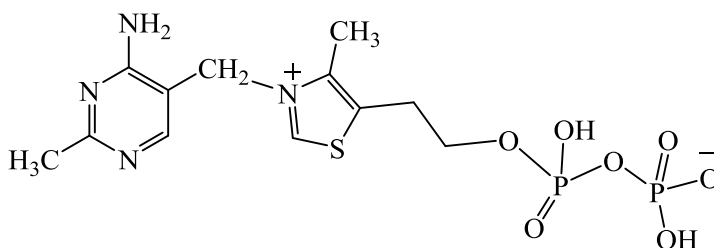
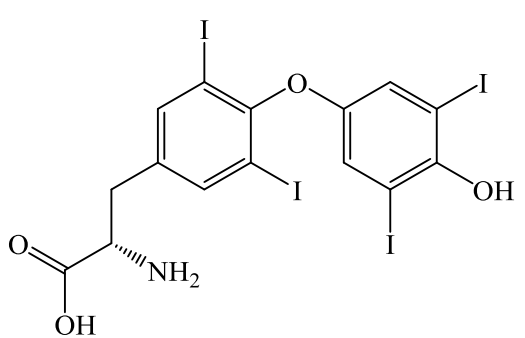
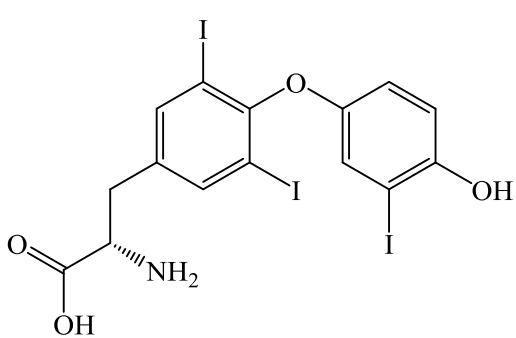
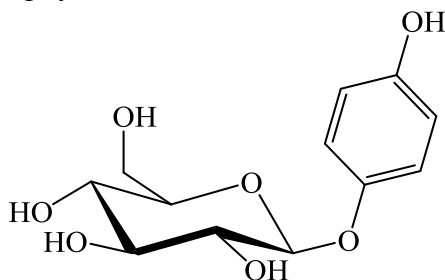
Пальмитиновая кислота		$C_{15}H_{31}COOH$ ($C_{16:0}$)			
					
Стеариновая кислота		$C_{17}H_{35}COOH$ ($C_{18:0}$)			
					
Олеиновая кислота		$C_{17}H_{33}COOH$	Линолевая кислота	$C_{17}H_{31}COOH$	
18:1 ω 9			18:2 ω 6		
					
Линоленовая кислота		$C_{17}H_{29}COOH$	Арахидоновая кислота		$C_{19}H_{31}COOH$
18:3 ω 3			20:4 ω 6		
					
Триацилглицеролы					
1-стеароил-2,3-диолеилглицерол		1-олеоил-2-пальмитоил-3-стеароилглицерол		1,2,3-триолеоилглицерол	
					
Воски					
Цетилпальмитат (компонент спермацета)			Мирицилпальмитат (компонент пчелиного воска)		
					

