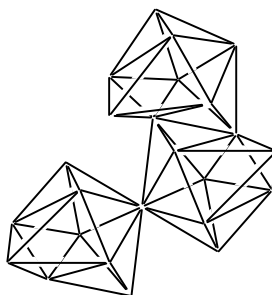
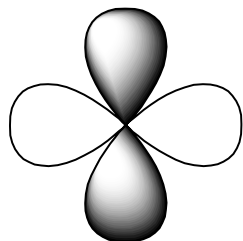


**Винницкий национальный медицинский университет  
имени Н.И.Пирогова**

**Кафедра биологической и общей химии  
Курс медицинской химии и биоорганической химии**



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ**

*практических занятий по биоорганической химии  
для иностранных студентов медицинского факультета*

*Модуль 1. Биологически важные классы биоорганических  
соединений. Биополимеры и их структурные компоненты.*



**Винница 2017**

Методические разработки утверждены методкомом общетеоретических дисциплин 1 курса ВНМУ имени Н.И.Пирогова  
(протокол № 3 от 15.12.2016 г.)

Переработала доц. Смирнова О.В.  
со сборника 2016 г.

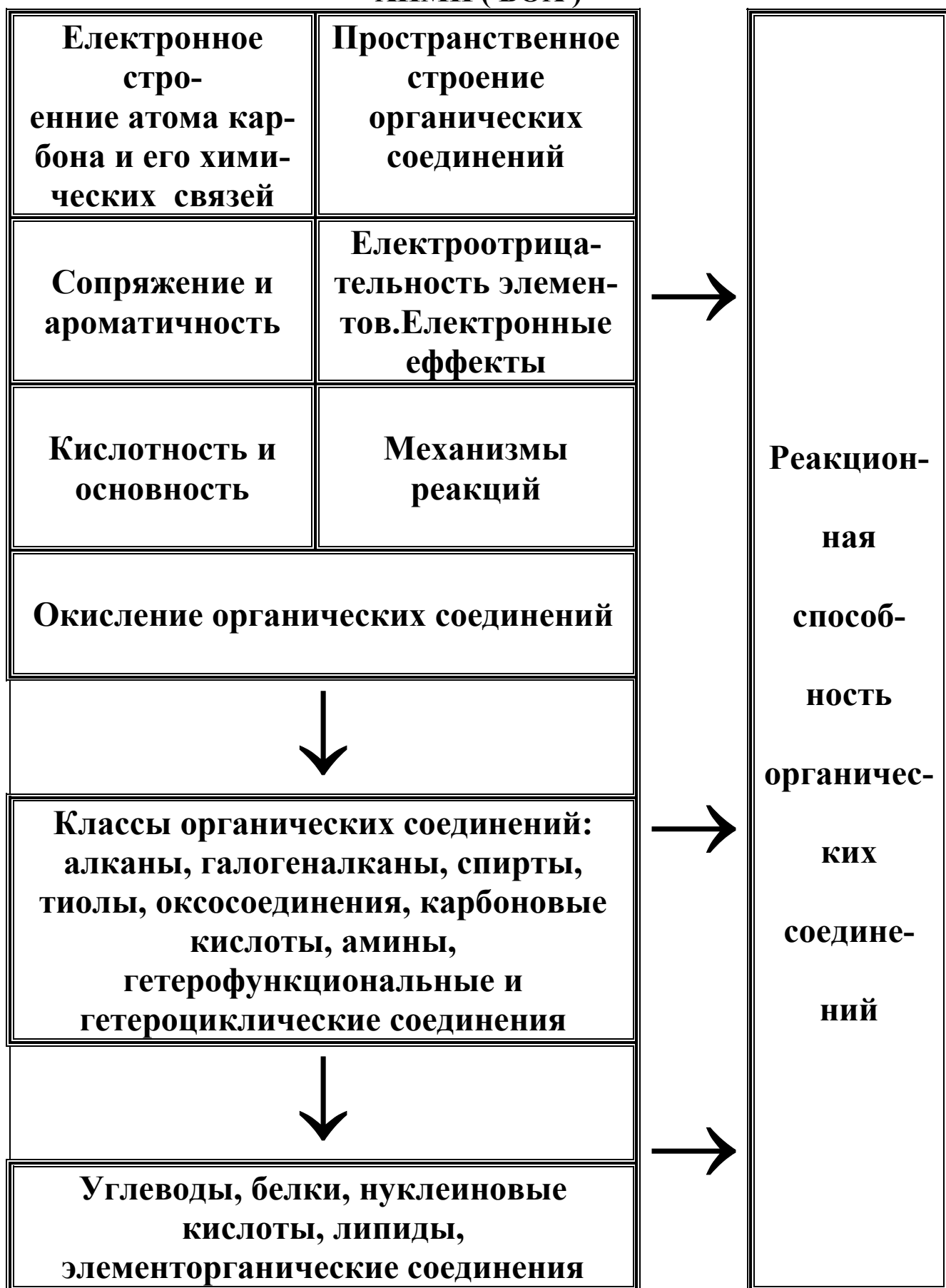
Рецензент – Антонюк В.С. – доцент  
кафедры химии  
фармацевтического факультета  
ВНМУ имени Н.И.Пирогова

