

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



**БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

**ПРАКТИКУМ**

для самостоятельной подготовки  
по биоорганической химии для студентов  
направления 1201 «Медицина»  
специальности **6.120102 «Лабораторная диагностика»**

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

---

Ф.И.О.

Запорожье  
2015

Практикум для самостоятельной подготовки к занятиям по биорганической химии для студентов направления 1201 «Медицина» специальности 6.120102 «Лабораторная диагностика» был рассмотрен Центральным методическим советом Запорожского государственного медицинского университета (протокол № 4 от 26.02.2015 г.) и рекомендован в качестве официального материала.

Авторы:

Профессор **Коваленко С. И.**

Профессор **Прийменко Б. А.**

Доцент **Гнатов М. И.**

Доцент **Кандыбей К. И.**

Доцент **Воскобойник А. Ю.**

Старший преподаватель **Антипенко Л. Н.**

Ассистент **Билый А. К.**

Ассистент **Казунин М. С.**

Под общей редакцией доктора фармацевтических наук, профессора **Коваленко С. И.**

Рецензенты:

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

Заведующая кафедрой аналитической химии, д.фарм.н., профессор **Васюк С. А.**

## ВВЕДЕНИЕ

**Целью** учебной дисциплины «Биоорганическая химия» является научить студентов общим принципам оценки химических свойств органических соединений, положенных в основу синтеза и анализа органических веществ, раскрыть практические аспекты органической химии, пути использования ее достижений в современной медицине.

**Основными задачами** изучения дисциплины является формирование у студентов устойчивых знаний по химии биологически значимых органических соединений и навыков выполнения экспериментальных работ по синтезу и функционального анализа органических веществ.

Согласно требованиям образовательно-профессиональной программы **студенты должны знать:** принципы оценки химических свойств и превращений биоорганических веществ в процессе жизнедеятельности организма; логическую связь между классами органических соединений; практические аспекты использования биоорганической химии и ее достижений в изучении фундаментальных медицинских дисциплин (биологической химии, фармакологии, гигиены, токсикологии и т.д.) и клинической практике.

**уметь:** классифицировать биоорганические соединения по строению углеродной цепи и природы функциональной группы; пользоваться правилами систематической номенклатуры и знать структурные формулы соединений наиболее важных классов биоорганических веществ; анализировать кислотно-щелочные свойства органических веществ; проводить качественные реакции открытия функциональных групп органических соединений; регистрировать и анализировать экспериментальные результаты.

**иметь понятие:** взаимосвязь «структура - биологическое действие» в ряду органических соединений, дизайна и модификации новых лекарственных препаратов.

В связи с обучением студентов международного факультета материал данного практикума изложен на русском языке.

На изучение учебной дисциплины отводится 90 часов 2,5 кредитов ЕКТС.

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН  
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

№ п/п	Тема практического занятия	Кол. часов
1	Принципы номенклатуры. Электронное строение химических связей. Исследование реакционной способности углеводородов (алканов, алкенов, алкинов и аренов).	2
2	Исследование кислотных и основных свойств органических соединений. Реакционная способность спиртов, фенолов, эфиров и их тиоаналогов.	2
3	Исследование химических свойств альдегидов и кетонов. Биологически важные реакции карбонильных соединений.	2
4	Исследование химических свойств карбоновых кислот и их функциональных производных. Липиды и фосфолипиды. Свойства гетерофункциональных карбоновых кислот: $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -гидрокси-, amino- и оксокислот.	2
5	<b>Практические навыки и решение ситуационных задач по темам: «Основы строения органических соединений, углеводороды, спирты, фенолы, альдегиды, кетоны, карбоновые и гетерофункциональные карбоновые кислоты». Контроль содержательного модуля 1.</b>	2
6	Исследование структуры и химических свойств моносахаридов, дисахаридов и полисахаридов.	2
7	Исследование структуры и химических свойств $\alpha$ -аминокислот, пептидов и белков.	2
8	Нуклеозиды, нуклеотиды. Первичная и вторичная структура нуклеиновых кислот.	2
9	<b>Практические навыки и решение ситуационных задач по теме: «Биологически важные органические соединения (углеводы, аминокислоты, пептиды, белки, нуклеиновые кислоты)». Контроль содержательного модуля 2.</b>	2
10	<b>Итоговый модульный контроль</b>	2
<b>ИТОГО</b>		<b>20</b>

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

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

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

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

## ТУШЕНИЕ МЕСТНЫХ ЗАГОРАНИЙ

1. При возникновении пожара немедленно выключить электронагревательные приборы. Убрать подальше от огня склянки с горючими жидкостями. Быстро засыпать очаг пожара песком, который находится в специальном ящике.
2. Используйте асбестовые одеяла, которые имеются у лаборанта, для ликвидации очагов пожара.
3. Нельзя заливать водой загоревшийся эфир, бензол, смеси, содержащие металлический натрий – во всех случаях используйте песок.
4. Большие очаги пожара ликвидируйте с помощью огнетушителей. В случае обширного загорания следует известить пожарную охрану по телефону – 01.
5. В случае загорания одежды не следует бегать по комнате, надо немедленно набросить на себя асбестовое одеяло или какую-то верхнюю одежду, чтобы прекратить доступ воздуха к загоревшейся одежде. Можно потушить пламя, отбежав от очага и перекатываясь по полу.

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

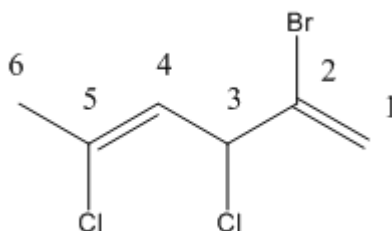
## ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

1. В основе названия соединения лежит родоначальная структура (главная цепь ациклической молекулы, карбоциклическая или гетероциклическая система).
2. Старшая функциональная группа обозначается в суффиксе, остальные заместители – в приставках в алфавитном порядке.

### План составления названия

1. Выбрать главную углеродную цепь (наиболее длинную, с большим числом заместителей и кратных связей).
2. Пронумеровать главную цепь от старшей функциональной группы.
3. Составить название соединения с учетом имеющихся в его молекуле заместителей и функциональных групп.

Например,



(Z)-2-бром-3,5-дихлоргекса-1,4-диен

Нумерация произведена слева, т.к. наименьший порядковый номер у двойной связи слева.

**Z** – геометрический изомер, указывающий на положение двух старших заместителей по одну сторону от двойной связи,

**2-бром**- положение заместителя брома в алфавитном порядке,

**3,5-дихлор** – положения двух атомов хлора, которые указываются приставкой ди (на алфавитный порядок не влияет), последний заместитель пишется слитно с основной углеродной цепью,

**гекса** – шесть атомов углерода в цепи,

**1,4-диен** – положение двух старших функциональных групп – двух двойных связей.

## ЗАНЯТИЕ 1

**Тема:** Принципы номенклатуры. Электронное строение химических связей. Исследование реакционной способности углеводородов (алканов, алкенов, алкинов и аренов).

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

Электронное строение атомных орбиталей и их гибридизация, ковалентная связь, сопряжение, электронные эффекты как основной способ передачи взаимного влияния относятся к фундаментальным понятиям и являются основой системных знаний о реакционной способности биологически важных органических соединений, дают возможность качественно проводить сравнение термодинамической устойчивости соединений, интерпретировать механизмы биохимических реакций.

Ациклические и циклические углеводороды широко распространены в природе: входят в состав природного газа, нефти твердых горючих ископаемых. Они лежат в основе всех классов биологически активных веществ, находят широкое применение в органическом синтезе и медицине (кверцит, инозит, стрептидин и т.д.).

Ненасыщенные ациклические углеводороды характеризуются высокой реакционной способностью и часто используются в качестве исходных продуктов для получения веществ, применяемых в технике, медицине, фармации. Алкены и алкадиены являются мономерами, занимающими видное место в химии высокомолекулярных соединений, широко применяемых как основа для различных лекарственных форм, упаковочный материал, предметы санитарии и гигиены, хирургический материал и т.д.

**Цель:** Сформировать знание основных принципов классификации, химической номенклатуры, пространственного строения органических соединений и умение использовать их в решении номенклатурных, структурных задач, функциональном анализе лекарственных веществ; о строении химических связей, электронных эффектах заместителей и строении молекул с сопряженными связями как термодинамически устойчивых систем, используемых при построении биологически важных структур; умение прогнозировать способность основных групп углеводородов к гомолитическому или гетеролитическому превращению во взаимосвязи с электронным строением атома углерода и электронными эффектами заместителей или гетероатомов, введенных в ароматическое ядро; знания о химическом поведении непредельных алифатических углеводородов во взаимосвязи с электронным строением атома углерода и его химических связей.

### Вопросы для самостоятельной подготовки студентов:

1. Сформулируйте основные положения теории строения органических соединений А.М. Бутлерова.

2. Напишите электронную структурную формулу атома углерода. объясните его валентность и электронное строение  $\sigma$ -связи. Тетраэдрическая модель метана.

3. Объясните электронное строение  $\pi$ -связи. Напишите структурные формулы соединений: бутен-1, цис-бутен-2, транс-бутен-2, пропин, бутин-1, бутин-2. Конкретизируйте различия понятий "структурные изомеры" и "цис-, транс-изомеры".

4. Напишите структурные формулы соединений: бутен-2-диовая-1,4 кислота; пропанон-2; 2-амино-3-меркапто-3-метилбутановая кислота.

5. Изобразите в проекции Ньюмена заторможенную и заслоненную конформации 2-аминоэтанола. Какому положению на энергетической кривой (максимуму или минимуму) соответствуют эти конформации.



6. Изобразите предпочтительную конформацию циклогексана, метилциклогексана.

Объясните ее предпочтительность.

7. Напишите формулы и объясните электронное строение ковалентной химической связи в молекулах: метана, этена, этина, 2-бутена, бутадиена-1,3, пентадиена-1,4, гексатриена-1,3,5.

8. Определите тип гибридизации атомов углерода в молекулах метана, этена, пропина, бутадиена-1,3, бензола.

9. Объясните причину образования водородной связи. Как водородная связь изображается графически? Напишите примеры ассоциатов молекул метанола, этановой и салициловой кислот.

10. Дайте определение понятиям: сопряжение, энергия сопряжения, делокализация. Напишите формулы и укажите тип сопряжения в молекулах следующих соединений: бутадиен-1,3, бензол, пропеналь, винилхлорид, фенол, аминобензол, бензальдегид.

11. Объясните электронные эффекты заместителей в алифатических соединениях. Определите вид и знак электронных эффектов заместителей в: хлорэтаноле, бромэтаноле, диэтилаmine, анилине, этаноле, пропановой кислоте. Объясните индуктивный и мезомерный эффекты в сопряженных системах ароматического и гетероциклического ряда: анилине, бензальдегиде, феноле, нитробензоле, бензолсульфокислоте, бензойной кислоте, хлорбензоле, толуоле.

12. Напишите формулы следующих насыщенных углеводородов: пропан, 2-метилпентан, изобутан, циклопропан, метилциклогексан.

13. Опишите механизм реакции хлорирования метана, пропана.

14. Напишите реакции каталитического гидрирования этилена, пропена, 2-метилпропена.

15. Напишите реакции окисления перманганатом калия (реакция Вагнера) этилена, пропена. Какое практическое значение имеет эта реакция?

16. Напишите реакции полимеризации этилена, пропена, хлорэтена (винилхлорида), бутадиена-1,3, а также реакцию тримеризации ацетилена.

17. Напишите реакции галогенирования, гидрогалогенирования и гидратации ацетилена. Сравните реакционную способность алкинов и алкенов в реакциях А<sub>Е</sub>. Напишите реакции ацетилена и пропина с хлоридом меди (I) в аммиачном растворе. Какое практическое значение имеет эта реакция?

18. Напишите формулы бензола, нафталина, изопропилбензола, трифенилметана, бензойной кислоты, фенола.

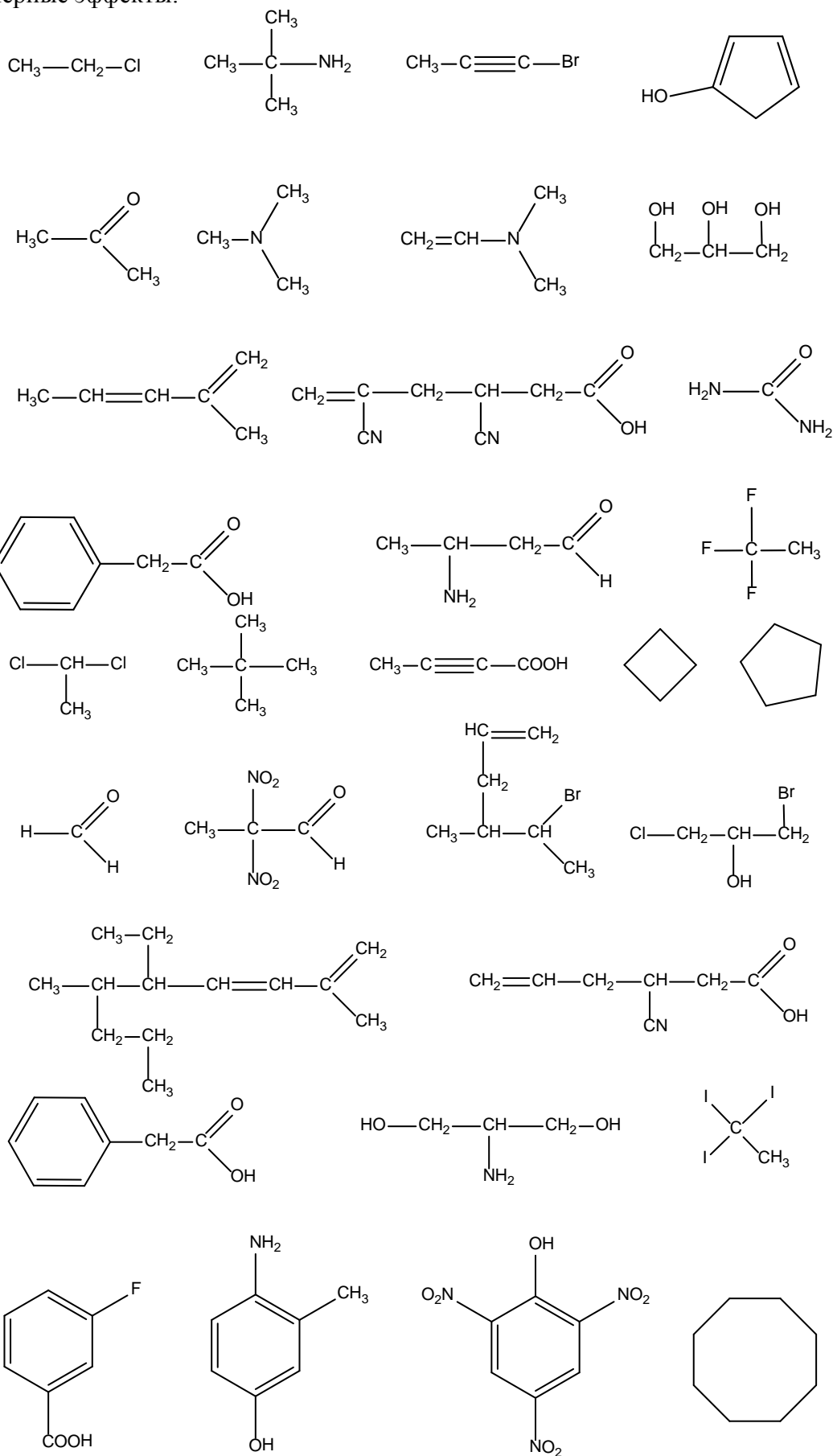
19. Напишите схемы реакций получения бензола тримеризацией ацетилена, этилбензола по Фриделю-Крафтсу, толуола дегидрированием метилциклогексана.

20. Напишите реакции галогенирования бензола, фенола, сульфирование фенола, нитрование бензойной кислоты. Опишите механизм реакций. Сравните реакционную способность фенола, толуола, анилина, бензойной кислоты с бензолом в реакциях электрофильного замещения.

21. Обоснуйте направленность реакций  $S_E$  при наличии донорных или акцепторных групп в ароматическом кольце.

22. Напишите схемы реакции окисления толуола  $p$ -ром  $KMnO_4$ , бензола кислородом. Объясните отношение этих соединений к окислению.

23. Назовите следующие вещества по номенклатуре IUPAC и укажите индуктивный и мезомерные эффекты:

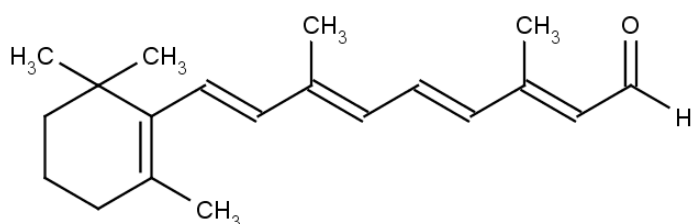


24. Изобразите наиболее предпочтительную конформацию для молекулы бромциклогексана, гидроксциклогексана.

25. Сравните способность к нитрованию у бензойной кислоты и фенола. Напишите схемы реакций нитрования, алкилирования по Фриделю-Крафтсу и сульфирования хлорбензола, нитробензола, толуола.

26. Сравните распределение электронной плотности в молекуле гептадиен-2,4-овой кислоты, бутадиена-1,3 и этандиовой кислоты.