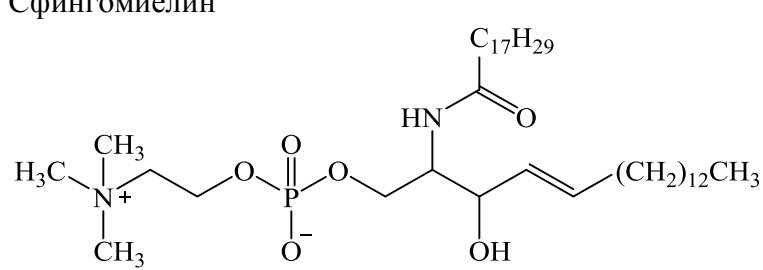
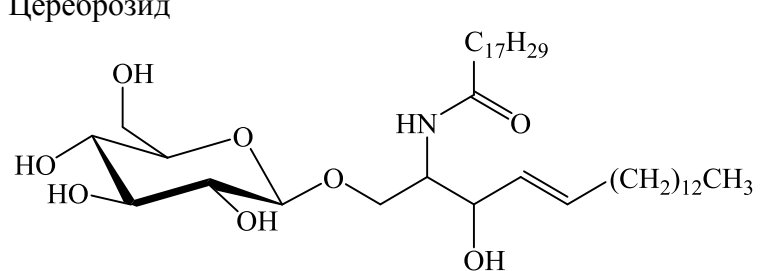
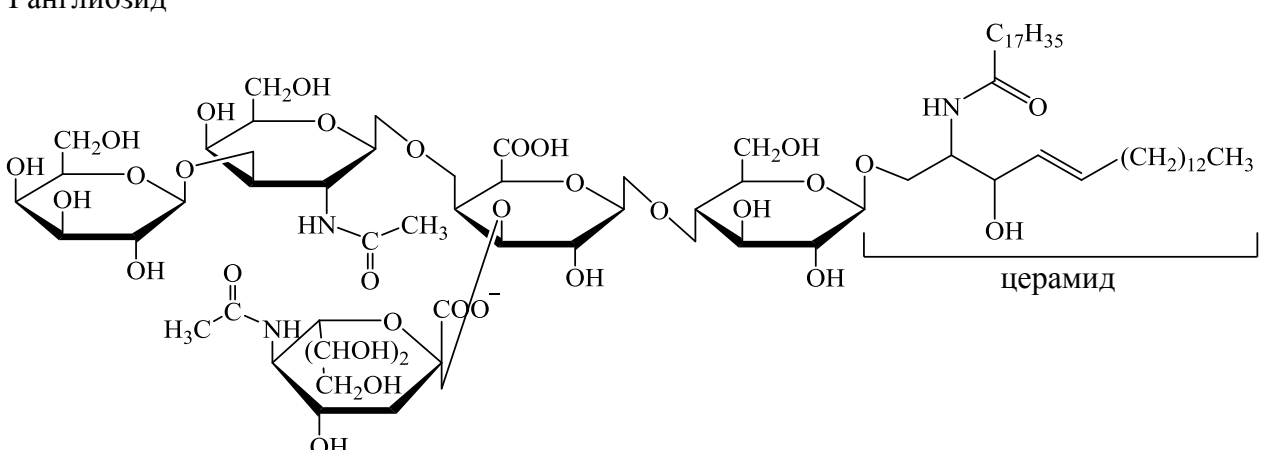
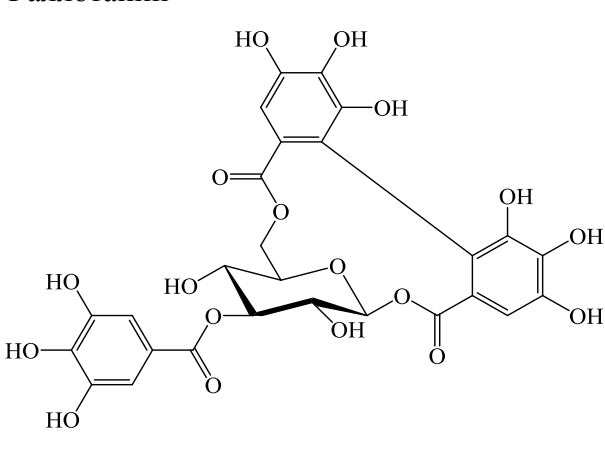
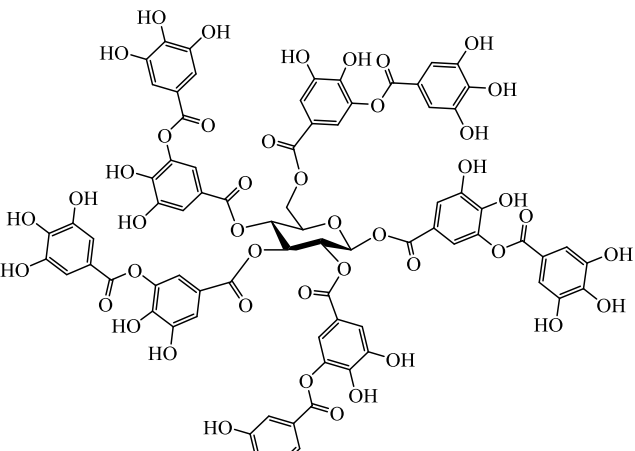
Глицерофосфолипиды		
1-стеароил-2-олеоил фосфатидилсерин $ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_{15}\text{H}_{31} \\ \\ \text{HC}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_{17}\text{H}_{29} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}^-}{\parallel}{\text{P}}-\text{O}-\text{CH}_2-\overset{\text{COO}^-}{\underset{+}{\text{N}}}\text{H}_3 \end{array} $	1-пальмитоил-2-линоленоил фосфатидилэтаноламин $ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_{15}\text{H}_{31} \\ \\ \text{HC}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_{17}\text{H}_{29} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}^-}{\parallel}{\text{P}}-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\overset{+}{\text{N}}\text{H}_3 \end{array} $	1-стеароил-2-арахидоноил фосфатидилхолин $ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_{17}\text{H}_{35} \\ \\ \text{HC}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_{19}\text{H}_{31} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}^-}{\parallel}{\text{P}}-\text{O}-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\overset{+}{\text{N}}}} \end{array} $
Гонан 	 5α-, <i>транс</i>- 5β-, <i>цис</i>-	
Эстрэн 	Андростан 	Прегнан 
Холан 	Холестан 	