Редакционно-издательская группа ВНМУ:  
Ответственный редактор - Тарасюк С.В.,  
профессор  
Секретарь – Н.Д. Королева, кандидат псих. наук,  
доцент

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Классификация, номенклатура, природа химических связей в органических соединениях	7
2	Изомерия органических соединений	9
3	Электронные эффекты в органических соединениях. Кислотность и основность органических соединений	12
4	Реакционная способность алканов и их производных, алкенов, аренов.	17
5	Реакционная способность альдегидов и кетонов	21
6	Реакционная способность и биологическое значение карбоновых кислот их производных.	24
7	Реакционная способность и биологическое значение окси- и оксокислот	28
8	Липиды. ВЖК. Фосфолипиды	33
9	Строение и химические свойства $\alpha$ -аминокислот	37
10	Классификация аминокислот. Реакции аминокислот в организме человека	41
11	Физико-химические свойства белков. Структурная организация белков	44
12	Моносахариды, строение и химические свойства	48
13	Олиго- и полисахариды, структура и химические свойства	51
14	Гетероциклические соединения. Нуклеиновые кислоты, состав, строение, биологическая роль	55
15	Итоговый модульный контроль	

## СХЕМА СТРУКТУРНЫХ СВЯЗЕЙ В БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ (БОХ)



## **ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ И ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ**

1. Во время работы в химической лаборатории необходимо соблюдать чистоту, тишину, порядок, в лаборатории не должно быть лишних предметов, а также следует соблюдать правила техники безопасности.
2. В химической лаборатории студент должен быть в халате и шапочке (или волосы аккуратно забраны назад).
3. Каждый студент должен знать, где в лаборатории находятся средства противопожарной защиты и аптечка.
4. Категорически запрещается в лаборатории курить, принимать пищу, пить воду.
5. Нельзя приступать к работе до тех пор, пока студент не освоит всей техники ее выполнения.
6. Опыты следует проводить только в чистой посуде. После окончания эксперимента посуду необходимо вымыть сразу же.
7. В процессе работы необходимо быть аккуратным, следить, чтоб вещества не попали на кожу лица и рук, а также в глаза.
8. Никаких веществ в лаборатории не проверять на вкус. Нюхать вещества нужно осторожно направляя на себя пар или газ легким движением руки.
9. На посуде, в которой сохраняются реактивы, обязательно должны быть этикетки с названием вещества.
10. Во время нагревания твердых и жидких веществ в пробирках и колбах нельзя направлять их отверстие на себя или на соседа; категорически запрещается заглядывать сверху в посуду.
11. После окончания работы необходимо выключить газ, воду, электроэнергию.
12. Запрещается выливать в раковину концентрированные растворы кислот, щелочей.
13. Во время работы с ядовитыми веществами, концентрированными кислотами и щелочами, фенолом и др. необходимо пользоваться защитными очками, противогазами или респираторами.
14. Опыты с легковоспламеняющимися веществами (эфир, бензин, ацетон, спирт) проводят вдали от огня и включенных электроприборов.
15. Если возник пожар, немедленно отключить газ, выключить электроприборы в лаборатории. Быстро забрать все горючие вещества подальше от огня, а пламя тушить огнетушителем, песком или использовать противопожарное одеяло. Нельзя заливать огонь водой.
16. Если на ком-то воспламенится одежда, необходимо его повалить на пол и быстро накрыть шерстяным одеялом, бегать по лаборатории запрещается, так как пламя усилится.
17. Термические ожоги немедленно обрабатывают спиртовым раствором танина, этанола или разведенным раствором калия перманганата.