27. Ретиналь, принимающий участие в процессе зрения, содержит сопряженную систему с открытой цепью. Обозначьте сопряженную цепь и укажите вид и знак электронных эффектов альдегидной группы.



28. Объясните механизм реакции хлорирования пропана, изобутана.

29. Напишите формулы фурана, тиофена, пиррола, пиразола, имидазола, пиридина, пиримидина, пурина. Приведите нумерацию атомов. Покажите соответствие этих соединений критериям ароматичности.

## Практические работы, выполняемые на занятии:

Протокол № 1

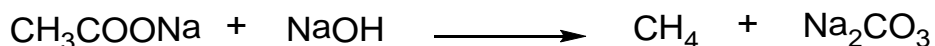
Дата \_\_\_\_\_

### Опыт № 1

#### Получение метана из ацетата натрия

В пробирку поместите несколько кусочков сухого NaOH и добавьте к нему такое же количество ацетата натрия. Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой. При нагревании смеси на светящемся пламени горелки образуется газ без цвета и запаха, который при поджигании сгорает голубоватым пламенем.

Химизм:



Наблюдения:

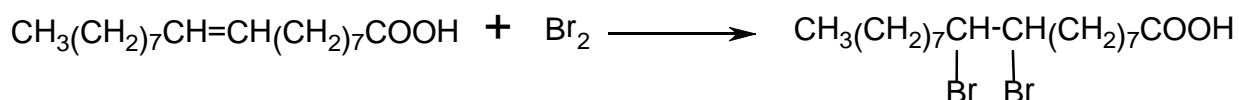
Выводы:

### Опыт № 2

#### Бромирование непредельных соединений.

В пробирку поместите 3–4 капли олеиновой кислоты и растворите ее в четыреххлористом углероде (CCl<sub>4</sub>). Уровень жидкости в пробирке должен составлять 0,5 см. Добавьте в пробирку 4–5 капель 5% раствора брома в четыреххлористом углероде. Отметьте наблюдаемые изменения.

Химизм:



Наблюдения:

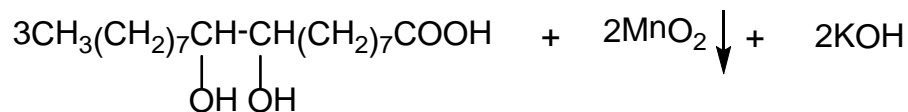
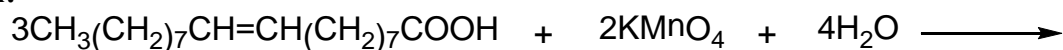
Выводы:

### Опыт № 3

#### Реакция с раствором KMnO<sub>4</sub>

В пробирку поместите 2 капли олеиновой кислоты и 2 капли 2% раствора перманганата калия. Встряхните пробирку несколько раз. Отметьте, какие изменения происходят с первоначальной фиолетовой окраской раствора.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

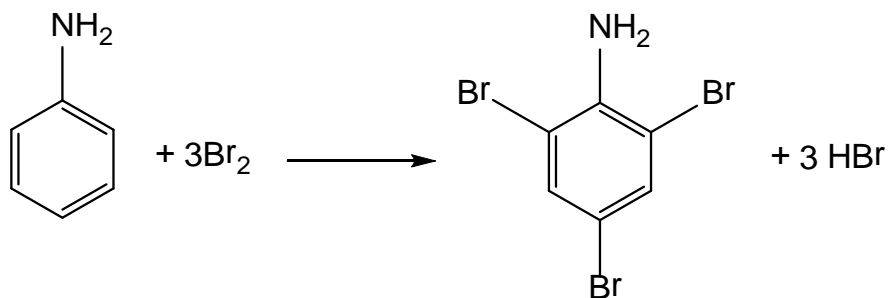
**Выводы:**

#### Опыт № 4

##### **Образование триброманилина.**

В пробирку поместите одну каплю анилина и 5–6 капель воды, хорошо взболтайте и к эмульсии прибавьте несколько капель бромной воды до появления белого осадка 2,4,6-триброманилина. Реакция бромирования анилина протекает количественно и используется в фармацевтическом анализе для открытия анилина и ряда его производных.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

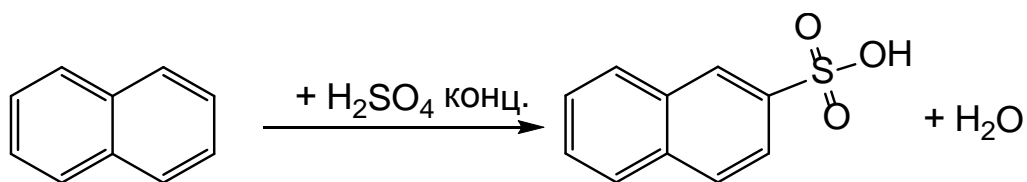
#### Опыт № 5

##### **Сульфирование нафталина.**

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



**Химизм:**



**Наблюдения:**

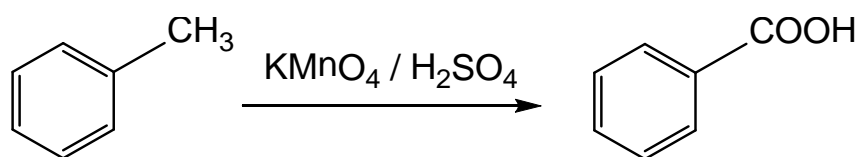
**Выводы:**

### Опыт № 6

#### **Окисление боковых цепей гомологов бензола.**

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

**Химизм:**

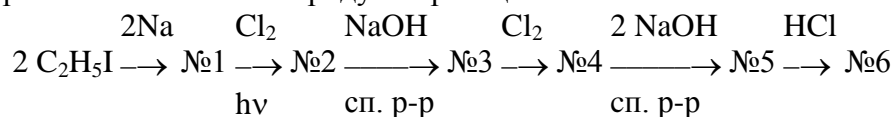


**Наблюдения:**

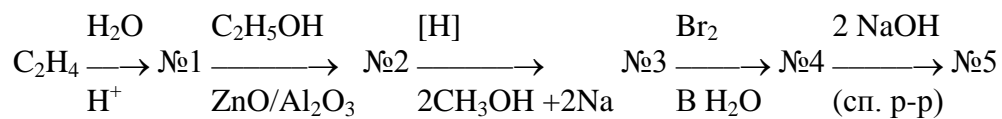
**Выводы:**

### **НАПИШИТЕ УРАВНЕНИЯ И НАЗОВИТЕ ПРОДУКТЫ РЕАКЦИЙ ПО СХЕМЕ**

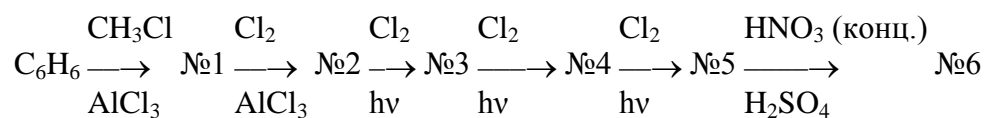
Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



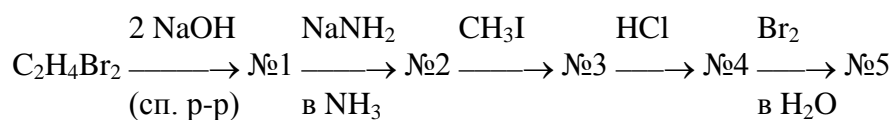
Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



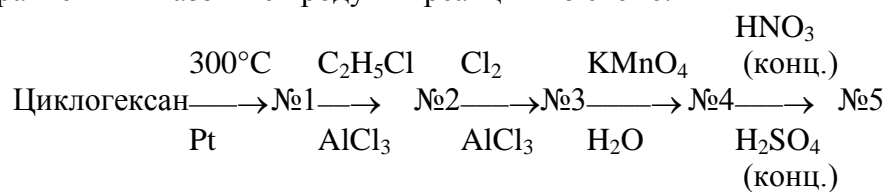
Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



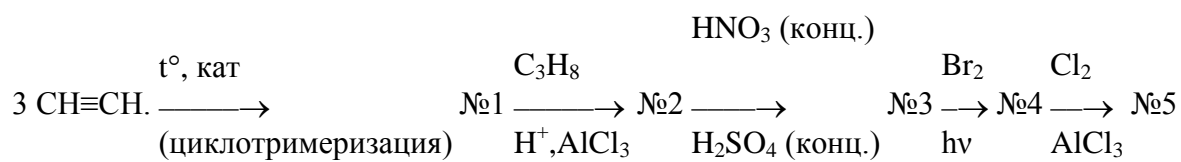
Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



### **Литература для самоподготовки:**

1. Губський Ю.І., - Біоорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005. с.16-68, 72-95.
2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. - Биорганическая химия .- М.: Медицина, 1991. с.16-99, 117-146.
3. Общий практикум по органической химии: Учеб. пособие для студ. вузов III –IV уровней аккредитации / В.П. Черных, И.С. Гриценко, М.О. Лозинский, З.И. Коваленко / Под общ. ред. В.П.Черных. – Харьков: Изд-во НФАУ; Золотые страницы, 2002. – с. 151-190.

## ЗАНЯТИЕ 2

**Тема:** Исследование кислотных и основных свойств органических соединений. Реакционная способность спиртов, фенолов, эфиров и их тиоаналогов.

**Мотивация темы:** Представители классов спиртов, фенолов, простых эфиров и их тиоаналогов являются важными природными и синтетическими лекарственными средствами наркотического (низшие спирты), антисептического (тимол, салициловая кислота, резорцин), противогистаминного (димедрол) действия. Функциональные группы перечисленных классов соединений содержатся в витаминах, алкалоидах, гормонах, незаменимых аминокислотах, сердечных гликозидах и других биологически важных соединениях. Спирты, фенолы, простые эфиры и их тиоаналоги широко используются в органическом синтезе. Знание взаимосвязи химического строения и свойств рассматриваемых классов дает возможность решать вопросы идентификации и совместимости фармпрепаратов, прогнозировать условия их синтеза, анализа и хранения.

Кислотность и основность органических соединений относятся к числу фундаментальных понятий, необходимых для изучения большинства разделов курса и специальных дисциплин. Знание этих свойств используется для правильного прогнозирования механизмов реакций, понимания сущности кислотного и основного катализа, оценки совместимости лекарственных препаратов и т.д.

**Цель:** Сформировать знание реакционной способности спиртов, фенолов, простых эфиров и их тиоаналогов, обуславливающих протекание многих химических реакций в живых организмах; знания о кислотности и основности органических соединений как важных понятиях, обуславливающих их физико-химические и биологические свойства. Выработать умение прогнозировать химическое поведение органических соединений в связи с их химическим строением.

### Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Напишите формулы: бутанола-1, пропанола-2, фенола, бензилового спирта, гидрохинона, дифенилового эфира, этантиола, диметилсульфида.

2. Напишите получение бутанола-2 из соответствующего алкена; изобутиловый спирт гидролизом соответствующего алкилхлорида. Какие спирты образуются при восстановлении пропаналя и гидролизе изопропилацетата?

3. Напишите схемы реакции получения фенола и  $\beta$ -нафтола из солей соответствующих сульфокислот, галогенопроизводных углеводов, солей арилдиазония. Назовите исходные соединения.
4. Получите: метилфениловый эфир действием метилбромида на фенолят натрия; диизопропиловый эфир межмолекулярной дегидратацией спирта. Назовите эфиры по системе IUPAC.
5. Сформулируйте понятие молекулярной водородной связи и объясните её влияние на физические свойства этанола. Изобразите примеры межмолекулярных ассоциатов метанола, фенола.
6. Напишите реакции окисления пропанола-1, пропанола-2, гидрохинона, этантиола. Объясните устойчивость к окислению третичных спиртов.

7. Напишите уравнение реакции вторичного бутилового спирта с концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при нагревании. Опишите её механизм
8. Напишите уравнения реакций нитрования, сульфирования, бромирования фенола. Назовите продукты реакции.
9. Понятие кислотности по Бренстеду..
10. Расположите в ряд по уменьшению кислотности такие соединения: метанол, пропанол-2, трет-бутанол, этиленгликоль, глицерин, этанол, фенол, п-нитрофенол, уксусная, щавелевая, муравьиная кислоты. Приведите примеры  $\text{CH-}$ ,  $\text{OH-}$ ,  $\text{NH-}$ ,  $\text{SH-}$  кислот.
11. Дайте определение понятия основание Бренстеда. Приведите типы оснований.

12. Сравните основность следующих оснований: метиламин, диметиламин, анилин, п-аминофенол, п-нитроанилин.

13. Дайте определение кислот и оснований по Льюису. Разделите на кислоты и основания такие соединения - метанол, диэтиловый эфир и бензол.

14. Определите понятия жесткая и мягкая кислота, жесткое и мягкое основание.

15. Объясните природу водородной связи на примере этанола и уксусной кислоты

**Протокол № 2**

Дата \_\_\_\_\_

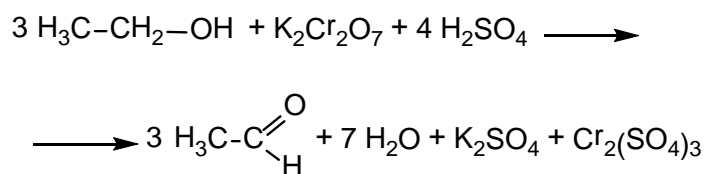
### **Опыт № 1**

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

В пробирку поместите 2 капли этилового спирта, добавьте 1 каплю 10% раствора серной кислоты  $H_2SO_4$  и 2 капли 10% раствора дихромата калия  $K_2Cr_2O_7$ . Полученный оранжевый раствор нагрейте над пламенем горелки до начала изменения окраски. Через несколько секунд раствор становится синевато-зеленым (цвет образующегося сульфата хрома (III)  $Cr_2(SO_4)_3$ ). Одновременно ощущается характерный запах уксусного альдегида (запах прелых яблок).



**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

### Опыт № 2

#### **Получение этилхлорида из этилового спирта:**

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



**Наблюдения:**

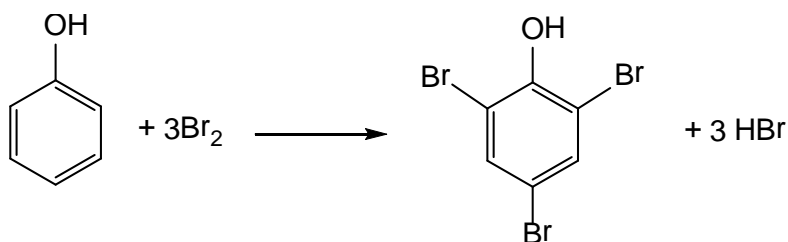
**Выводы:**

### Опыт № 3

#### **Образование трибромфенола:**

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

**Химизм:**



**Наблюдения:**

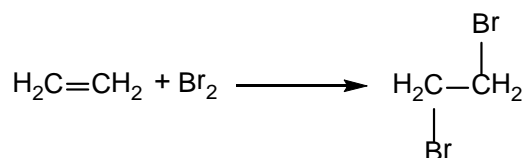
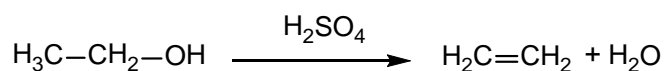
## Выводы:

### Опыт № 4

#### Дегидратация этилового спирта:

В пробирку поместите 8 капель  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 4 капли этанола и немного оксида алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой и медленно нагревайте над пламенем горелки. Выделяющийся газообразный этилен при пропускании в бромную воду вызывает ее обесцвечивание. При поджигании выделяющегося газа он сгорает светящимся пламенем.

#### Химизм:



## Наблюдения:

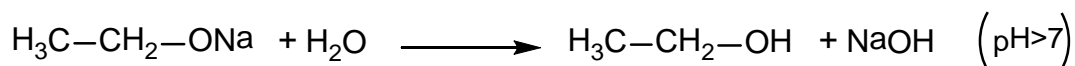
## Выводы:

### Опыт № 5

#### Получение этилата натрия и его гидролиз.

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

#### Химизм:



## Наблюдения:

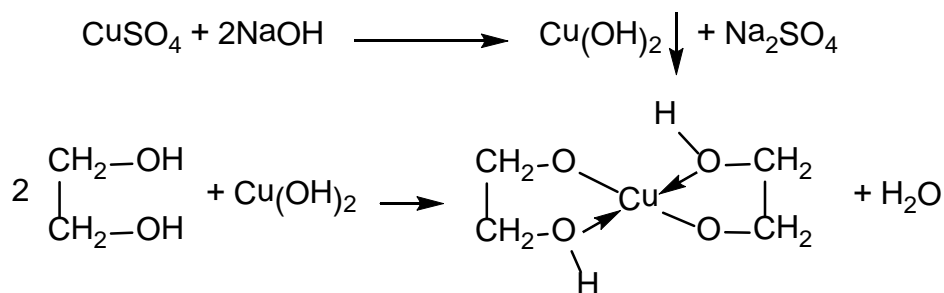
## Выводы:

## Опыт № 6

### Получение этиленгликолята меди (II).

В пробирку внесите 2 капли 2% раствора сульфата меди (II)  $\text{CuSO}_4$  и 2 капли 10% раствора гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ . Образуется голубой хлопьевидный осадок гидроксида меди (II)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Добавьте к нему 1 каплю этиленгликоля и встряхните пробирку. При взаимодействии гидроксида меди (II) с этиленгликолем образуется гликолят меди, раствор которого имеет синюю окраску. Эта реакция используется для обнаружения органических соединений, содержащих диольный фрагмент (две гидроксильные группы у соседних атомов углерода).