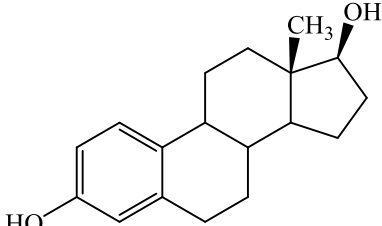
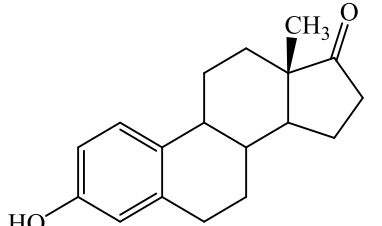
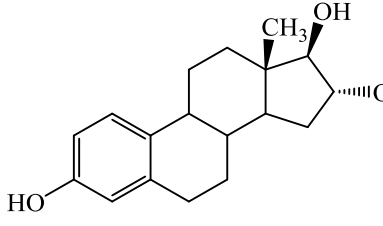
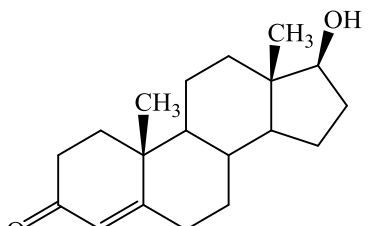
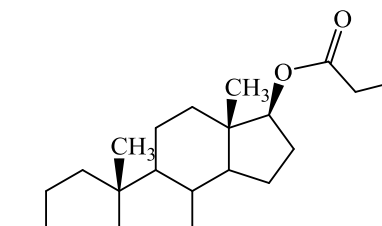
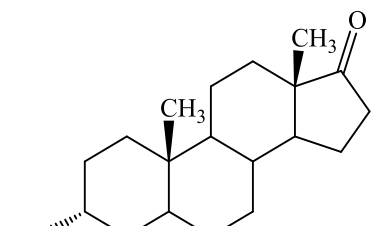
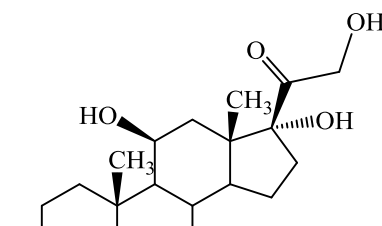
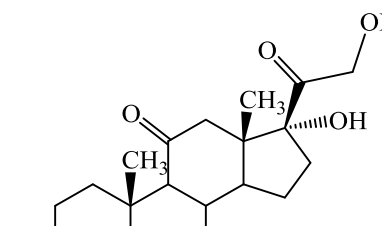
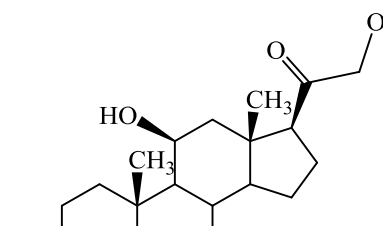
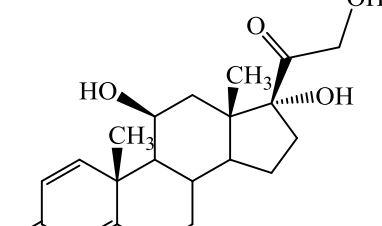
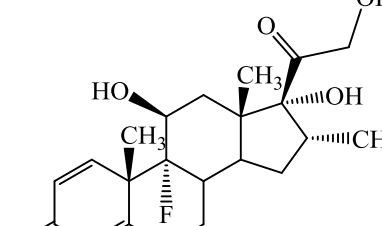
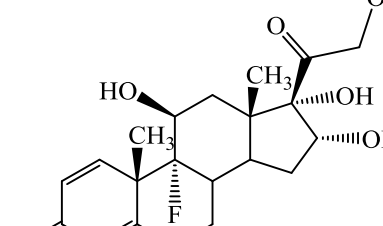
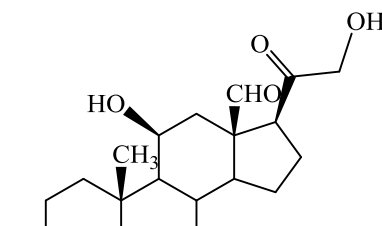
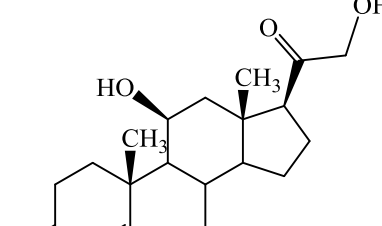
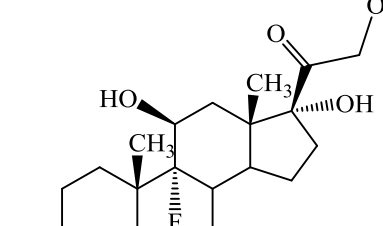
**ФОРМУЛЫ СОЕДИНЕНИЙ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО УМЕТЬ УЗНАВАТЬ
И АНАЛИЗИРОВАТЬ СТРУКТУРУ С УКАЗАНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКОГО
И (ИЛИ) МЕДИЦИНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ**