18. Ожоги кислотами необходимо сразу вытереть сухой тканью, потом промыть проточной водой, а затем – 5%-ным раствором натрия гидрокарбоната и снова водой.
19. Ожоги щелочами сразу промывают проточной водой, потом 3%-ным раствором борной кислоты или ацетатной кислоты.
20. Если кислота или щелочь попали в глаза, необходимо быстро промыть их небольшой струей воды из под крана на протяжении 3-5 мин, потом раствором борной кислоты ( в случае щелочи) или раствором натрия гидрокарбоната (в случае кислоты). После этого необходимо обратиться к врачу.
21. Кожу, пораженную органическими веществами (фенолом, например) необходимо быстро промыть большим количеством спирта или другого нейтрального растворителя. Пострадавшего студента необходимо отправить в медпункт.

### **Краткие методические указания к работе студентов на практическом занятии**

Занятие начинается с организационных вопросов.

Проводится коррекция знаний студентов по основным вопросам темы и объясняются непонятные моменты.

За 15 минут до окончания первой полупары студенты пишут тестовый контроль.

На второй полупаре студенты выполняют лабораторную работу, оформляют протокол; преподаватель объявляет результаты тестового контроля и подписывает протокол.

### **Технологическая карта проведения практического занятия:**

<i>n/n</i>	<i>Этапы</i>	<i>время (мин.)</i>	<i>Учебные пособия</i>	<i>Место проведения</i>
1	Организационные вопросы	5		Кафедра
2	Коррекция знаний студентов по теоретическим вопросам и решение задач	20	Таблицы, набор задач	
3	Тестовый контроль	15	Билеты	
4	Выполнение лабораторной работы	40	Реактивы, химическая посуда, приборы	
5	Анализ и подведение итогов занятия	10		

## Тема: НОМЕНКЛАТУРА, ПРИРОДА ХИМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ В ОРГАНИЧЕСКИХ СОДИНЕНИЯХ

- 1. Актуальность темы:** основные понятия, которые используются в органической химии, такие как классификация, номенклатура, природа химических связей, необходимы для объяснения реакционной способности биологически активных соединений в норме и патологии.
- 2. Цель общая, уметь:** использовать основные понятия БОХ для объяснения номенклатуры и природы химической связи биологически активных соединений.
- 3. Конкретные цели, уметь:**
  - уметь использовать основные принципы номенклатуры ИЮПАК для названия органических соединений;
  - объяснять зависимость реакционной способности веществ от природы химической связи и взаимного влияния атомов в молекуле.

### 4. Литература:

#### Основная:

- 4.1. Лекционный материал.
- 4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия, **1985**, 11-34; **1991**, с.16-29; **2009**, ст. 13-35.
- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии, под ред. Тюкавкиной Н.А., **1985**, с.24-27.
- 4.4. Смирнова О.В. Пособие по биоорганической химии. Часть 1. **2009**, с. 4-9.
- 4.5. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

#### Дополнительная:

- 4.6. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.7. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.
- 4.8. Терней А. Современная органическая химия, т.1, т.2, М., 1981г.
- 4.9. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, 1963, т.1, т.2, М.
- 4.10. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.
- 4.11. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г.
- 4.12. Степаненко Б.Н. „ Курс органической химии” 1972 г.