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

## Опыт № 7

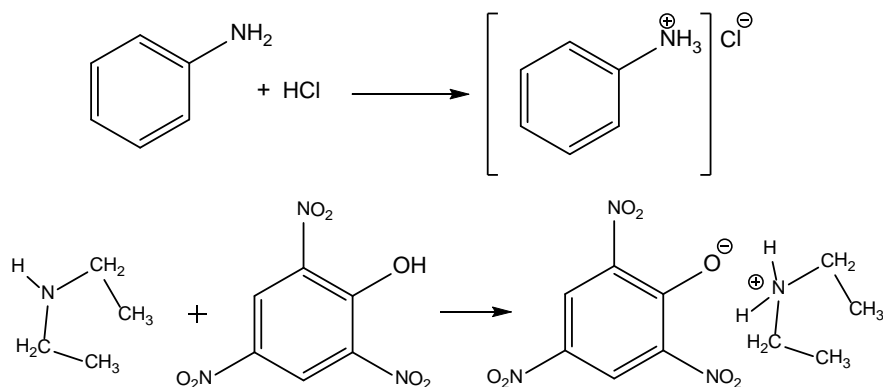
### Изучение основности аминов:

#### Основность алифатических и ароматических аминов.

1. В две пробирки внесите по 2 капли воды. Затем в первую пробирку поместите 1 каплю анилина  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ , а во вторую – 1 каплю диэтиламина  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$  и взболтайте. Сравните растворимость этих аминов в воде. По 1 капле содержимого каждой пробирки нанесите на полоску универсальной индикаторной бумаги. Определите pH растворов анилина и диэтиламина.

2. К эмульсии анилина в воде добавьте 1 каплю 10% раствора хлороводородной кислоты. Образуется прозрачный раствор. К раствору диэтиламина прибавьте 3 капли насыщенного водного раствора пикриновой кислоты и перемешайте. Пробирку поместите в стакан с холодной водой. Через некоторое время образуется осадок пикрата диэтиламина.

**Химизм:**

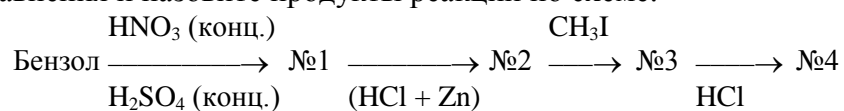


**Наблюдения:**

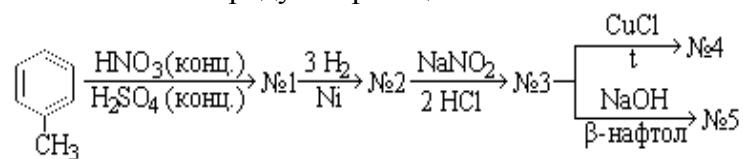
**Выводы:**

**НАПИШИТЕ УРАВНЕНИЯ И НАЗОВИТЕ ПРОДУКТЫ РЕАКЦИЙ ПО СХЕМЕ**

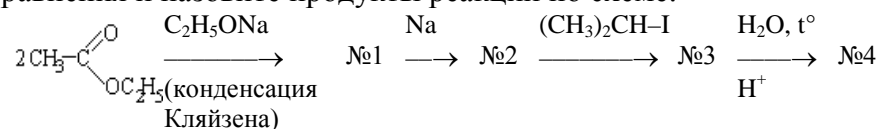
Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



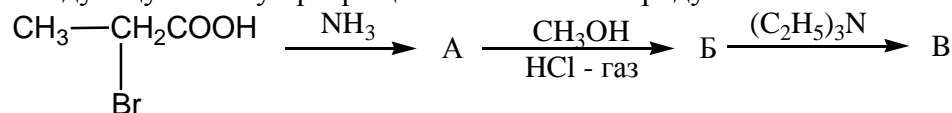
Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



Заполните следующую схему превращений и назовите продукты:



### Литература для самоподготовки:

- 1 Губський Ю.І., - Біоорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005. с.69-72, 98-114.
- 2 Общий практикум по органической химии: Учеб. пособие для студ. вузов III –IV уровней аккредитации / В.П. Черных, И.С. Гриценко, М.О. Лозинский, З.И. Коваленко / Под общ. ред. В.П.Черных. – Харьков: Изд-во НФАУ; Золотые страницы, 2002. – с. 166-169, 238-271.
- 3 Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. - Биоорганическая химия .- М.: Медицина, 1991. С. 100-116, 153-162, 242-245.

### ЗАНЯТИЕ 3

#### **Тема: Исследование химических свойств альдегидов и кетонов. Биологически важные реакции карбонильных соединений**

**Мотивация темы:** Карбонильная группа находится в многочисленных биологически важных соединениях растительного и животного происхождения (витамины, гормоны, кортикостероиды, сердечные гликозиды, углеводы и др.) Высокая реакционная способность оксосоединений широко используется в тонком органическом синтезе для получения эффективных фармацевтических препаратов. Знание особенностей электронного строения и химии альдегидов и кетонов является основной для осмысленного понимания и условия биохимических процессов, вопросов фармакокинетики, прогнозирования совместимости лекарственных средств.

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

#### **Задачи для самоконтроля**

1. Опишите механизм превращения уксусного и бензойного альдегида в диметилацеталь. Какова роль кислого катализатора и отношение ацетала к гидролизу?

2. При действии на организм больших доз гидразина наблюдаются нервные расстройства. Опишите химизм взаимодействия гидразина ( $\text{NH}_2\text{-NH}_2$ ), если известно, что он реагирует с коферментом пиридоксальфосфатом.

3. Опишите реакцию диспропорционирования для метанала и 4-метилбензальдегида.

4. Напишите формулы метаналь, этаналь, бензальдегида, ацетона, диэтилкетона, метилфенилкетона.

5. Дайте объяснение изменению реакционной способности оксогруппы в связи с электронными и пространственными факторами структуры в ряду: этаналь – хлорэтаналь; формальдегид – уксусный альдегид – ацетон.

6. Приведите способы синтеза: этаналь окислением спирта, гидратацией ацетилена; ацетона окислением соответствующего спирта, гидратацией метилацетилена, кумольным способом.

7. Напишите схемы реакций окисления пропаналь оксидом серебра в водном растворе аммиака (реакция "серебряного зеркала") и гидроксидом меди(II). Назовите продукты реакций.

8. Напишите схемы реакций: восстановления уксусного альдегида алюмогидридом лития ( $\text{LiAlH}_4$ ); получение полуацеталей пропаналя с этиловым и метиловым спиртами, присоединение синильной кислоты ( $\text{HCN}$ ) в щелочной среде к ацетону, бензальдегиду.

9. Напишите схему реакции альдольного присоединения для уксусного альдегида. Опишите механизм.

10. Напишите схему реакции диспропорционирования формальдегида, бензальдегида.

11. Напишите уравнения реакций уксусного и бензойного альдегида с метиламином, анилином, гидроксиламином. Как получается уротропин и как он применяется в медицине.



12. Напишите схему йодоформного расщепления ацетальдегида, ацетона. Объясните, какое из соединений даст йодоформную пробу: диэтилкетон, метилкетон.

Протокол № 3

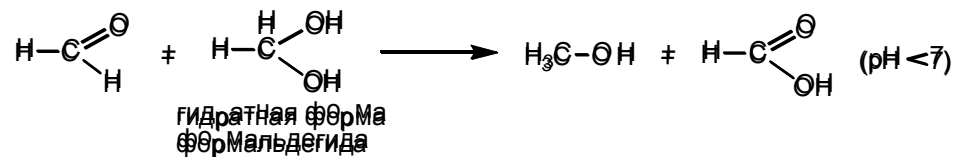
Дата \_\_\_\_\_

### Опыт 1

**Диспропорционирование формальдегида в водных растворах.**

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

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

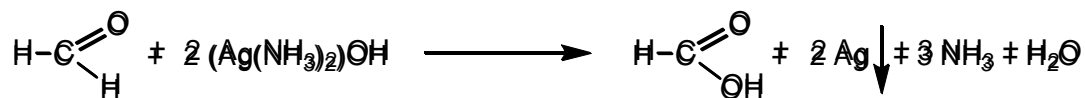
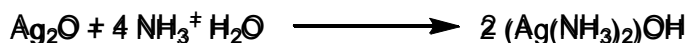
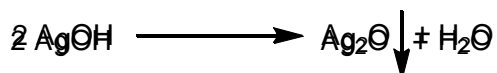
### Опыт № 2

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

#### 1. Окисление гидроксидом серебра.

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

**Химизм:**



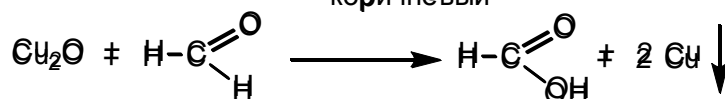
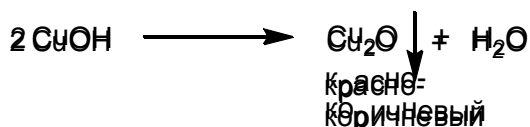
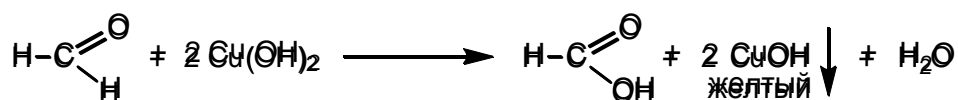
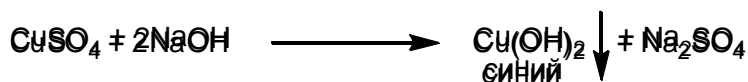
Наблюдения:

Выводы:

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

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

Химизм:



Наблюдения:

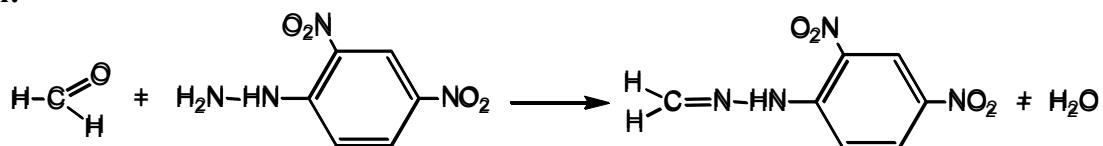
Выводы:

### Опыт № 3

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

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

**Химизм:**



**Наблюдения:**

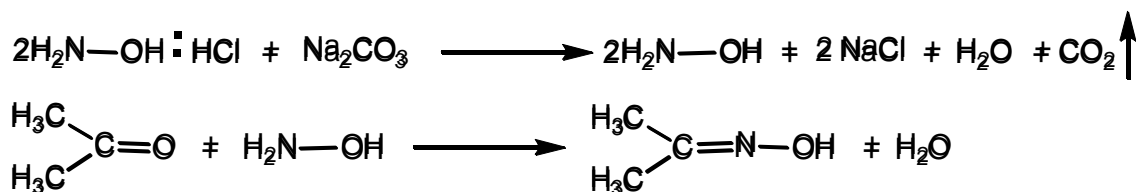
**Выводы:**

#### Опыт № 4

##### **Получение оксима ацетона.**

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

**Химизм:**



**Наблюдения:**

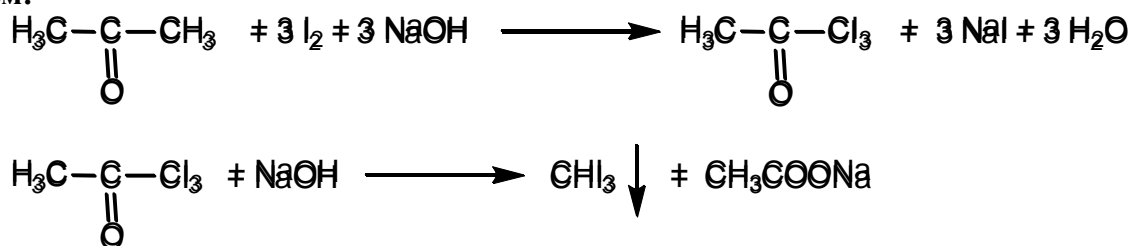
**Выводы:**

#### Опыт № 5

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

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

**Химизм:**



**Наблюдения:**

## **Выводы:**

### **Литература для самоподготовки:**

1. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. – М.: Медицина, 1991.- с. 181-194.
2. Общий практикум по органической химии: Учеб. пособие для студ. вузов III –IV уровней аккредитации / В.П. Черных, И.С. Гриценко, М.О. Лозинский, З.И. Коваленко / Под общ. ред. В.П.Черных. – Харьков: Изд-во НФАУ; Золотые страницы, 2002. – с. 271-287.
4. Губський Ю.І., Біоорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005.- с.114-126.

## Занятие 4

**Тема:** Исследование химических свойств карбоновых кислот и их функциональных производных. Липиды и фосфолипиды. Свойства гетерофункциональных карбоновых кислот:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -гидрокси-, amino- и оксокислот

**Мотивация темы:** Высокая реакционная способность карбоновых кислот, их функциональных производных широко используется в органическом синтезе, промышленности лекарственных средств. Карбоновые кислоты играют исключительно важную роль в обменных процессах растительных и животных организмов. Будучи промежуточными соединениями, в ходе окисления углеводов, жиров, белков, они участвуют в биосинтезе аминокислот, стероидов, алкалоидов, сапонинов и т.п.

Аминокислоты, окси-, amino- и оксокислоты являются структурными компонентами чрезвычайно важных для жизнедеятельности живых биологических систем (белки, нуклеиновые кислоты, липиды и т.д.). К тому же, многие гетерофункциональные органические соединения и их производные применяются в медицинской практике как лекарственные препараты (ацетилхолина хлорид, димедрол, лактат кальция).

**Цель:** Сформировать знания закономерностей и особенностей в химическом поведении карбоновых кислот и их функциональных производных, лежащих в основе процессе метаболизма; по стереохимии и реакционной способности с учетом взаимного влияния функциональных групп аминспиртов, amino-, окси- и оксокислот как основу биохимических процессов и выработать умение выполнять и интерпретировать их качественные реакции.

### Задачи для самоконтроля.

1. Синтезируйте этиловый эфир уксусной кислоты, используя в качестве исходного соединения малоновую кислоту. С полученным этилацетатом осуществите реакции гидролиза и аммонолиза.

2. Оливковое масло используется для приготовления инъекционных растворов. В его состав входят олеиновая (80%) и линолевая (7%) кислоты. Исходя из химического строения, объясните причину жидкой консистенции оливкового масла (т.пл. – 6° С). В результате, какого химического превращения может измениться консистенция этого масла?

3. Постройте формулу молекулы фосфолипида на основе фосфатидной кислоты, проэтерифицированной коламином (2-аминоэтанолом). Назовите этот фосфолипид и охарактеризуйте его отношение к гидролизу.

4. Применяемая в медицине молочная кислота выпускается промышленностью в виде 40% водного раствора. Почему нецелесообразно дальнейшее сгущение растворов путем упаривания при нагревании?

5. Напишите формулы всех возможных продуктов, образующихся при нагревании смеси  $\alpha$ -аминопропионовой и  $\alpha$ -аминоуксусной кислот.

6. Один из стереоизомеров 2-амино-3-метилпентановой кислоты входит в состав белков. Напишите формулы всех возможных стереоизомеров данной кислоты и назовите их.

7. Напишите структурные формулы следующих соединений: муравьиная, уксусная, пропановая, щавелевая, малоновая, янтарная, о-фталевая, акриловая, стеариновая, олеиновая кислоты. Проведите их классификацию.

8. Перечислите основные способы получения карбоновых кислот. Напишите схемы получения: бензойной кислоты окислением соответствующего углеводорода; щавелевой кислоты окислением соответствующего альдегида.

9. Приведите электронное строение  $-\text{COOH}$  группы и карбоксилат-аниона. Покажите влияние электронодонорных и электроноакцепторных заместителей в радикале на изменение кислотности на примере:  $\text{HCOOH}$  и  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{Cl-CH}_2\text{COOH}$ ;  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{HOOC-COOH}$ ;  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ .

10. Напишите схемы получения: солей уксусной, стеариновой кислот; сложных эфиров, хлорангидридов, ангидридов уксусной, бензойной кислот, амида уксусной кислоты.

11. Опишите механизм реакции нуклеофильного замещения на примере реакции этерификации этилового спирта и уксусной кислотой; а так же щелочного гидролиза этилацетата.

12. Напишите реакцию декарбоксилирования щавелевой, бензойной кислот.

13. Определите I-, M- эффекты COOH- группы. Напишите реакцию хлорирования пропионовой кислоты хлором, гидрохлорирования пропановой кислоты. Объясните дезактивирующее, m-ориентирующее влияние COOH- группы в реакциях ( $S_E$ ) для бензойной кислоты.

14. Напишите реакцию гидролитического расщепления в щелочной среде дипальмитоил-стеароилглицерина. Напишите структурные формулы фосфатидилколонинов (кефалины) и фосфатидилхолин (лецитины), содержащих остатки олеиновой и стеариновой кислот. Какие продукты реакции образуются в результате их гидролиза?

15. Напишите структурные формулы следующих соединений: молочной, яблочной, лимонной, пировиноградной, ацетоксусной,  $\beta$ -окси(амино)-масляной кислот.



16. Опишите признаки хиральности молекул и дайте определение энантиомеров на примере  $\alpha$ -амино-пропионовой,  $\alpha$ -оксимасляной кислот. Укажите принадлежность этих соединений к стереохимическим рядам (D, L- стереохимические ряды). Дайте определение понятию "рацематы". Напишите проекционные формулы диастереомеров винной, яблочной кислот.