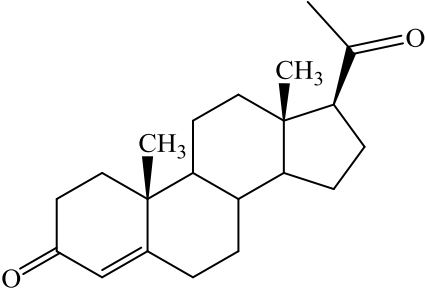
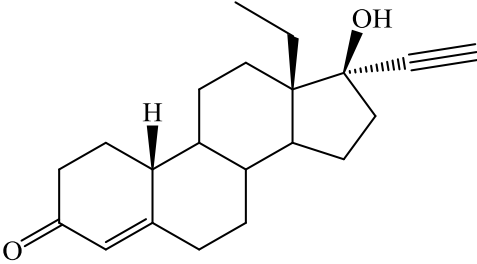
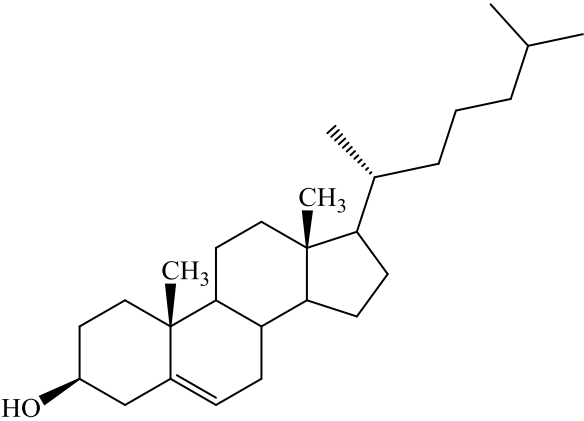
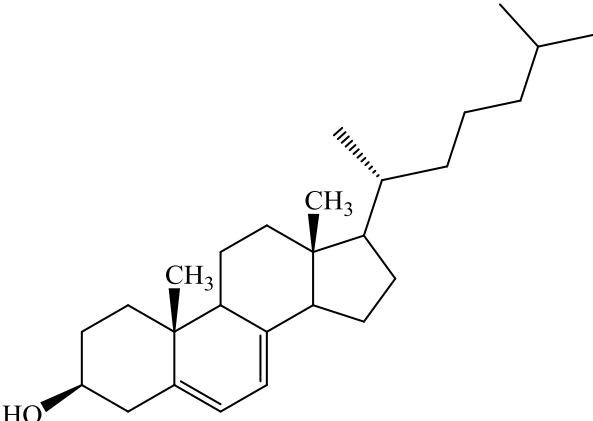
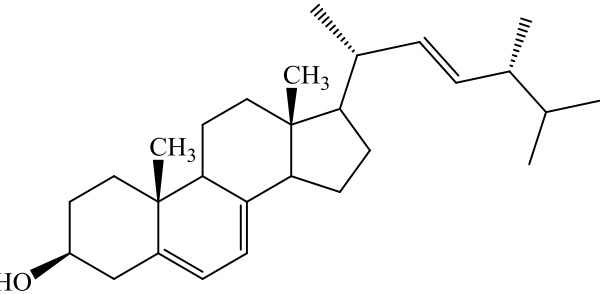
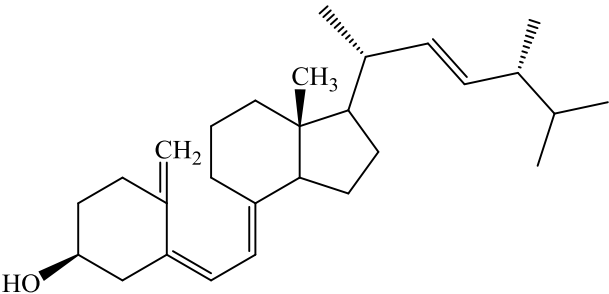
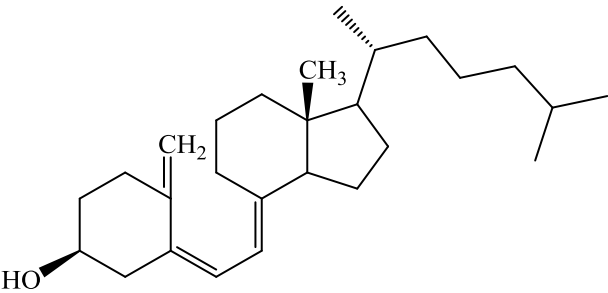
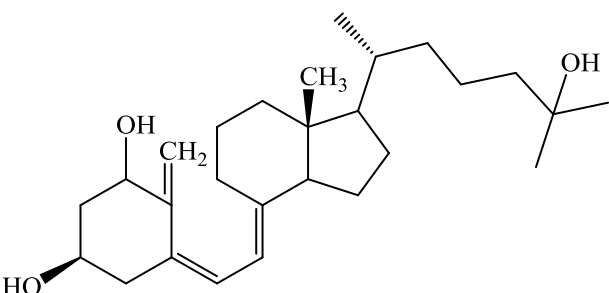
Производные барбитуровой кислоты		Фурфурол
5-фенил-5-этилбарбитуровая кислота (фенобарбитал) 	5,5-диэтилбарбитуровая кислота 	
Производные 5-нитрофурана		
Фурацилин 	Фурадонин 	Фуразолидон 
Кофермент А 		
Фолиевая кислота 		
Витамин Е (α-токоферол) 		