### 5. Основные вопросы темы:

- 5.1. Основные принципы международной (систематической) номенклатуры ИЮПАК
- 5.2. Типы гибридизации атома углерода в органических соединениях:  
 $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$ .
- 5.3. Электронное строение химических связей атома углерода.

**6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения:**

1. Основные положения теории А.М.Бутлерова.
2. Классификация органических соединений по строению углеродного скелета и природе функциональных групп.
3. Электроотрицательность элементов.

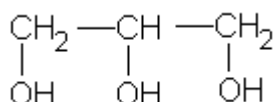
**7. Эталоны решения задач:**

7.1 Назвать фумаровую кислоту  $\text{HOOC} - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$  по ИЮПАК:

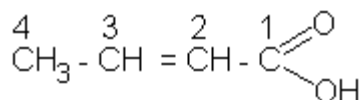
Решение: бутендиовая кислота.

7.2. Написать формулу пропантриола:

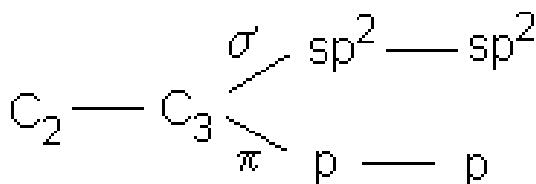
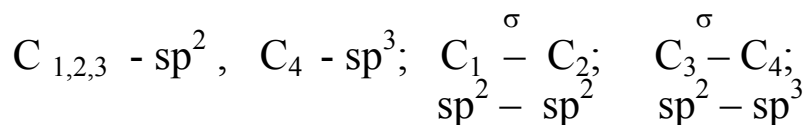
Решение:



7.3. Определите тип гибридизации атомов углерода в кротоновой кислоте и покажите схематически строение связей между атомами углерода

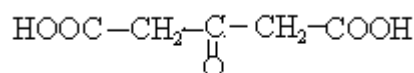
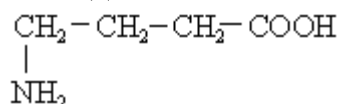


Решение :



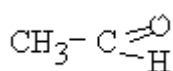
**8. Задания для закрепления материала (выполнить в протокольной тетради):**

8.1. Назвать соединения по ИЮПАК:



8.2. Написать формулы соединений: 2-амино-3-меркаптопропановая кислота; 2-оксобутандиовая кислота.

8.5. Определите тип гибридизации атомов углерода в ацетальдегиде и объясните строение связи между атомами углерода:

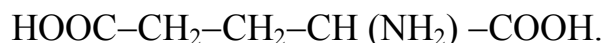




## 9. Тестовый контроль (пример):

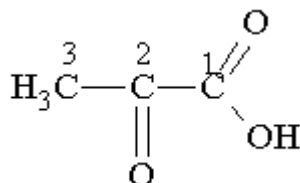
9.1. Назовите по номенклатуре ИЮПАК:

5 4 3 2 1



9.2. Напишите формулу соединения: оксопропанон.

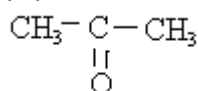
9.3. Укажите тип гибридизации атомов углерода в пировиноградной кислоте и строение связи  $\text{C}_1-\text{C}_2$ :



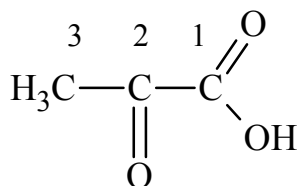
Ответы:

9.1. 2-амино-пентандиовая кислота.

9.2.



9.3.



$\text{C}_{1,2} - \text{sp}^2$ ;       $\text{C}_3 - \text{sp}^3$ .       $\text{C}_2-\text{C}_1 \xrightarrow{\sigma} \text{sp}^2-\text{sp}^2$

## Тема: ИЗОМЕРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

**1. Актуальность темы:** основные понятия, которые используются в органической химии, такие как природа химических связей, пространственное строение и другие, необходимы для объяснения реакционной способности биологически активных соединений в норме и патологии.

**2. Цель общая, уметь:** использовать основные понятия БОХ для объяснения взаимосвязи между электронным и пространственным строением биологически активных соединений и их реакционной способностью.