17. Напишите реакции, протекающие при нагревании  $\alpha$ -окси (амино) пропановой,  $\beta$ -окси (амино) бутановой,  $\gamma$ -окси(амино) бутановой кислот.

18. Напишите реакции кислотного гидролиза лактона  $\gamma$ -оксивалериановой кислоты. Напишите реакции взаимодействия  $\beta$ -оксипропановой кислоты,  $\alpha$ -аминоуксусной,  $\gamma$ -оксимасляной,  $\beta$ -оксимасляной,  $\alpha$ - оксивалериановой,  $\beta$ - аминомасляной кислот со следующими реагентами: KOH, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, CH<sub>3</sub>-COCl. Напишите продукты, которые образуются при

нагревании молочной и лимонной кислот с концентрированной серной кислотой. Дайте названия продуктам реакций.

19. Напишите структурные формулы следующих биогенных аминов: коламина, холина, норадреналина, адреналина. Дайте название этим соединениям по системе ИУРАС. Приведите схемы реакций получения аминспиртов. Напишите реакции:

а) метилирования коламина и норадреналина;

б) ацетилирования холина;

в) кислотно гидролиза ацетилхолина;

г) образования солянокислых солей норадреналина и адреналина.

20. Дайте определение понятию "таутомерия". Напишите таутомерные формы ацетоуксусного эфира и щавелевоуксусной кислоты. Докажите химическим путем наличие двух таутомерных форм ацетоуксусного эфира.

Протокол № 4

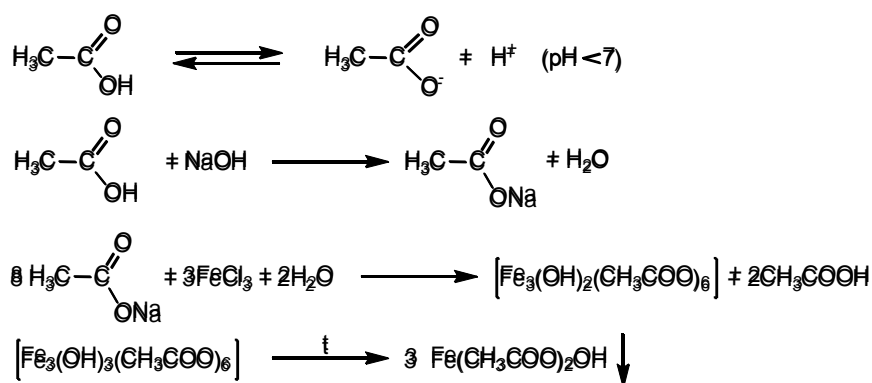
Дата \_\_\_\_\_

### Опыт № 1

#### Открытие уксусной кислоты.

В пробирку поместите по 3 капли уксусной кислоты и воды. Испытайте реакцию раствора на лакмус. К раствору прибавьте 2–3 капли 10% раствора гидроксида натрия до полной нейтрализации уксусной кислоты. После этого добавьте 2–3 капли 1% раствора хлорида железа (III) FeCl<sub>3</sub>. Появляется желто-красное окрашивание ацетата железа (III). Подогрейте раствор до кипения, выделяется красно-бурый осадок нерастворимого в воде гидроксида диацетата железа. Раствор над осадком становится бесцветным.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

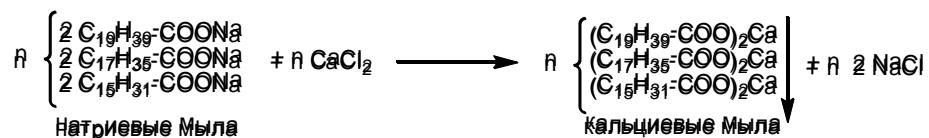
**Выводы:**

### Опыт № 2

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

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

Химизм:



Наблюдения:

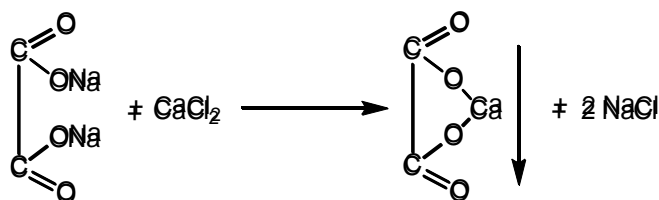
Выводы:

### Опыт № 3

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

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

Химизм:



Наблюдения:

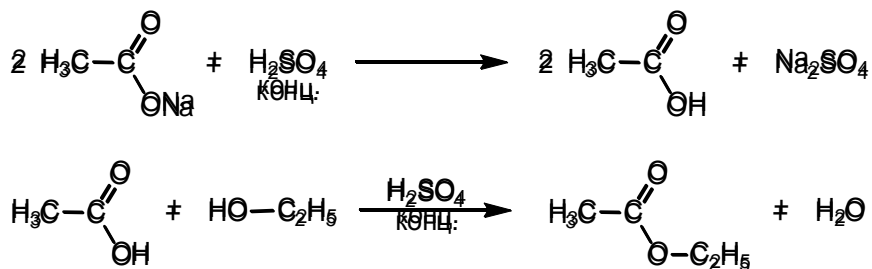
Выводы:

### Опыт № 4

#### Получение этилацетата.

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

Химизм:



**Наблюдения:**

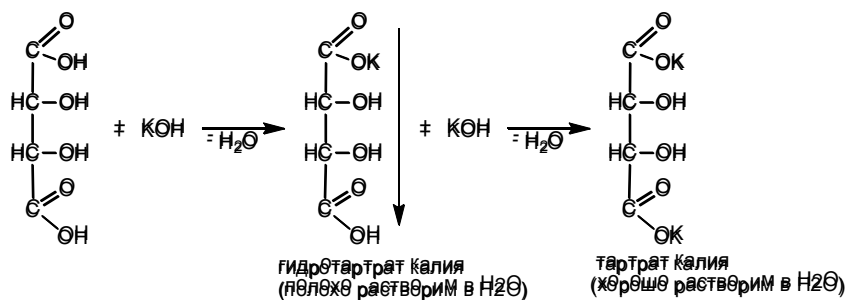
**Выводы:**

### Опыт №5

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

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

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

### Опыт № 6

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

В две пробирки поместите по 2 капли 2% раствора сульфата меди (II)  $\text{CuSO}_4$  и 10% раствора гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ . Выпадает голубой осадок гидроксида меди (II)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . В



**Наблюдения:**

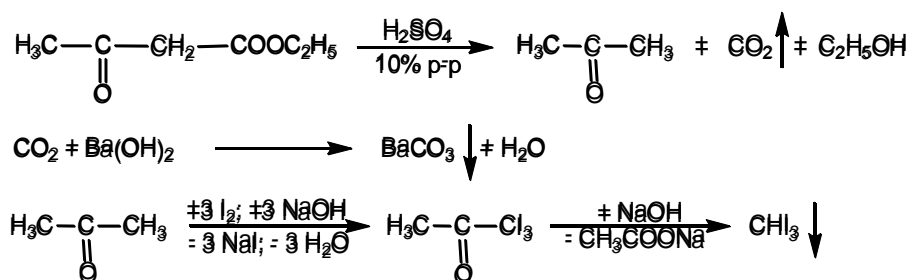
**Выводы:**

### Опыт № 8

#### **Кетонное расщепление ацетоуксусного эфира.**

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

**Химизм:**



**Наблюдения:**

**Выводы:**

#### **Литература для самоподготовки:**

- 1 Губський Ю.І., - Біоорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005. - С.126-143, 151-153, 251-283.
- 2 Общий практикум по органической химии: Учеб. пособие для студ. вузов III –IV уровней аккредитации / В.П. Черных, И.С. Гриценко, М.О. Лозинский, З.И. Коваленко / Под общ. ред. В.П.Черных. – Харьков: Изд-во НФАУ; Золотые страницы, 2002. – с. 287-328, 401-410.
- 3 Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. - Биоорганическая химия .- М.: Медицина, 1991. с.194-212, 256-268, 457-495.

## ЗАНЯТИЕ 5

**Тема:** Практические навыки и решение ситуационных задач по темам: «Основы строения органических соединений, углеводороды, спирты, фенолы, альдегиды, кетоны, карбоновые и гетерофункциональные карбоновые кислоты». Контроль содержательного модуля 1.

**Цель:** Закрепить знания о структуре и химических свойствах основных гетерофункциональных органических соединений с учетом взаимного влияния характеристических групп как основе биохимических процессов. Выработать умение прогнозировать химическое поведение органических соединений в связи с химическим строением и проводить качественные реакции на отдельные представители функциональных классов органических соединений.

### Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Дайте определение понятию «конформеры». Изобразите в проекции Ньюмена заслоненную и заторможенную конформации этана, хлористого этила, этанола, и сравните их энергетическое состояние. Изобразите возможные конформации открытой шестиугольной цепи. Чем обусловлено стремление к образованию пяти- и шестичленных циклов?

2. Изобразите циклогексан, метилциклогексан, 1,4-дихлорциклогексан в конформации «кресла». Укажите аксиальные и экваториальные связи.



3. Какой вид стереоизомерии характерен для алкенов и циклоалканов? Дайте определение понятию диастереомеров. Напишите цис- и транс-изомеры для этилендикарбоновой и циклогександикарбоновой-1,4 кислот.

4. Приведите электронное строение С-С- связи в алканах. Какой тип реакции по направлению и механизму характерен для алканов. Приведите схему гомолитического (радикального) и гетеролитического (ионного) разрыва ковалентной связи.

5. Что такое радикальные цепные реакции? Напишите реакции галогенирования (бромирования) пропана, циклогексана и опишите механизм ( $S_R$ ).

6. Приведите электронное строение этилена и бутадиена-1,3. Какие реакции по направлению и механизму характерны для алкенов? Какие реагенты называются электрофильными? Напишите реакцию электрофильного присоединения ( $A_E$ ) галогенов, галогеноводородов и воды (с кислотным катализатором) к этилену, пропилену, бутену-2, бутадиену-1,3. Опишите механизм.

7. Дайте определение понятию «сопряжение» и укажите особенность реакции  $A_E$  в сопряженных диенах. Может ли продукт реакции гидрирования бутадиена-1,3 существовать в виде цис-, транс-изомеров?

8. Объясните влияние заместителей на реакционную способность двойной связи в реакциях  $A_E$ . Объясните правило Марковникова.

9. Напишите реакцию бромирования циклопропана. Укажите особенности ее протекания, связанные с электронным строением.

10. Приведите электронное строение бензола. Дайте определения понятиям «энергия сопряжения» (стабилизации) и «ароматичность».

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

12. При бромировании этилбензола замещение может происходить в ароматическом ядре и в боковой цепи. Проведите бромирование этилбензола по каждому из этих направлений и назовите продукты реакции. Укажите условия и механизмы этих реакций.

13. Напишите формулы фурана, тиофена, пиррола, пиразола, имидазола, пиридина, пиримидина, пурина. Приведите нумерацию атомов. Покажите соответствие этих соединений критериям ароматичности.

14. Сравните способность к нитрованию у бензойной кислоты и фенола. Напишите схемы реакций нитрования, алкилирования по Фриделю-Крафтсу и сульфирования хлорбензола, нитробензола, толуола.

15. Объясните механизм реакции хлорирования пропана, изобутана.

16. Напишите схемы реакции бутена-2, этена с бромом, водой, HCl.

17. Напишите реакцию гидратации ацетилена, пропина, бутина-2 (реакция Кучерова).  
Какие продукты образуются в результате реакции?

18. Определите состояние гибридизации атомов углерода в молекулах следующих соединений: 1-пентен-3-ин, пентадиен-2,3, бензойная кислота, бутадиен-1,3, пропен, этин, гексановая кислота, толуол, фенол.

19. Сравните распределение электронной плотности в молекуле гепта-диен-2,4-овой кислоты, пентадиена-1,3 и бутендиовой кислоты.

20. Ретиналь, принимающий участие в процессе зрения, содержит сопряженную систему с открытой цепью. Обозначьте сопряженную цепь и укажите вид и знак электронных эффектов альдегидной группы.

21. Определение кислотности и основности по Бренстеду –Лоури.

22. Влияние электронных и структурных факторов на силу кислот и оснований.

23. Сравнить кислотность: этанола и этантиола; метанола, фенола, п-нитрофенола.

24. Сравнить основность: метиламина, метанола и фторметана; метанола и метантиола; метанола, фенола, диэтилового эфира.

25. Способы получения спиртов:  
- гидролизом галогенопроизводных углеводов;

- гидратацией алкенов;

- восстановлением альдегидов, кетонов, карбоновых кислот и сложных эфиров.

26. Способы получения фенолов:

- сульфированием или хлорированием бензола;

- окислительным декарбоксилированием ароматических карбоновых кислот

- из кумола (изопропилбензола)

27. Способы получения простых эфиров:

- взаимодействием алкоголятов и фенолятов натрия с галогеналканами;

- межмолекулярной дегидратацией спиртов в присутствии кислот.

28. Химические свойства спиртов:

- взаимодействие этилового спирта с азотной и уксусной кислотами;

- межмолекулярная и внутримолекулярная дегидратация этилового спирта:



- взаимодействие спиртов с галогенангидридами неорганических кислот ( $\text{PCl}_3$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{PBr}_3$ ,  $\text{SOCl}_2$ )

- реакции окисления: этанола, пропанола-1; пропанола-2; гидрохинона, этантиола.  
Назовите продукты реакций.

29. Химические свойства фенолов:

- взаимодействие с водными растворами щелочей:

- реакции галогенирования, сульфирования и алкилирования (с этиловым спиртом).

30. Химические свойства простых эфиров:

- образование оксониевых солей с концентрированными минеральными кислотами ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ).

- расщепление простых эфиров (ацидолиз) йодоводородной кислотой;

31. Влияние молекулярной водородной связи на физические свойства спиртов. Изобразить примеры ассоциатов для метанола, трет-бутанола.

32. Напишите формулы формальдегида, уксусного альдегида, бензальдегида, ацетона, диэтилкетона, метилфенилкетона.

33. Дайте объяснение изменения реакционной способности оксогруппы во взаимосвязи с электронными и пространственными факторами структуры в ряду: этаналь – хлорэтаналь; формальдегид – уксусный альдегид – ацетон.

34. Напишите схемы реакций окисления пропаналя оксидом серебра в водном растворе аммиака (реакция "серебряного зеркала") и гидроксидом меди (II). Назовите продукты реакций.

35. Напишите схему йодоформного расщепления ацетальдегида, ацетона. Объясните, какое из соединений даст йодоформную пробу: диэтилкетон, метилкетон.

36. Приведите электронное строение карбоксильной группы и карбоксилат-аниона. На примере уксусной кислоты напишите схемы получения функциональных производных: солей, сложных эфиров, амидов, ангидрида, хлорангидрида.

37. Напишите натриевую соль пальмитиновой, стеариновой кислот (мыла).

38. Расположите в ряд по увеличению силы следующие кислоты: уксусная, хлоруксусная, щавелевая, гидроксуксусная, трихлоруксусная. Объясните изменение кислотности в этом ряду.

38. Напишите схему реакции этерификации п-аминобензойной кислоты этанолом (получение анестезина), диэтиламиноэтанолом (получение новокаина).

39. Напишите схему получения ацетилсалициловой кислоты реакцией этерификации. Приведите общую структурную формулу триацилглицеринов (нейтральных жиров, кефалинов, лецитинов).

40. Напишите схему омыления, окисления, гидрогенизации жидких жиров.

41. Напишите схему реакций декарбоксилирования щавелевой, салициловой, бензойной кислот, гистидина, триптофана, а также ацетоуксусной и щавелевоуксусной кислот.

42. Напишите и сравните формулы уксусного, малеинового, янтарного, фталевого ангидридов.

43. Объясните наличие кето-енольной таутомерии у ацетоуксусной, щавелевоуксусной, барбитуровой, мочевой кислот. С помощью каких химических реакций можно доказать наличие 2-х таутомерных форм ацетоуксусного эфира?

44. Объясните оптическую активность окси- и аминокислот. Дайте полную характеристику оптическим изомерам (энантиомерам): D-, L- ряды. Напишите D-молочную кислоту, L-аланин, L-триптофан, L-гистидин.

45. Объясните основность аминспиртов, имидазола, пиридина, пиримидина, хинолина, изохинолина, пурина. Напишите схемы реакций взаимодействия указанных оснований с кислотами.

Приведите строение лекарственных соединений: фенетидина (этиловый эфир п-аминофенола), фенацетина (этиловый эфир N-ацетил-п-аминофенола), тубазида, фтивазиды, барбитала, кофеина, 6-меркаптопурина, стрептоцида. Укажите, какое практическое применение имеют перечисленные соединения.

#### **Литература для самоподготовки:**

1. Губський Ю.І., - Біоорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005. С.16-153.
2. Общий практикум по органической химии: Учеб. пособие для студ. вузов III –IV уровней аккредитации / В.П. Черных, И.С. Гриценко, М.О. Лозинский, З.И. Коваленко / Под общ. ред. В.П.Черных. – Харьков: Изд-во НФАУ; Золотые страницы, 2002. – с. 151-328.
3. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. - Биоорганическая химия .- М.: Медицина, 1991. с.16-268, 457-495.