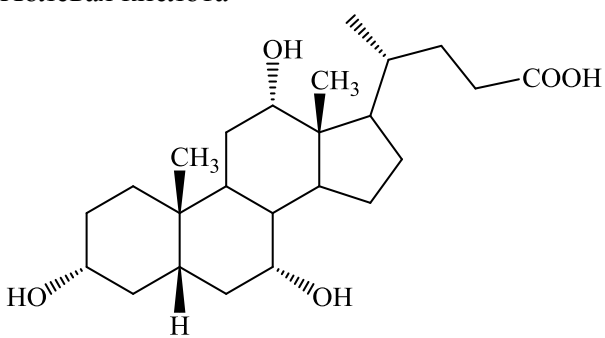
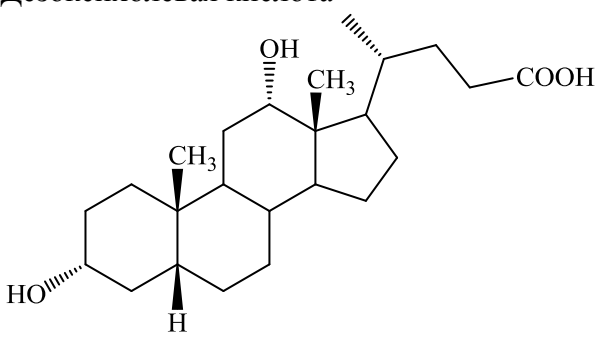
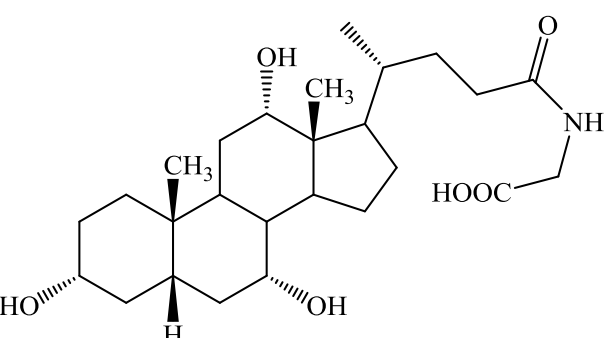
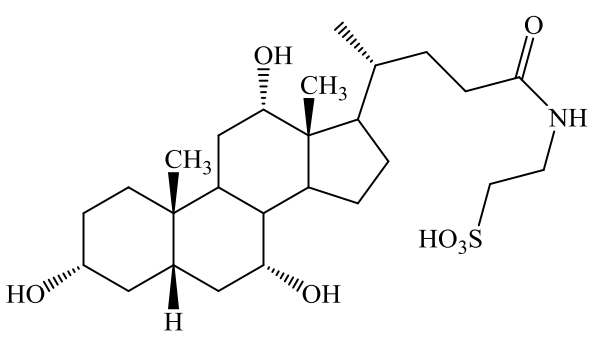
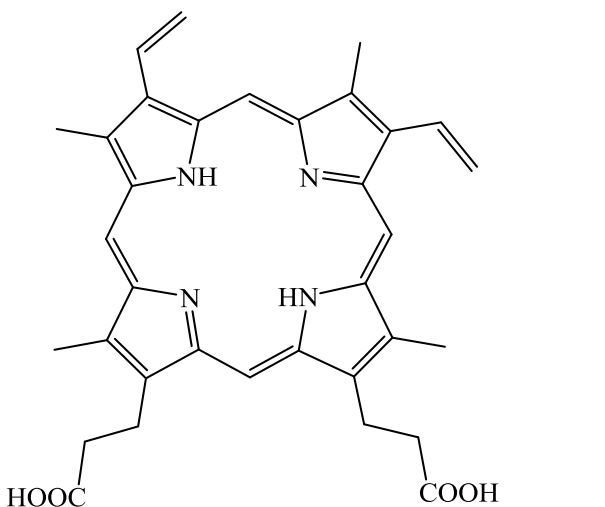
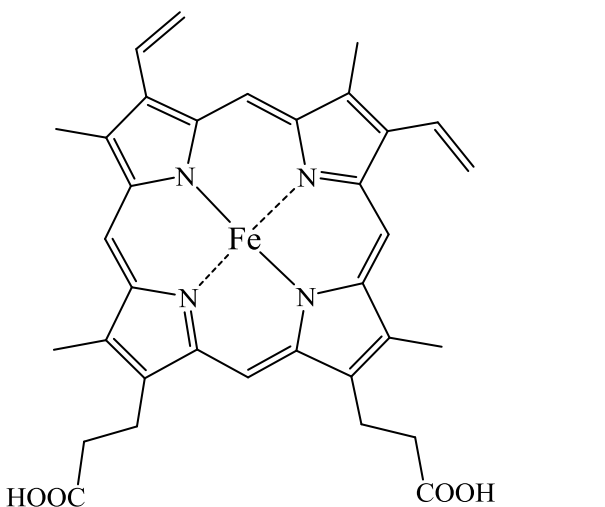
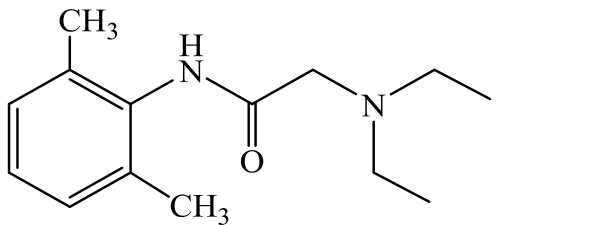
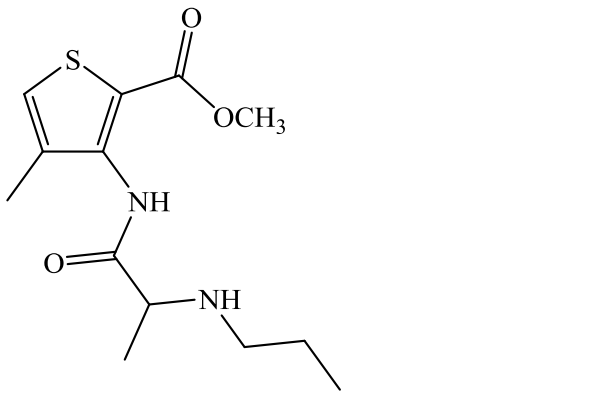
β-Каротин 		
Витамин А (ретинол) 		
Производные жирных кислот (ЖК) (продукты перекисного окисления липидов)		
Ацильный радикал 	Супероксидный радикал 	Гидроперекись ЖК 
Биотин (витамин Н) 		
Фосфатидилинозитол фосфорилированный 	Инозитолтрифосфат 	