## Занятие 6

### **Тема: Исследование структуры и химических свойств моносахаридов, дисахаридов и полисахаридов**

**Мотивация:** Среди природных соединений важное место занимают углеводы. Они принимают участие в построение важных структур, служат материалом для биосинтеза соединений различных классов, им принадлежит важная роль в биоэнергетике клетки. Углеводы входят в состав физиологически активных гликозидов, нуклеиновых кислот, полисахаридов, гликолипидов и гликопротеидов. С ними связаны иммунохимические свойства тканей, специфические реакции организма на внешние химические раздражители.

Углеводы широко распространены в природе и играют важную роль в метаболизме растительных и животных организмов. Процессы жизнедеятельности сопровождаются сложными химическими превращениями углеводов (углеводный обмен). Особое место занимают углеводы, выполняющие в организме высокоспециализированные функции (нуклеотиды - носители генного кода; специфические полисахариды- антигены, обуславливающие иммунитет; гликопротеины - специфические групповые вещества крови и т.д.) Некоторые виды углеводов входят в состав оболочек растительных клеток и играют опорную роль.

Глубокие знания в области структуры и химии углеводов необходимы для приобретения профессиональных навыков изучения соответствующих разделов биологической химии, фармакологии, терапии и других дисциплин.

**Цель:** Сформировать знания принципов стереохимического строения, таутомерного равновесия, химических свойств моно-, ди-, гомо- и гетерополисахаридов во взаимосвязи с их биологическими функциями и умения проводить качественные реакции обнаружения важнейших углеводов.

#### **Задачи для самостоятельного решения**

1. Дайте определение аномерам. Напишите  $\alpha$ - и  $\beta$ -D-галактопиранозу,  $\alpha$  - и  $\beta$ -D-галактофуранозу,  $\alpha$ - и  $\beta$ -D-маннопиранозу.
2. Напишите схемы реакций D-галактопиранозы и D-рибофуранозы с избытком диметилсульфата и назовите продукты реакции.

3. Какие продукты образуются при гидролизе метил-2,3,4,6-тетра-О-метил-β-D-глюкопиранозиды в кислой среде?
  
4. Какая качественная реакция служит доказательством наличия нескольких гидроксильных групп в глюкозе?
  
5. Напишите структурную и конформационную формулы молочного сахара (лактозы). Дайте полное название. Проведите гидролиз лактозы.
  
6. Напишите реакцию взаимодействия мальтозы с избытком диметилсульфата. Назовите полученное соединение, проведите его гидролиз. Будет ли обладать восстанавливающими свойствами полученное в результате гидролиза соединение?
  
7. Напишите структурную формулу дисахарида, состоящего из D-глюкуроновой кислоты и N-ацетилглюкозамина, связанных β-1,3-гликозидной связью. В состав какого биополимера входит этот фрагмент?

8. Напишите структурные формулы (Фишера) D- глюкозы, D- маннозы, D-галактозы, D-рибозы, D- ксилозы, D- фруктозы. Приведите классификацию углеводов.

9. Напишите схемы реакций получения глюконовой, глюкаровой и глюкуроновой кислот из глюкозы. Объясните влияние природы окислителя на продукты реакции. Напишите формулы и назовите продукты восстановления ксилозы и глюкозы.

10. Напишите структурные формулы мальтозы, лактозы, целлобиозы, сахарозы. Дайте полное химическое название дисахаридов.

11. Объясните сущность понятия "восстанавливающие" дисахариды. Напишите схему реакции лактозы с оксидом серебра; напишите схему гидролиза мальтозы, лактозы, сахарозы, целлобиозы. Напишите схему реакции целлобиозы с этиловым спиртом. В какой среде идёт данная среда?



12. Какие полисахариды называются гомополисахаридами? Объясните строение и характер гликозидных связей амилозы, амилопектина, целлюлозы, гликогена.

13. Напишите схему гидролиза целлюлозы, крахмала. Напишите схемы получения нитратов, ацетатов, ксантогенатов клетчатки. Объясните их народно- хозяйственное значение.

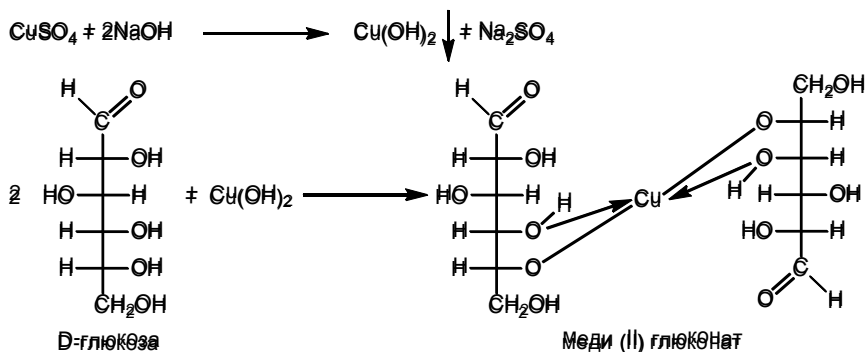
14. Дайте определение гетерополисахаридам. Назовите составные компоненты мукополисахаридов: хондроитинсульфата, гиалуроновой кислоты и гепарина, укажите характер их гликозидной связи.

**Опыт № 1**

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

В пробирку поместите 1 каплю 0,5% раствора D-глюкозы и 6 капель 10% раствора NaOH. К полученной смеси добавьте 1 каплю 2% раствора сульфата меди (II) CuSO<sub>4</sub>. Образующийся осадок гидроксида меди (II) Cu(OH)<sub>2</sub> быстро растворяется и получается прозрачный раствор синего цвета. Полученный раствор сохраните для следующего опыта.

**Химизм:**



**Наблюдения:**

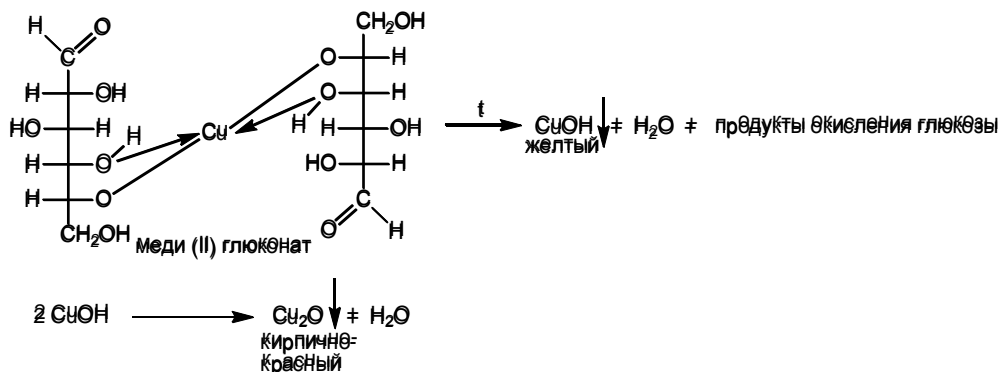
**Выводы:**

**Опыт № 2**

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

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

**Химизм:**



## Наблюдения:

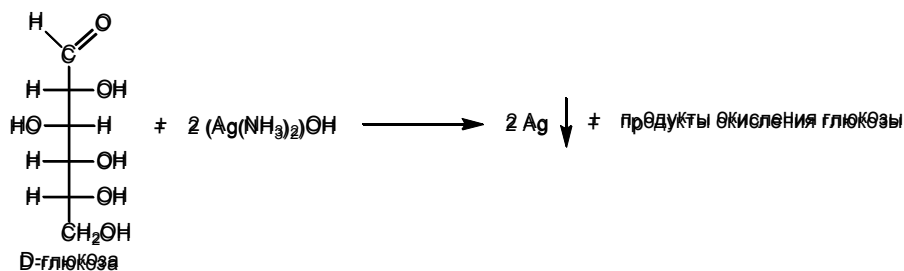
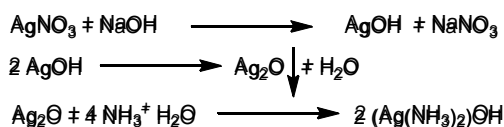
## Выводы:

### Опыт № 3

#### Восстановление аммиачного раствора гидроксида серебра глюкозой.

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

#### Химизм:



## Наблюдения:

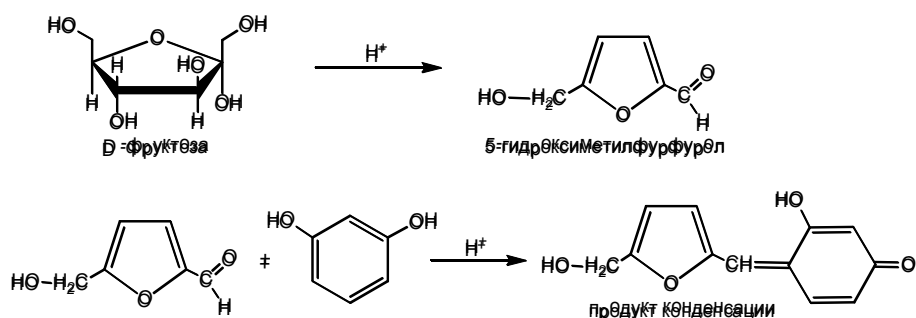
## Выводы:

### Опыт № 4

#### Реакция Селиванова на фруктозу.

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

## Химизм:



## Наблюдения:

## Выводы:

### Опыт № 5

#### Отсутствие восстанавливающей способности у сахарозы.

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

Вспомните (*протокол № 14, опыт № 2*), что с D-глюкозой в аналогичных условиях происходило изменение окраски верхней части раствора в желто-красную.

## Наблюдения:

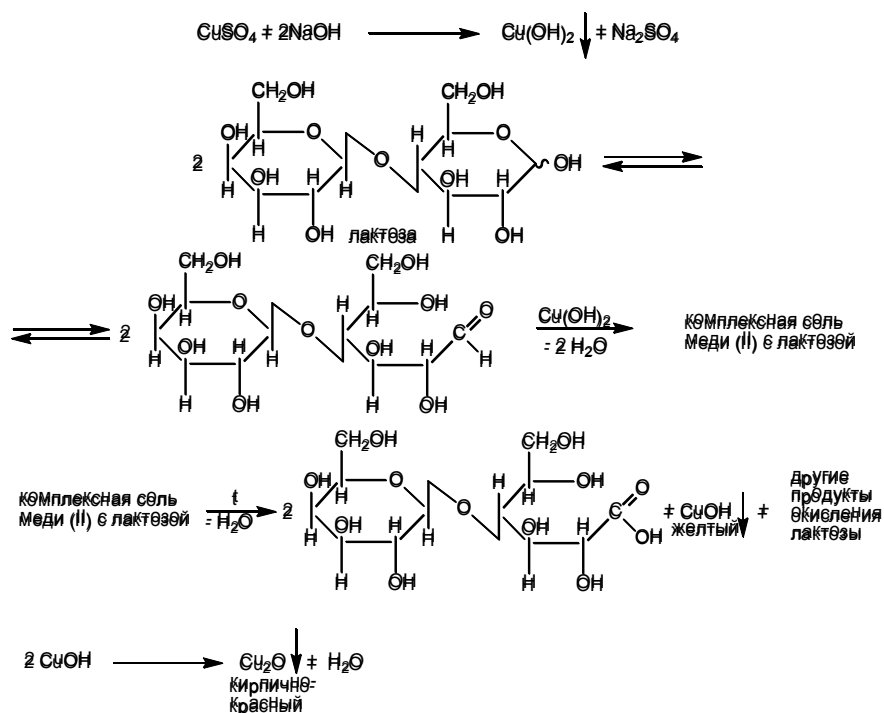
## Выводы:

### Опыт № 6

#### Восстанавливающая способность лактозы.

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

## Химизм:



## Наблюдения:

## Выводы:

### Опыт № 7

#### Качественная реакция на крахмал.

В пробирку поместите 5 капель 0,5% крахмального клейстера и 1 каплю сильно разбавленного раствора йода. Раствор окрашивается в синий цвет (предполагается, что крахмал с йодом образует соединения-включения (клатраты), окрашенные в характерные цвета - синий ( $f_{\text{макс}} = 620-680$  нм) для амилозы и красный ( $f_{\text{макс}} = 520-555$  нм) для амилопектина. Молекулы амилозы в этих комплексах образуют вокруг молекулы йода спираль, каждый виток которой содержит 6 остатков глюкозы. При нагревании окрашенного раствора крахмала с йодом окраска исчезает, а при охлаждении появляется вновь, что связано, по-видимому, с раскручиванием спирали амилозы).

## Наблюдения:

## Выводы:

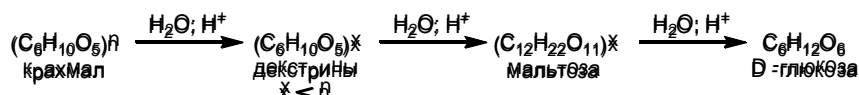
### Опыт № 8

#### Кислотный гидролиз крахмала.

В пробирку поместите 1 каплю 0,5% крахмального клейстера. Добавьте 2 капли 10%серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и поместите пробирку в кипящую водяную баню. Мутный раствор клейстера становится прозрачным через 20 минут. Пипеткой нанесите 1 каплю гидролизата на предметное стекло и добавьте 1 каплю разбавленного раствора йода в йодиде калия. Если проба не дает положительной йодкрахмальной реакции (синее окрашивание), добавьте в пробирку 8

капель 10% гидроксида натрия NaOH для создания щелочной среды. Затем добавьте 1 каплю 2% раствора сульфата меди (II) CuSO<sub>4</sub>. Будет ли положительной проба Троммера?

**Химизм:**

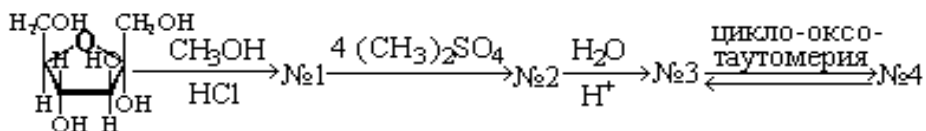


**Наблюдения:**

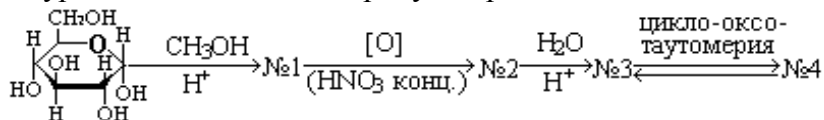
**Выводы:**

### НАПИШИТЕ УРАВНЕНИЯ И НАЗОВИТЕ ПРОДУКТЫ РЕАКЦИЙ ПО СХЕМЕ

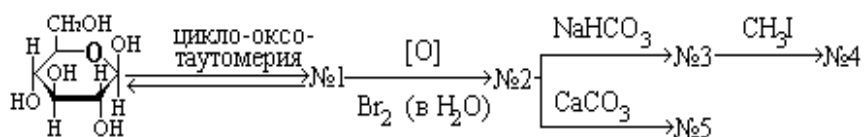
1. Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме: В формуле исходного вещества пронумеруйте атомы углерода и укажите: а) аномерный атом углерода; б) полуацетальный гидроксил; в) фрагмент, обуславливающий принадлежность этой монозы к D-ряду.



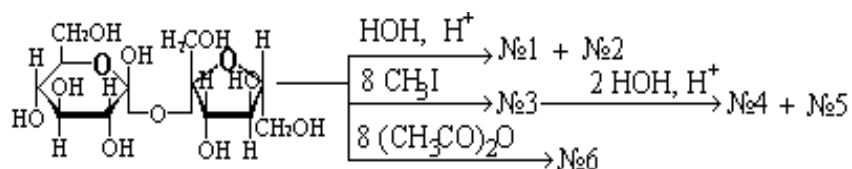
2. Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



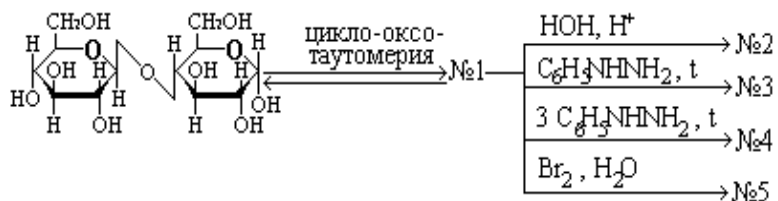
3. Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



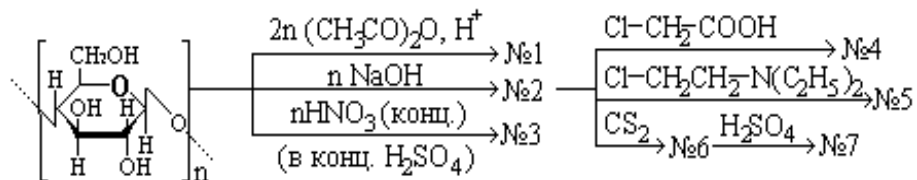
4. Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



5. Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



6. Напишите уравнения и назовите продукты реакций по схеме:



7. Дайте определение понятию *дисахариды*. Что такое *восстанавливающие* и *невосстанавливающие сахара*? Почему сахароза не обладает способностью к мутаротации? Напишите структурную формулу дисахариды, содержащего остатки  $\alpha$ -D-глюкопиранозы, соединенные в положениях 1' и 4.



8. Дайте определение понятию *инверсия сахарозы*. Что означает понятие *инвертный сахар*? Составьте названия по номенклатуре ИЮПАК и схемы реакций гидролиза сахарозы и лактозы. Назовите продукты гидролиза обоих дисахаридов. Можно ли отличить с помощью реактива Троммера  $[\text{Cu}(\text{OH})_2, \text{OH}^-]$ : а) сахарозу от продуктов её гидролиза; б) лактозу от продуктов её гидролиза; в) лактозу от сахарозы? Напишите схемы и назовите продукты возможных реакций.