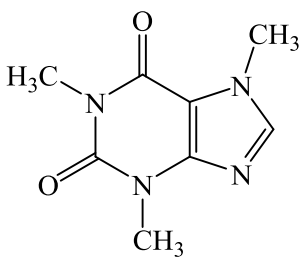
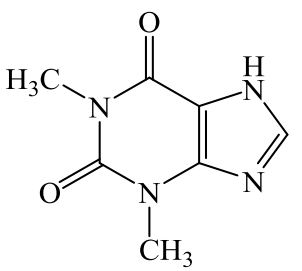
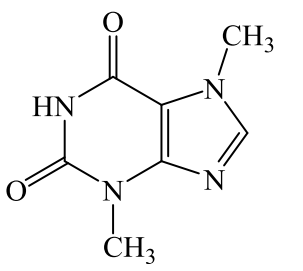
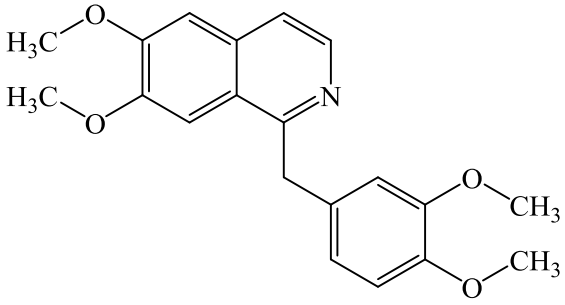
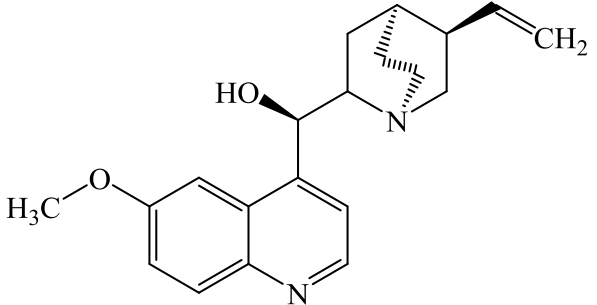
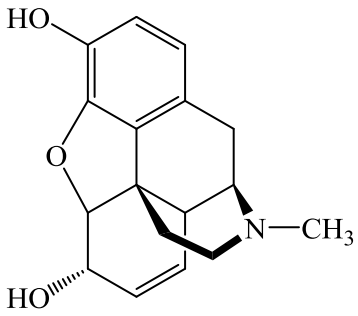
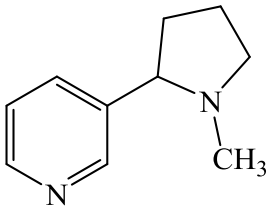
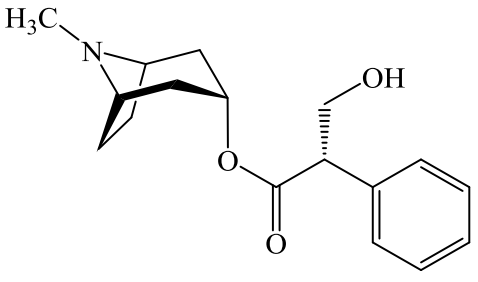
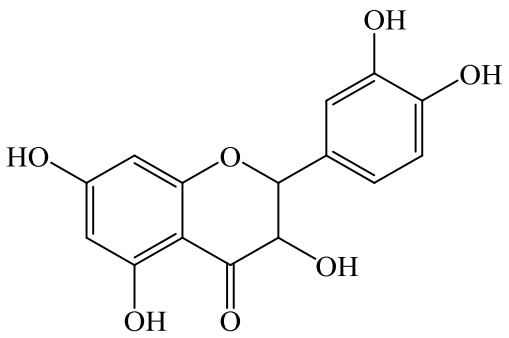
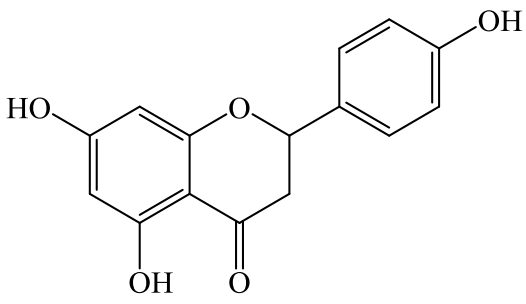
Различные формы витамина В ₆		
Пиридоксаль 	Пиридоксальфосфат 	Пиридоксол 
Пиридоксамин 	Пиридоксаминфосфат 	
Тиамин (витамин В₁) 		
Тимидиндифосфат (кокарбоксилаза) — активная форма витамина В₁ 		
Тироксин 	Трийодтиронин 	
Арбутин 		

Сфингофосфолипиды	
Сфингомиелин	
	
Гликолипиды	
Цереброзид	
	
Ганглиозид	
	
Танины	
Галлотанин	
	

Представители природных и синтетических эстрогенов		
Эстрадиол 	Эстрон 	Эстриол 
Представители природных и синтетических андрогенов		
Тестостерон 	Тестостерона пропионат 	Андростерон 
Представители природных и синтетических кортикостероидов		
Кортизол 	Кортизон 	Кортикостерон 
Преднизолон 	Дексаметазон 	Триамцинолон 
Представители природных и синтетических минералокортикоидов		
Альдостерон 	Дезоксикортикостерон 	Флудрокортизон 

Представители прогестагенов и прогестинов	
Прогестерон 	Левоноргестрел 
Производные холестерина	
Холестерол 	7-дегирохолестерол 
Витамины группы D и их предшественники	
Эргостерол (эргостерин) — предшественник витамина D₂ 	Витамин D₂ 
Витамин D₃ (холекальциферол) 	1α,25-дигидроксихолекальциферол (кальцитриол — активная форма витамина D₃) 

Желчные кислоты	
Холевая кислота 	Дезоксихолевая кислота 
Гликохолевая кислота 	Таурохолевая кислота 
Протопорфирин 	Гем 
Лидокаин 	Ульттракаин 

Алкалоиды		
Кофеин	Теofilлин	Теобромин
		
Папаверин	Хинин	
		
Морфин	Никотин	Атропин
		
Флавоноиды		
Рутин	Нарингенин	
		

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. ω -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. 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. Химическая связь и взаимное влияние атомов в органических 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	A3 B2 B3 Г4

Лабораторное занятие № 3. Пространственное строение органических молекул. Стереои́зометрия

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	A2 B1 B4 Г3	2

Лабораторное занятие № 4. Реакционная способность органических соединений (часть 1)

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 № 4. Реакционная способность органических соединений (часть 2)

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	A3 B2 B1 Г3

Лабораторное занятие № 4. Реакционная способность органических соединений (часть 3)

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
2, 3	A2 B4 B1 Г3	2	3	1, 3	1, 2	1, 3, 4	4	2	2

Лабораторное занятие № 4. Реакционная способность органических соединений (часть 4)

Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	Тест 9	Тест 10
1, 4, 3, 2	A4 B2 B3 Г1	1	1, 2, 4	1, 3, 4, 5	2	1, 2, 4	2, 3, 4	3, 4	1, 4

Лабораторное занятие № 8. Поли- и гетерофункциональные соединения, участвующие в процессах жизнедеятельности и лежащие в основе важнейших групп лекарственных средств

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 № 9. Биологически активные 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 № 10. 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 № 11. Углеводы. Олиго- и 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 № 12. 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 № 13. Пептиды и 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 № 14. 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 № 15. 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 № 16. Низкомолекулярные биорегуляторы

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Биоорганическая химия* : учеб. пособие / О. Н. Ринейская [и др.]. – Минск : Новое знание, 2022. – 282 с.
2. *Биоорганическая химия* : учеб. пособие / О. Н. Ринейская [и др.]. – Минск : Новое знание, 2024. – 282 с.
3. *Биоорганическая химия* : учеб. / О. Н. Ринейская [и др.]. – Минск : Новое знание, 2026. – 282 с.
4. *Биоорганическая химия* : учеб. для вузов / И. В. Романовский [и др.]. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2015. – 504 с.
5. *Задачи с алгоритмами решений по биоорганической химии* : учеб.-метод. пособие / О. Н. Ринейская [и др.]. – Минск : БГМУ, 2020. – 115 с.
6. *Биоорганическая химия: руководство к практическим занятиям* : учеб. пособие / под ред. Н. А. Тюкавкиной. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 165 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Учебно-учетная карта	3
Требования, предъявляемые кафедрой к студенту	4
Правила техники безопасности при работе в химической лаборатории	4
Лабораторное занятие № 1. Введение. Классификация и номенклатура органических соединений	6
Лабораторное занятие № 2. Химическая связь и взаимное влияние атомов в органических молекулах	11
Лабораторное занятие № 3. Пространственное строение органических молекул. Стереои́зомерия.....	16
Лабораторное занятие № 4. Реакционная способность органических соединений (часть 1).....	22
Лабораторное занятие № 5. Реакционная способность органических соединений (часть 2).....	28
Лабораторное занятие № 6. Реакционная способность органических соединений (часть 3).....	34
Лабораторное занятие № 7. Реакционная способность органических соединений (часть 4).....	39
Лабораторное занятие № 8. Поли- и гетерофункциональные соединения, участвующие в процессах жизнедеятельности и лежащие в основе важнейших групп лекарственных средств	45
Лабораторное занятие № 9. Биологически активные гетероциклические соединения. Алкалоиды	56
Лабораторное занятие № 10. Углеводы. Моносахариды	64
Лабораторное занятие № 11. Углеводы. Олиго- и полисахариды	73
Лабораторное занятие № 12. Аминокислоты	79
Лабораторное занятие № 13. Пептиды и белки	87
Лабораторное занятие № 14. Нуклеиновые кислоты	95
Лабораторное занятие № 15. Липиды	102
Лабораторное занятие № 16. Низкомолекулярные биорегуляторы.....	111
Лабораторное занятие № 17. Итоговое занятие «Биополимеры и их структурные компоненты. Липиды».....	118
Лабораторное занятие № 18. Итоговое занятие «Биоорганическая химия» (дифференцированный зачет для студентов лечебного факультета)	121
Формулы соединений, которые необходимо знать и уметь записывать	122
Формулы соединений, которые необходимо уметь узнавать и анализировать структуру с указанием биологического и (или) медицинского значения	136
Темы рефератов.....	144
Ответы на тестовые задания	145
Список использованной литературы.....	147