9. Дайте определение понятию *аномеры*. Приведите перспективные формулы (Хеуорса) четырёх аномеров D-глюкозы. Укажите в них аномерный атом углерода. Какой из аномеров D-глюкозы наиболее конформационно устойчив? Ответ поясните. Приведите схемы реакций, подтверждающих наличие у глюкозы: а) циклической формы; б) полуацетального гидроксила; в) пяти гидроксильных групп; г) оксоформы. Напишите схемы и назовите продукты реакций окисления глюкозы в нейтральной, кислой и щелочной средах. Напишите схемы и назовите продукты качественных реакций, отличающих глюкозу от сахарозы.

### Литература для самоподготовки:

- 1 Губський Ю.І., - Біоорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005. – с. 217-249.
- 2 Общий практикум по органической химии: Учеб. пособие для студ. вузов III –IV уровней аккредитации / В.П. Черных, И.С. Гриценко, М.О. Лозинский, З.И. Коваленко / Под общ. ред. В.П.Черных. – Харьков: Изд-во НФАУ; Золотые страницы, 2002. – с. 376-392.
- 3 Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. - Биоорганическая химия .- М.: Медицина, 1991. с.377-431.

## Занятие 7

### **Тема: Исследование структуры и химических свойств $\alpha$ -аминокислот, пептидов и белков**

**Мотивация темы:** Природными белками, состоящим из  $\alpha$ -аминокислот, присуще выполнение множества разнообразных функций, характерных для живых организмов: каталитическая функция - универсальная, несвойственная другим полимерным молекулам, питательная (резервная), транспортная, защитная, сократительная, структурная, гормональная и др. Аминокислоты состоятельно используются как эффективные лекарственные средства (метионин, сарколизин, аминалон).

Знания особенностей строения и химии  $\alpha$ -аминокислот и пептидов необходимы для успешного усвоения белков на молекулярном уровне.

**Цель:** Сформировать знания строения и свойств важнейших  $\alpha$ -аминокислот и пептидов, а также химических превращений этих соединений *in vivo* и *in vitro*.

### **Вопросы для самостоятельной подготовки**

1. Напишите структурные формулы следующих аминокислот: глицин, аланин, валин, лейцин, изолейцин, лизин, серин, цистеин, фенилаланин, тирозин, пролин, триптофан, аспарагиновая и глутаминовая кислоты.

2. Приведите классификацию вышеназванных кислот:
3. а). по числу  $-\text{COOH}$  и  $-\text{NH}_2$  групп;

4. б). укажите жирные, ароматические и гетероциклические аминокислоты. Какие из них являются незаменимыми?

5. Получите: аланин из пропаналя цианидидным способом; валин аммонолизом 2-бromo-3-метилбутановой кислоты. Назовите известные способы образования аминокислот *in vivo*.

6. Напишите: схему взаимодействия валина с гидроксидом меди (II); аланина и этилового спирта в присутствии HCl (сухой); защищенного по аминогруппе аланина с POCl<sub>3</sub>; реакции декарбоксилирования триптофана. Назовите продукты реакции.

7. Напишите: схему взаимодействия

а) лейцина с хлорангидридом уксусной кислоты, бензилоксикарбонилхлоридом;

б) гистидина с азотистой кислотой, формальдегидом;

в) аланина с 2,4-динитрофторбензолом (реактив Сенгера);

г) валина с фенилизотиоцианатом (реакция Эдмана).

8. Напишите схемы реакций аланина, валина, глицина: а) с разбавленным раствором NaOH при комнатной температуре; б) с соляной кислотой.

9. Какие продукты образуются при окислительном и неокислительном дезаминировании аминокислот *in vivo*? Какие реакции используются в биохимическом анализе?

10. Напишите дипептид с последовательностью лейцин-валин (Лей-Вал), трипептид гистидин-серин-триптофан (Гис-Сер-Три). Обозначьте пептидную связь. Объясните понятия "первичная", "вторичная" структура белка.

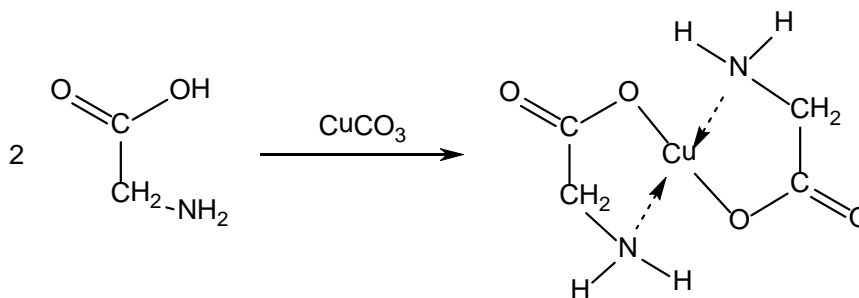
11. Объясните появление желтой окраски в реакции белка с  $\text{HNO}_3$ .

**Опыт 1.**

**Образование медной комплексной соли глицина.**

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

**Химизм:**



**Наблюдение:**

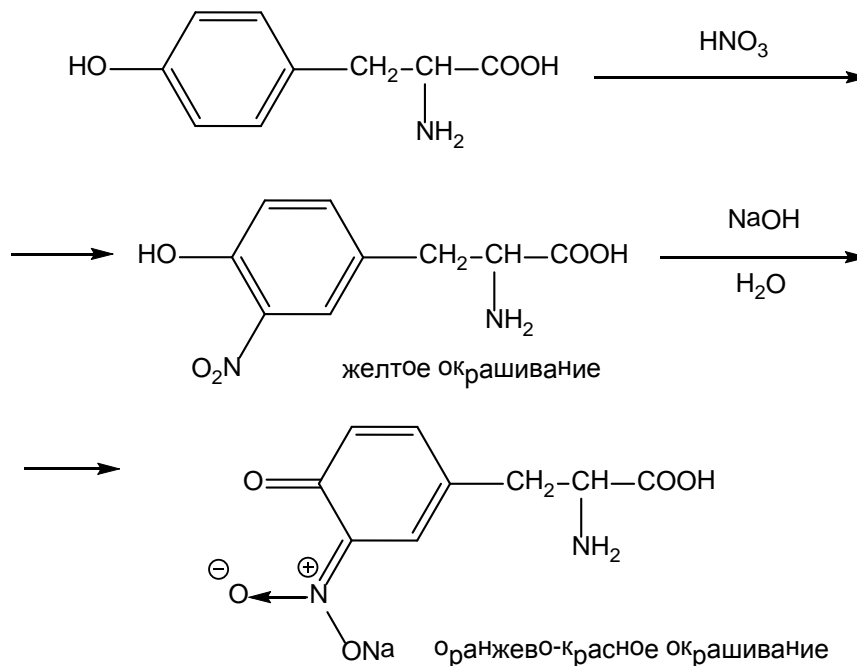
**Выводы:**

**Опыт 2.**

**Осаждение белков концентрированными минеральными кислотами.**

**Ксантопротеиновая реакция.**

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



**Наблюдение:**

**Выводы:**

### Опыт 3

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

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

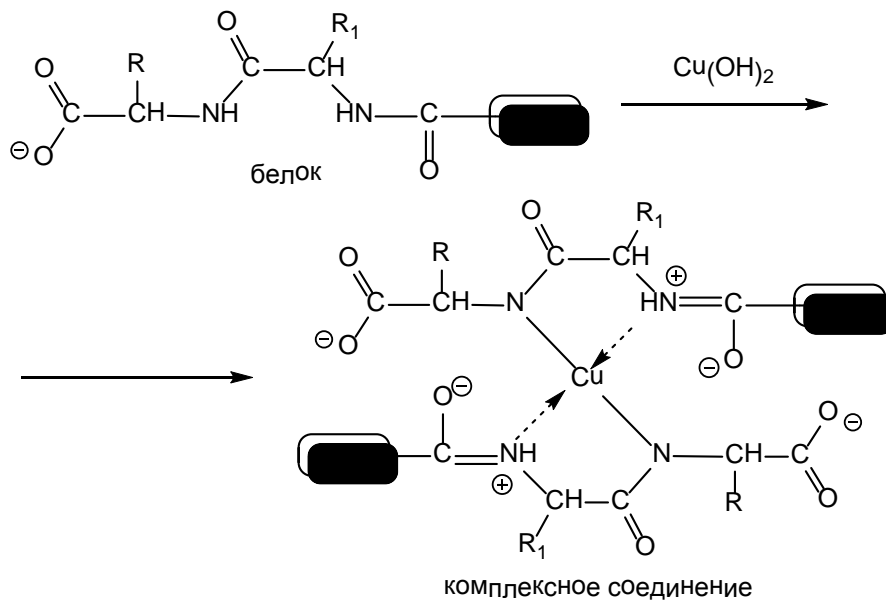
**Наблюдение:**

**Выводы:**

### Опыт 4.

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

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

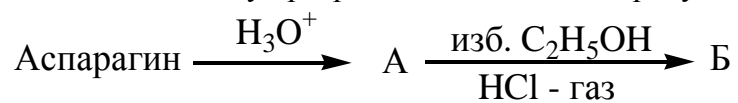


**Наблюдение:**

**Выводы:**

**НАПИШИТЕ УРАВНЕНИЯ И НАЗОВИТЕ ПРОДУКТЫ РЕАКЦИЙ ПО СХЕМЕ**

1. Заполните схему превращений и назовите продукты:

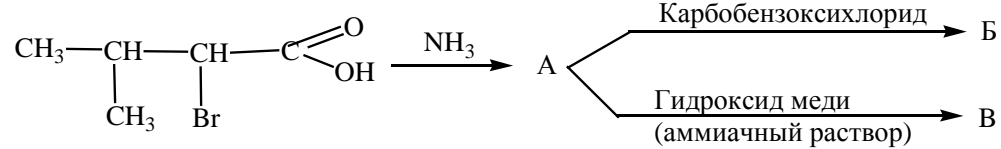


2. Заполните следующую схему превращений и назовите продукты:

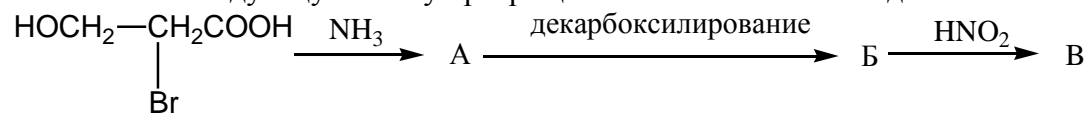




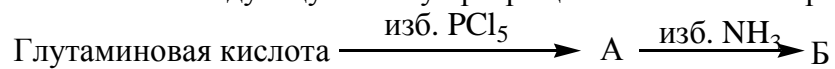
3. Заполните следующую схему превращений и назовите продукты:



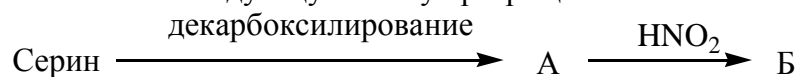
4. Заполните следующую схему превращений и назовите все соединения:



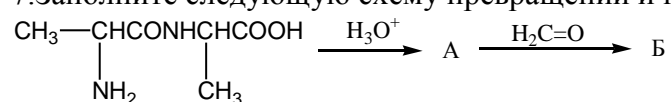
5. Заполните следующую схему превращений и назовите продукты



6. Напишите следующую схему превращений и назовите продукты:

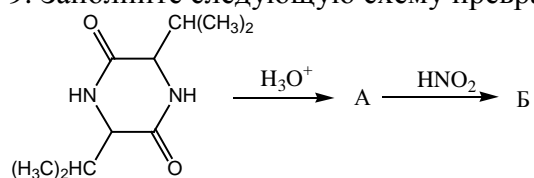


7. Заполните следующую схему превращений и назовите продукты:



8. Напишите схемы реакций фенилаланина с: а) азотистой кислотой, б) пропанолом-2 в присутствии HCl-газа и в) карбобензоксихлоридом. Назовите продукты. С какой целью используется последняя реакция?

9. Заполните следующую схему превращений и назовите все соединения:



Какое применение находит последняя реакция?

10. Напишите строение трипептида Гис-Лиз-Три. Укажите в нем N-и C-концы и пептидные группы. Представьте электронное строение и пространственное строение пептидной группы. В какой области рН находится его изоэлектрическая точка (pI)?

11. Напишите строение трипептида Гли-Ала-Мет в изоэлектрической точке и укажите пептидные группы, N- и C-концы. Представьте электронное и пространственное строение пептидной группы.

12. Напишите строение трипептида Фен-Ала-Тре в его изоэлектрической точке. В какой области рН она находится? Укажите пептидные связи, N- и C-концы пептида.

**Литература для самоподготовки:**

- 1 Губський Ю.І., - Біоорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005. - С.283-320.
- 2 Общий практикум по органической химии: Учеб. пособие для студ. вузов III –IV уровней аккредитации / В.П. Черных, И.С. Гриценко, М.О. Лозинский, З.И. Коваленко / Под общ. ред. В.П.Черных. – Харьков: Изд-во НФАУ; Золотые страницы, 2002. – с. 393-398.
- 3 Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. - Биорганическая химия .- М.: Медицина, 1991. С.313-361.

## Занятие 8

### **Тема: Нуклеозиды, нуклеотиды. Первичная и вторичная структура нуклеиновых кислот**

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

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

#### **Задания для самостоятельного решения**

1. Напишите схему гидролитического расщепления в кислой среде аденозинтрифосфорной кислоты в щелочной среде и назовите продукты реакции.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. Напишите таутомерные превращения тимина. Какой из таутомеров преобладает в равновесной смеси?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
3. Напишите строение участка цепи РНК с последовательностью оснований: ГУА и выделите сложноэфирные связи.

4. Заполните таблицу формулами:

Азотистые Основания	Нуклеозиды (азотистое основание + пентоза)	Нуклеотиды (нуклеозид + $H_3PO_4$ )
<b>РНК</b>		
<i>Пуриновые</i>		
Аденин	Аденозин	Аденозинмонофосфат или адениловая кислота (АМФ)
Гуанин	Гуанозин	Гуанозинмонофосфат или гуаниловая кислота (ГМФ)
<i>Пиримидиновые</i>		
Цитозин	Цитидин	Цитидинмонофосфат или цитидиловая кислота (ЦМФ)
Урацил	Уридин	Уридинмонофосфат или уридиловая кислота (УМФ)
<b>ДНК</b>		
<i>Пуриновые</i>		
Аденин	Дезоксиаденозин	Дезоксиаденозинмонофосфат (дАМФ)
Гуанин	Дезоксигуанозин	Дезоксигуанозинмонофосфат (дГМФ)

<i>Пиримидиновые</i>		
Цитозин	Дезоксицитидин	Дезоксицитидинмонофосфат (дЦМФ)
Тимин	Дезокситимидин	Дезокситимидинмонофосфат (дТМФ)

### **НАПИШИТЕ УРАВНЕНИЯ И НАЗОВИТЕ ПРОДУКТЫ РЕАКЦИЙ**

1. Напишите схемы и укажите виды таутомерии нуклеиновых оснований пуринового ряда (урацил, тимин, цитозин). Дайте определение понятию *нуклеозиды*. Приведите схемы синтеза и названия нуклеозидов и нуклеотидов, содержащих остатки: а) тимина; б) урацила; в) цитозина. Укажите N-гликозидные связи в их структуре. Какие моносахаридные остатки связаны с нуклеиновыми основаниями? Каково значение нуклеиновых оснований в физиологических процессах?

2. Напишите схемы и укажите виды таутомерии нуклеиновых оснований пиримидинового ряда (аденин, гуанин, гипоксантин). Дайте определения понятиям: *нуклеотиды*, *нуклеозиды*. Приведите схемы синтеза и названия нуклеозидов и нуклеотидов, содержащих остатки: а) гуанина; б) аденина. Изобразите структурную формулу динуклеотида,

состоящего из остатков гуаниловой и адениловой кислот. Каково значение нуклеиновых оснований в физиологических процессах?

3. Дайте определение понятию *нуклеотидполифосфаты*. Приведите схемы синтеза и названия нуклеотидов, содержащих остатки: а) урацила; б) аденина. Изобразите структурную формулу аденозин-5`-трифосфата (АТФ) и схему его поэтапного гидролиза. Укажите макроэнергетические связи в его структуре. Каково значение АТФ в физиологических процессах?

4. Дайте химические названия следующим основаниям: урацил, тимин, цитозин, аденин, гуанин: напишите их таутомерные пары оснований А-Т, Г-Ц.



5. Напишите строение участка ДНК со следующей последовательностью оснований: АТ, ГТ, АЦ; РНК- ГУ, УГ.

6. Напишите схему взаимодействия АТФ с Гли, Ала, Вал, Лей.

### **Литература для самоподготовки:**

- 1 Губський Ю.І., - Біоорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005. С. 320-343.
- 2 Общий практикум по органической химии: Учеб. пособие для студ. вузов III –IV уровней аккредитации / В.П. Черных, И.С. Гриценко, М.О. Лозинский, З.И. Коваленко / Под общ. ред. В.П.Черных. – Харьков: Изд-во НФАУ; Золотые страницы, 2002. – с. 399-400.
- 3 Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. - Биоорганическая химия .- М.: Медицина, 1991. С. 431-456.

## Занятие 9

**Тема:** Практические навыки и решение ситуационных задач по теме: «Биологически важные органические соединения (углеводы, аминокислоты, пептиды, белки, нуклеиновые кислоты)». Контроль содержательного модуля 2.

**Мотивация темы:** С биологической точки зрения большое значение имеют аминокислоты, которые являются простейшими компонентами белков – важнейших соединений служащих для построения тканей человеческого и животного организма. Некоторые пептиды представляют самостоятельный интерес (гормоны окситоцин, вазопрессин, инсулин). Познание основ строения и свойств нуклеиновых кислот, позволяет понимать сущность нормальных и патологических процессов в организме, подойти к перспективным проблемам управления некоторыми процессами жизнедеятельности.

Глубокие знания в области структуры и химии углеводов необходимы для приобретения профессиональных навыков и являются базой при изучении соответствующих разделов биологической химии, фармакологии, патофизиологии и других дисциплин.

**Цель:** Закрепить и углубить знания стереохимического строения, химических превращений углеводов, уметь проводить качественные реакции обнаружения и идентификации углеводов во взаимосвязи с их биологическими функциями. Объяснять электронное и пространственное строение пептидной связи и первичной структуры белковых молекул. Закрепить знания о принципах строения биополимеров - клеточных компонентов на стадии их первичной и вторичной структуры.

### Задание для самостоятельного решения

1. Напишите структурную формулу дисахарида состоящего из D – глюконовой кислоты и N-ацетил-D-глюкозамина, соединенные  $\beta$ -1,3 гликозидной связью. В состав, какого биополимера входит этот фрагмент?

2. Объясните, почему сахароза не дает положительной реакции с реактивами Толленса и Фелинга?

3. Дайте определение понятию олигосахариды. Напишите схему образования 4-(1'-β-D-галактопиранозил)-D-глюкопиранозы. Какое тривиальное название имеет это вещество? К какому типу дисахаридов оно относится? Пронумеруйте атомы в структуре этого соединения и укажите фрагмент, отличающий его от целлобиозы. Напишите схемы и назовите продукты его реакций: а) с изб.  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}^+$ ; б) с  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{H}^+$ ; в) с изб.  $\text{CH}_3\text{I}$ ; г) с реактивом, позволяющим отличить этот дисахарид от сахарозы. Приведите схему получения целлобиозы из клетчатки и укажите 1-4-гликозидные связи в структуре биозы.

4. Дайте определение понятию *аномеры*. Приведите перспективные формулы (Хеуорса) четырёх аномеров D-глюкозы. Укажите в них аномерный атом углерода. Какой из аномеров D-глюкозы наиболее конформационно устойчив? Ответ поясните.

5. Напишите схемы и назовите продукты реакций окисления глюкозы в нейтральной, кислой и щелочной средах. Напишите схемы и назовите продукты качественных реакций, отличающих глюкозу от сахарозы.

7. Сравните кислотность и основность аргинина, лизина и аспарагиновой кислоты.
8. Объясните оптическую активность асимметрических аминокислот на примере цистина.
9. Приведите качественные реакции на amino-и карбоксигруппу в аминокислотах: образование комплексных солей с тяжелыми металлами, ксантопротеиновую, биуретовую и реакцию с нингидрином.

10. Изобразите строение фрагмента ДНК и РНК. Укажите водородную, гликозидную, сложноэфирную и ангидридную связи в этих молекулах.

**Литература для самоподготовки:**

- 1 Губський Ю.І., - Біоорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005. С. 217-343.
- 2 Общий практикум по органической химии: Учеб. пособие для студ. вузов III –IV уровней аккредитации / В.П. Черных, И.С. Гриценко, М.О. Лозинский, З.И. Коваленко / Под общ. ред. В.П.Черных. – Харьков: Изд-во НФАУ; Золотые страницы, 2002. – с. 376-410.
- 3 Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. - Биорганическая химия .- М.: Медицина, 1991. С. 313-456.

## ИТОГОВЫЙ МОДУЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ

### Перечень

#### контрольных вопросов к сдаче итогового модуля по курсу биорганической химии.

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

19. Кислотные и основные свойства биоорганических соединений: протонная теория Бренстеда; теория кислот и аний Льюиса.
20. Гидроксилсодержащие соединения - спирты и тиолы в биоорганической химии: строение, свойства, биомедицинское значение отдельных представителей.
21. Фенолы: строение, свойства, биомедицинское значение. Характеристика представителей одноатомных (фенол, крезол) и двухатомных (пирокатехин, резорцин, гидрохинон) фенолов.
22. Тиолы (меркаптаны), сульфиды и дисульфиды в биоорганической химии: строение, свойства.
23. Карбонильные соединения в биоорганической химии. Химические свойства и биомедицинское значение альдегидов и кетонов.
24. Карбоновые кислоты в биоорганической химии: строение и химические свойства; функциональные производные карбоновых кислот (ангидрид, амиды, сложные эфиры). Реакции декарбоксилирования.
25. Строение и свойства дикарбоновых кислот: щавелевой, малоновой, янтарной, глутаровой, фумаровой.
26. Строение и свойства угольной кислоты и ее производных. Уретаны, уреиды кислот, мочевины.
27. Сложные эфиры карбоновых кислот: номенклатура, образование, свойства.
28. Амины: номенклатура, свойства. Биомедицинское значение биогенных аминов (адреналина, норадреналина, дофамин, триптамин, серотонина, гистамина) и полиаминов (спермидина, спермина, путресцина, кадаверина).
29. Ароматические амины: строение, свойства. Анилин как предшественник в синтезе лекарственных средств - сульфаниламида, фенацетина, анестезина, новокаина.
30. Аминоспирты: строение, свойства. Биомедицинское значение этаноламина (коламина), холина, ацетилхолина.
31. Гидроксикислоты в биоорганической химии: строение и свойства монокарбоновых (молочной, гидроксимасляной) дикарбоновых (яблочной, винной) и трикарбоновых (лимонной, цис-аконитовой) гидроксикислот.
32. Аминокислоты: строение, стереоизомерия, химические свойства. Биомедицинское значение L-аминокислот. Реакции биохимических превращений аминокислот: дезаминирование, трансаминирование, декарбоксилирование.
33. Строение и свойства наиболее распространенных в биообъектах оксокислот: пировиноградной, ацетоуксусной, щавелевоуксусной, кетоглутаровой. Понятие о кетоновых телах.
34. Фенолоксикислоты. Салициловая кислота и ее производные как противовоспалительные (ацетилсалициловая кислота, метилсалицилат, салицилат натрия) и противомикробные (фенилсалицилат) средства.
35. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом (, фуран, тиофен). Биомедицинское значение тетрапиррольных соединений; порфина, порфиринов, гема.
36. Индол и его производные: триптофан и реакции образования триптамина и серотонина; индоксил, скатол - значение в процессах гниения белков в кишечнике.
37. Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами азота. Пиразол, пиразолон; производные пиразолона-5 как лекарственные средства (антипирин, амидопирин, анальгин). Имидазол и его производные: гистидин, гистамин.
38. Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами: тиазол, оксазол. Тиазол как структурный компонент молекулы тиамина (витамина В).
39. Шестичленные гетероциклы с атомом азота: пиридин. Никотинамид (витамин РР) как составная часть окислительно восстановительных пиридиновых коферментов. Пиридоксин и молекулярные формы витамина В<sub>6</sub>
40. Шестичленные гетероциклы с двумя атомами азота. Диазины: пиримидин, пиразин, пиридазин. Азотистые основания — производные пиримидина (урацил, цитозин, тимин)
41. Производные пиримидина как лекарственные средства: 5-фторурацил, оротат калия. Барбитуровая кислота: барбитураты как снотворные и противозапамятные средства



- (фенобарбитал, веронал).
42. Шестичленные гетероциклы с гетероатомами. Фенотиазины аминазины др. как психотропные (нейролептические) средства.
  43. Семичленные гетероциклы с двумя гетероатомами. Диазепины: бензо-1,4-дiazепины как наиболее распространенные транквилизаторы и анксиолитики.
  44. Пурин и его производные. Аминопроизводные пурина (аденин, гуанин), их таутомерные формы; биохимическое значение в образовании нуклеотидов и коферментов.
  45. Гидроксипроизводные пурина: гипоксантин, ксантин, мочева кислота. Метилированные производные ксантина (кофеин, теofilлин, теобромин) как физиологически активные соединения с действием на центральную нервную и сердечнососудистую системы.
  46. Углеводы: определение, классификация. Моносахариды (альдозы и кетозы; триозы, тетрозы, пентозы, гексозы, гептозы), биомедицинское значение отдельных представителей.
  47. Моносахариды: пентозы (рибоза, 2-дезоксирибоза, ксилоза), гексозы (глюкоза, галактоза, манноза, фруктоза) - строение, свойства. Качественные реакции на глюкозу.
  48. Строение и свойства производных моносахаридов. Аминопроизводные: глюкозамин, галактозамин. Уроновые кислоты. L-аскорбиновая кислота (витамин С). Продукты моносахаридов: сорбит, маннит.
  49. Олигосахариды: строение, свойства. Дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза), их биомедицинское значение.
  50. Полисахариды. Гомополисахариды: крахмал, гликоген, целюлоза, декстраны - строение, гидролиз, биомедицинское значение. Качественная реакция на крахмал.
  51. Гетерополисахариды: определение, структура. Строение и биомедицинское значение глюкозаминогликанов (мукополисахарида) — гиалуроновой кислоты, хондроитинсульфатов, гепарина.
  52. Липиды: определение, классификация. Высшие жирные кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая, арахидоновая. Простые липиды. Триацилглицеролы (нейтральные жиры): строение, физиологическое значение, гидролиз.
  53. Сложные липиды. Фосфолипиды, фосфорная кислота, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилхолин, фосфатидилсерин. Сфинголипиды. Гликолипиды. Роль сложных липидов в строении биомембран.
  54. Стероиды как производные циклопентанпергидрофенантрена (стерана). Строение биологически важных представителей стероидов: холестерин, витамина D, желчных кислот, кортикостероидов, половых гормонов.
  55. Аминокислотный состав белков и пептидов; классификация L-аминокислот. Химические и физико-химические свойства протеиногенных аминокислот. Нингидриновая реакция, ее значение, в анализе аминокислот.
  56. Белки и пептиды: определение, классификация, биологические функции. Типы связи между аминокислотными остатками в белковых молекулах. Пептидная связь: образование и структура. Биуретовая реакция.
  57. Уровни структурной организации белков: первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры. Олигомерные белки.
  58. Физико-химические свойства белков; их молекулярная масса. Методы осаждения. Денатурация белков.
  59. Методы фракционирования и анализа белков и пептидов (седиментация, хроматография, электрофорез). Анализ первичной структуры белков и пептидов: методы Сенгера и Эдмана.
  60. Нуклеозиды, нуклеотиды. Азотистые основания пуринового и пиримидинового ряда, которые входят в состав нуклеотидов.
  61. Нуклеозиды. Нуклеотиды как фосфорилированные производные нуклеозидов (нуклеозидмоно-, ди- и трифосфаты). Номенклатура нуклеозидов и нуклеотидов как компонентов РНК и ДНК.
  62. Строение и биохимические функции свободных нуклеотидов: нуклеотидкоферменты; циклические нуклеотиды 3',5'-АМФ, 3',5'-ГМФ.

63. Нуклеиновые кислоты (дезоксирибонуклеиновые, рибонуклеиновые) как полинуклеотиды. Полярность полинуклеотидных цепей ДНК и РНК.
64. Строение и свойства ДНК; нуклеотидный состав, комплементарность азотистых . Первичная, вторичная и третичная структура ДНК.
65. РНК: строение, типы РНК и их роль в биосинтезе белков.
66. Витамины: общая характеристика: понятие коферментного действия витаминов. Строение и свойства витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР.
67. Гормоны: понятие о гормонах как биорегуляторах. Общая характеристика гормонов белково-пептидной группы, производных аминокислот, стероидов.
68. Алкалоиды: определение: значение алкалоидов как действующих веществ лекарственных средств (классов пиридина и пиперидина, хинолина и изохинолина, индола).
69. Антибиотики: общее понятие; характеристика антибиотиков классов антибиотиков: пенициллинов, цефалоспоринов, стрептомицинов

### Литература основная

1. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. Учебник для студентов медицинских вузов. - 7 изд. - М.: Дрофа, 2008. - 542 с.
2. Руководство к лабораторным занятиям по органической химии / Под ред. Н.А. Тюкавкиной. -4 изд. - М.: Дрофа, 2008. - 384 с.
3. Хлебников А.Ф., Новиков М.С. Современная номенклатура органических соединений. - СПб: НПО «Профессионал», 2004. - 432 с.
4. Зурабян С.Э. Номенклатура природных соединений. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. - 204 с.
5. Біоорганічна хімія (скорочений курс) Миронович Л. М.: навч. посібник для студ. вузів Серія: Вища освіта в Україні 2008.
6. Зіменковський, Б. С. Біоорганічна хімія: підручник для студентів, які навчаються за мед. спец. у вищ. мед. навч. закладах освіти III-IV рівня акредитації / Б. С. Зіменковський, В. О.Музиченко. - Львів : Кварт, 2009. - 402 с.
7. Organic Chemistry / J. McMurry. – 8<sup>th</sup> ed. Brooks/Cole. 2012. – p.1384.
8. General, Organic, and Biological Chemistry: An Integrated Approach / K.W. Raymond. – 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley & Sons, Inc. 2008.- p. 546.
9. Principles of general, organic, and biological chemistry / J.G. Smith. – 1<sup>st</sup> ed. McGraw-Hill. 2012. – p. 659.
10. Organic Chemistry / W.H. Brown, Ch.S. Foote, V.L. Iverson, E.V. Anslyn. – 5<sup>th</sup> ed. Brooks/Cole. 2011. – p.1254.
11. Organic Chemistry / I. Blei, G. Odian – 2<sup>nd</sup> ed. W. H. Freeman and Company. 2006. – p.886.
12. Общий практикум по органической химии: Учеб. пособие для студ. вузов III –IV уровней аккредитации / В.П. Черных, И.С. Гриценко, М.О. Лозинский, З.И. Коваленко / Под общ. ред. В.П.Черных. – Харьков: Изд-во НФаУ; Золотые страницы, 2002. – 592 с.

### Дополнительная

1. Черних В.П., Зіменковський Б.С., Гриценко І.С. Органічна хімія: Підручник для фармац. вузів і факультетів. У 3 кн.: – Харків: Основа, 1993 - 1997.
2. Лекции по органической химии В.П.Черных. Харків, Вид-во НФаУ, 2005. – 480 с.
3. Загальний практикум з органічної хімії: Навч.. посібник для студ. вузів III –IV рівней акредитації / В.П. Черних, І.С. Гриценко, М.О. Лозинський, З.І. Коваленко / Під загальн. ред. В.П. Черних. – Харків: Вид-во НФаУ; Золоті сторінки, 2003. – 592 с.

4. Посібник до лабораторних та семінарських занять з органічної хімії / В.П. Черних, В.І. Гридасов, І.С. Гриценко та ін. - Харків: Основа, 1991. - 376с.
5. Сборник тестов по органической химии: учеб. пособие для студ. вузов / Под ред. В.П. Черных. – Х.: Изд-во НФаУ, Оригінал, 2005. – 376 с.
6. Органічна хімія: Підручник для студ. вищ. навч. закл. / Л.Д. Бобровнік, В.М. Руденко, Г.О.Лезенко. – К.; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2002. – 544 с.
7. Шабаров Ю.С. Органическая химия: Учебник для вузов. - 3-е изд.- М.: Химия, 2000. –848 с.
8. Березин Б.Д., Березин Д.Б. Курс современной органической химии: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 768 с.
9. Руководство к лабораторным занятиям по органической химии: Пособие для вузов / Н.Н.Артемяева, В.Л.Белобородов, С.Э. Зурабян и др. / Под. ред. Н.А. Тюкавкиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2002. – 384 с.
10. Грандберг И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии: Пособие для студ. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2001. – 352 с.

### **Интернет ресурсы**

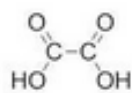
1. <http://www.org-chem.tk>
2. [http:// www.orgsyn.org](http://www.orgsyn.org)
3. <http://www.chemsynthesis.com>
4. <http://synarchive.com>
5. <http://www.organic-chemistry.org>

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

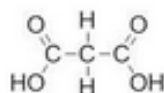
1. Проведение реакции Вагнера с олеиновой кислотой.
2. Образование этилата натрия и его гидролиз.
3. Проведение реакции  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  с формальдегидом.
4. Доказательство ненасыщенности жира реакцией с бромной водой.
5. Доказательство наличия свободного фенольного гидроксила в салициловой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

## ДОПОЛНЕНИЕ

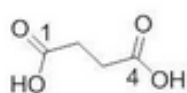
состав алкана	название	алкильный радикал	название радикала	Жирные кислоты	C <sub>нам</sub>	ω
CH <sub>4</sub>	метан	CH <sub>3</sub>	метил	Пальмитиновая	16:0	
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	этан	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	этил	Стеариновая	18:0	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	пропан	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	пропил	Пальмитоолеиновая	16:1 Δ 9	
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	бутан	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	бутил	Олеиновая	18:1 Δ 9	
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	пентан	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	амил	Линолевая	18:2 Δ 9, 12*	6
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	гексан	C <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	гексил	Линоленовая	18:3 Δ 9, 12, 15*	3
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	гептан	C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	гептил	Эйкозатрисовая	20:3 Δ 8, 11, 14	6
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	октан	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	октил	Арахидоновая	20:4 Δ 5, 8, 11, 14	6
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	нонан	C <sub>9</sub> H <sub>19</sub>	нонил	Эйкозапентаеновая	20:5 Δ 5, 8, 11, 14, 17	3
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	декан	C <sub>10</sub> H <sub>21</sub>	децил	Докозапентаеновая	22:5 Δ 7, 10, 13, 16, 19	3
				Докозагексаеновая	22:6 Δ 4, 7, 10, 13, 16, 19	3



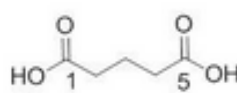
щавелевая кислота



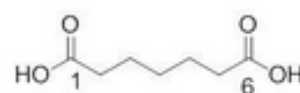
малоновая кислота



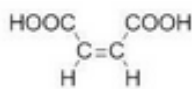
янтарная кислота



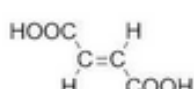
глутаровая кислота



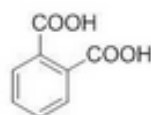
адипиновая кислота  
гександиовая кислота



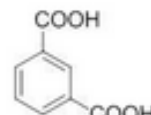
малеиновая кислота



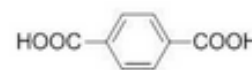
фумаровая кислота



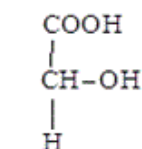
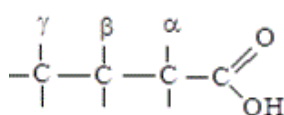
фталевая кислота



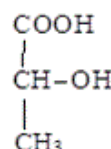
изофталевая кислота



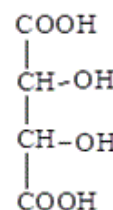
терефталевая кислота



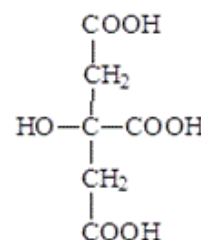
гликолевая к-та



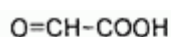
молочная к-та



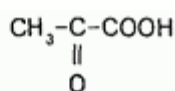
винная к-та



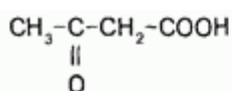
лимонная к-та



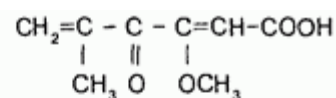
глиоксальная кислота



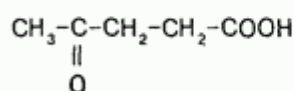
пировиноградная кислота



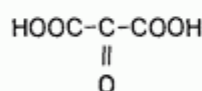
ацетоуксусная кислота



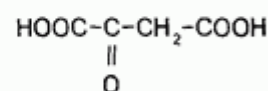
пеницилловая кислота



левулиновая кислота



мезоксальная кислота



щавелево-уксусная кислота

## Названия некоторых функциональных групп

Адипил	—OC(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CO—	β-Аллил	см. Изопропенил
Азарил	2,4,5-(CH <sub>3</sub> O) <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> —	Амил	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> —
Азидо	N <sub>3</sub> —	втор-Амил	(CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH— (1-этилпропил) и CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> )— (1-метилбутил)
Азимино	—N=N—NH—		
Азино	>N—N<	трет-Амил	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> —
Азо	—N=N—	Амилиден	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH<
Азокси	—N(O)=N—	Амокси	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> O—
Акрилил	CH <sub>2</sub> =CHCO—	Гваяцил	o-CH <sub>3</sub> OC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> —
Аланил	CH <sub>2</sub> CHNH <sub>2</sub> CO—	Гексадецил	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>15</sub> —
Аллил	CH <sub>2</sub> =CHCH <sub>2</sub> —	(цетил)	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> —
Анизаль	см. Анизилиден	Гексил	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> —
Анизил	(o, m- и p-)CH <sub>3</sub> OC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> —	Гендецил	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> —
Анизилиден	p-CH <sub>3</sub> OC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH<	Гептил	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> —
Анизоил	p-CH <sub>3</sub> OC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CO—	Гидразино	NH <sub>2</sub> NH—
Анилино	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH—	Гидразо	—NHNH—
Антимоно	—Sb=Sb—	Гидрокси	см. Окси
Антраноил	o-NH <sub>2</sub> -C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CO—	Глицерил	—CH <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> — 
Арсено	—As=As—	Глицил	H <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> CO—
Арсенозо	O=As—	Дезил	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COCH(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> )—
Арсил	см. Арсино	Децил	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> —
Арсилен	HAS<	Диазо	—N=N— или —N≡N
Арсинико	(HO)OAs<	Диазоамино	—N=NNH—
Арсино	H <sub>2</sub> As—	Дисилазанил	H <sub>3</sub> SiNHSiH <sub>2</sub> —
Арсо	O <sub>2</sub> As—	Дисилазанил-амино	H <sub>3</sub> SiNHSiH <sub>2</sub> NH—
Арсоно	(HO) <sub>2</sub> OAs—	Дисилазанокси	H <sub>3</sub> SiNHSiH <sub>2</sub> O—
Ацетамино	CH <sub>3</sub> CONH—	Дисиланил	H <sub>3</sub> SiSiH <sub>2</sub> —
Ацетил	CH <sub>3</sub> CO—	Дисиланил-амино	H <sub>3</sub> SiSiH <sub>2</sub> NH—
Ацетилен	>CH—CH<	Дисиланилен	—SiH <sub>2</sub> SiH <sub>2</sub> —
Ацетиленил (этинил)	CH≡C—	Дисиланоксид	H <sub>3</sub> SiSiH <sub>2</sub> O—
Ацетимино	CH <sub>3</sub> C(=NH)—	Дисилоксанил	H <sub>3</sub> SiOSiH <sub>2</sub> —
Ацетокси	CH <sub>3</sub> COO—	Дисилоксанил-амино	H <sub>3</sub> SiOSiH <sub>2</sub> NH—
Ацетонил	CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> —	Дисилоксан-окси	H <sub>3</sub> SiOSiH <sub>2</sub> O—
Ацетонилиден	CH <sub>3</sub> COCH<	Изоамил	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> —
Бензаль	см. Бензилиден	Изоамокси	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> O—
Бензамино	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CONH—	Изобутил	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> —
Бензгидрил	(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> CH—	Изобутирил	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCO—
Бензгидри-лиден	(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> C<	Изобутоксид	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> O—
Бензенил	см. Бензилидин	Изовалерил	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CO—
Бензидино	H <sub>2</sub> NC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NH—	Изогексил	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> —
Бензил	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> —	Изопентил	см. Изоамил
Бензилиден	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH<	Изопропенил	CH <sub>2</sub> =C(CH <sub>3</sub> )—
Бензилидин	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C<	Изопропил	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH—
Бензимино	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C(=NH)—	Изопропилиден	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C<
Бензоил	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CO—	Изопропокси	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHO—
Бензоилен	—C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CO—	Изотиоциано	S=C=N—
Бензоилокси (бензокси)	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COO—	Изоцианато	OCN—
Бифенилен	—C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> —	Изоциано	C=N—
Бифенилил (2, 3 или 4)	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> —	Имино	HN<
Борнил (от бор-неола)	$\begin{array}{c} \text{7} \\   \\ \text{—C(CH}_3\text{)}_2\text{—} \\   \quad   \\ \text{CH}_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{C(CH}_3\text{)CH—} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{3} \quad \text{4} \quad \text{5} \quad \text{6} \quad \text{1} \quad \text{2} \end{array}$	Каприл	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CO—
		Каприлил	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CO—
		Капроил	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CO—
		Карбамил	NH <sub>2</sub> CO—
		Карбамино	см. Уреидо

1-Бутенил	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-$	Карбметокси	$\text{CH}_3\text{OCO}-$
2-Бутенил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2-$	Карбокси	$-\text{COOH}$
(кротил)		(карбоксил)	
3-Бутенил	$\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_2-$	Карбонил	$\text{OC}\langle$
Бутил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3-$	Карбонил-диокси	$-\text{OCOO}-$
втор-Бутил	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)-$	Карбэтоксид	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OCO}-$
трет-Бутил	$(\text{CH}_3)_3\text{C}-$	Карвакрил	$(4) (\text{CH}_3)_2\text{CH}\langle$ $\rangle\text{C}_6\text{H}_5-(2)$
Бутилиден	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}\langle$		
Бутирил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}-$		
Бутоксид	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{O}-$		
Валерил	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CO}-$		
Винил	$\text{CH}_2=\text{CH}-$	Крезил (10 изомеров)	$(1) \text{CH}_3$ $(o-, m- \text{ и } p-) (\text{HO})(\text{CH}_3)\text{C}_6\text{H}_5-$
Винилен	$-\text{CH}=\text{CH}-$	Крезокси	см. Толокси
Винилиден	$\text{CH}_2=\text{C}\langle$	Кротил	см. 2-Бутенил
Кротонил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCO}-$	Селеноциано	$\text{NCSe}-$
Ксенил	см. Бифенилил	Силил	$\text{SiH}_3-$
Ксиллил (6 изомеров)	$(o-, m- \text{ и } p-) (\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3-$	Силиламино	$\text{H}_3\text{SiNH}-$
Ксиллилен	$-\text{H}_2\text{CC}_6\text{H}_4\text{CH}_2-$	Силилен	$\text{SiH}_2\langle$
Кумил	$(\text{CH}_3)_2\text{CHC}_6\text{H}_4-$		
Куминил	$p-(\text{CH}_3)_2\text{CHC}_6\text{H}_4\text{CH}_2-$	Силилиден	$\text{SiH}\langle$
Кумоил	$p-(\text{CH}_3)_2\text{CHC}_6\text{H}_4\text{CO}-$	Силокси	$\text{SiH}_3\text{O}-$
Малонил	$-\text{COCH}_2\text{CO}-$	Станнил	$\text{SnH}_3-$
Мезил (метилсульфонил)	$\text{CH}_3\text{SO}_2-$	Стеарил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_2-$
Меркапто	$\text{HS}-$	Стеароил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}-$
Метен	см. Метилен	Стибарсено	$-\text{Sb}=\text{As}-$
Метенил	см. Метилидин	Стибил	см. Стибино
Метил	$\text{CH}_3-$	Стибилен	$\text{SbH}\langle$
Метилен	$\text{CH}_2\langle$	Стибинико	$(\text{HO})\text{OSb}\langle$
Метилендиоксид	$-\text{OCH}_2\text{O}-$	Стибино	$\text{SbH}_2-$
Метилидин (метенил)	$\text{CH}\langle$	Стибо	$\text{O}_2\text{Sb}-$
Метилол (оксиметил)	$\text{HOCH}_2-$	Стибозо	$\text{O}=\text{Sb}-$
Метин	см. Метилидин	Стибоно	$(\text{HO})_2\text{OSb}-$
Метионил	$\text{CH}_2(\text{SO}_2)_2\langle$	Стирен (стиролен)	$-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{CH}_2-$
Метокси	$\text{CH}_3\text{O}-$	Стирил (циннамил)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}-$ $\beta \quad \alpha$
Нафтил (1- или 2-; $\alpha$ - или $\beta$ -)	$\text{C}_{10}\text{H}_7-$	Сукцинил	$-\text{OC}(\text{CH}_2)_2\text{CO}-$
Нафтилен	$\text{C}_{10}\text{H}_6\langle$	Сульфамил	$-\text{SO}_2\text{NH}_2$
Нафтоил	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CO}-$	Сульфамино	$\text{HO}_3\text{SNH}-$
Неопентил	$(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2-$	Сульфаниламидо	$p-\text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}-$
Неофил	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2-$	Сульфанилил	$\text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_5\text{SO}_2-$
Нитрамино	$\text{O}_2\text{NNH}-$	Сульфгидрил	см. Меркапто
Нитро	$\text{O}_2\text{N}-$	Сульфинил	$\text{OS}\langle$
Нитрозо	$\text{ON}-$	Сульфино	$\text{HO}_2\text{S}-$
Нонил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8-$	Сульфо	$\text{HO}_2\text{S}-$
Оксалил	$-\text{COCO}-$	Сульфонамидо	$-\text{SO}_2\text{NH}-$
Окси (гидроксид)	$\text{HO}-$	Сульфонил	$-\text{SO}_2-$
Октил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7-$	(сульфурил)	
Пентаметилен	$-\text{CH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2-$	Тио	$-\text{S}-$
Пентил	см. Амил	Тиокарбамил	$\text{H}_2\text{NCS}-$
Пиридил (от пиридина, $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ - или 2-, 3-, 4-)	$-\text{C}_5\text{H}_4\text{N}$	Тиокарбонил	$\text{SC}\langle$
Пропаргил	$\text{CH}\equiv\text{CCH}_2-$	Тиоциано	$\text{NCS}-$
1-Пропенил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}-$	Тозил (толилсульфонил)	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2-$
		Толил ( $o$ -, $m$ - и $p$ -)	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4-$
		$\alpha$ -Толилен (бензилиден)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}\langle$
		Толокси ( $o$ -, $m$ -)	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{O}-$

2-Пропенил	см. Аллил			
Пропил	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$			
Пропилен	$-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2-$			
1-Пропинил	$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{C}-$			
2-Пропинил	см. Пропаргил			
Пропиолил	$\text{CH}\equiv\text{CCO}-$			
Пропионил	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}-$			
Салицил	$o\text{-HOC}_6\text{H}_4\text{CH}_2-$			
( <i>o</i> -оксибензил)				
Салицил	$o\text{-HOC}_6\text{H}_4-$			
( <i>o</i> -оксифенил)				
Салицилоил	$o\text{-HOC}_6\text{H}_4\text{CO}-$			
Селенил	$\text{HSe}-$			
Селенинил	$\text{OSe}-$			
Селенинино	$(\text{HO})\text{OSe}-$			
Селено	$\text{Se}$ <			
Селенонил	$-\text{SeO}_2-$			
Селеноно	$\text{HO}_2\text{Se}-$			
Фенилен ( <i>o</i> -, <i>m</i> - и <i>p</i> -)	$\text{C}_6\text{H}_4$ <			
Фенокси	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}-$			
Фенилсульф- амил	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NHSO}_2-$			
Фенилсульфон- амидо	$\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_2\text{NH}-$			
Формамидо	$\text{HCONH}-$			
Формил	$\text{HCO}-$			
Фосфазо	$-\text{P}=\text{N}-$			
Фосфарсено	$-\text{P}=\text{As}-$			
Фосфинико	$(\text{HO})\text{OP}$ <			
Фосфино	$\text{H}_2\text{P}-$			
Фосфо	$\text{O}_2\text{P}-$			
Фосфоно	$(\text{HO})_2\text{OP}-$			
Фосфоро	$-\text{P}=\text{P}-$			
Фосфорозо	$\text{OP}-$			
Фталоил	$o\text{-OCC}_6\text{H}_4\text{CO}-$			
2-Фурил (или $\alpha$ -)	$\text{OCH}=\text{CHCH}=\text{C}-$ 			
2-Фуроил	$\text{OCH}=\text{CHCH}=\text{CCO}-$ 			
Фурфураль (фурфурил- иден)	$\text{OCH}=\text{CHCH}=\text{CCH}$ < 			
Фурфурил	$\text{OCH}=\text{CHCH}=\text{CCH}_2-$ 			
Цетил	см. Гексадецил			
Цианато	$\text{NCO}-$			
Циано	$\text{NC}-$			
Циклобутил	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CH}-$ 			
		и <i>p</i> -)		
		Толуил ( <i>o</i> -, <i>m</i> - и <i>p</i> -)	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{CO}-$	
		Триметилен	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	
		Тритил (трифе- нилметил)	$(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C}-$	
		Ундецил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}-$	
		Уреидо	$\text{H}_2\text{NCONH}-$	
		Фенацетил	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CO}-$	
		Фенацил	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2-$	
		Фененил	$\text{C}_6\text{H}_5$ <	
		( <i>сим.м.</i> -, <i>не-</i> <i>сим.м.</i> -, <i>виц.</i> -)		
		Фенэтил	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2-$	
		Фенетил ( <i>o</i> -, <i>m</i> - и <i>p</i> -)	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_6\text{H}_4-$	
		Фенил	$\text{C}_6\text{H}_5-$	
		Фенилазо	$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}=\text{N}-$	
		Циклогекса- диенил (2,4-)	$\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}-$ 6 5 4 3 2 1	
		1-Циклогек- сенил	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{C}-$ 	
		Циклогексил	$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}-$ 	
		Циклопентил	$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}-$ 	
		Циклопропил	$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}-$ 	
		Циннамаль	см. Циннамилиден	
		Циннаменил	см. Стирил	
		Циннамил	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CHCH}_2-$ $\gamma \quad \beta \quad \alpha$	
		Циннамилиден	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CHCH}$ < $\gamma \quad \beta \quad \alpha$	
		Циннамоил	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CHCO}-$	
		Энантил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CO}-$	
		Этенил (винил)	$\text{CH}_2=\text{CH}-$	
		Этил	$\text{CH}_3\text{CH}_2-$	
		Этилен	$-\text{CH}_2\text{CH}_2-$	
		Этилендиокси	$-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}-$	
		Этилиден	$\text{CH}_3\text{CH}$ <	
		Этилидин (ино- гда этенил)	$\text{CH}_3\text{C}$ <	
		Этинил	см. Ацетиленил	
		Этинилен	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	
		Этокси	$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}-$	



ДЛЯ ЗАМЕТОК