**3. Конкретные цели, уметь:**

- определять вид изомерии для органических соединений;
- объяснять зависимость биологической активности от пространственного строения веществ;

#### 4. Литература:

##### Основная:

- 4.1. Лекционный материал.
- 4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия, 1985, с. 45-86; 1991, с.36- 87.
- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии, под ред. Тюкавкиной Н.А., 1985, с.138 – 148; 243 – 245; 36 – 42.
- 4.4. Смирнова О.В. Пособие по биоорганической химии. Часть 1. 2009, с. 9-22.
- 4.5. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

##### Дополнительная:

- 4.6. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.7. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.
- 4.8. Терней А. Современная органическая химия, т.1, т.2, М., 1981г.
- 4.9. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, 1963, т.1, т.2, М.
- 4.10. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.
- 4.11. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г.
- 4.12. Степаненко Б.Н. „ Курс органической химии” 1972 г.

#### 5. Основные вопросы темы:

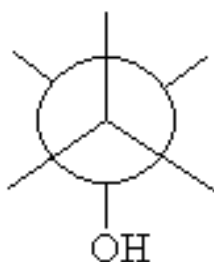
- 5.1. Способы изображения пространственного строения органических соединений (модели, конфигурационные формулы).
- 5.2. Пространственная изомерия биологически активных соединений: цис–транс–изомерия, энантиомерия, конформационная изомерия (определение, примеры, значение для биологических процессов).

#### 6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения:

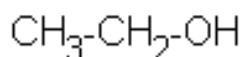
- 6.1. Классификация органических соединений по строению углеродного скелета и природе функциональных групп.
- 6.2. Гибридизация атома углерода, электронное строение его химических связей.

#### 7. Эталоны решения задач:

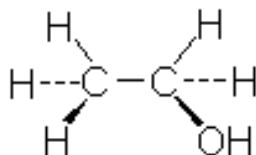
7.1 Написать строение, конфигурацию соединения, заторможенная конформация которого



Решение



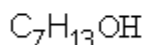
*строение*



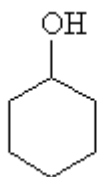
*конфигурация*

7.2. Написать строение, конфигурацию, заторможенную конформацию циклогексанола.

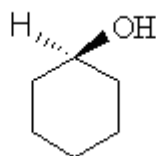
Решение.



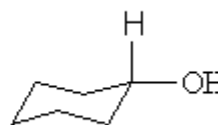
молекулярная  
формула



строение



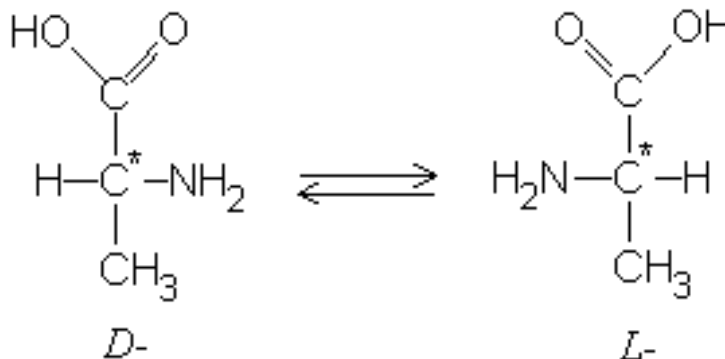
конфигурация



конформация

7.3. Написать формулы энантиомеров аланина и указать их относительную конфигурацию.

Решение:



**8. Задания для закрепления материала ( в протокольной тетради):**

- 8.1. Написать строение, конфигурацию, заторможенную конформацию коламина.
- 8.2. Написать строение, конфигурацию, заторможенную конформацию хлорциклогексана.
- 8.3. Написать энантиомеры валина и указать их конфигурацию.

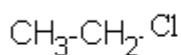
**9. Тестовый контроль (пример):**

- 9.1. Напишите строение, конфигурацию, заторможенную конформацию хлорэтана.
- 9.2. Напишите молекулярную формулу, строение, конфигурацию, заторможенную конформацию метилциклогексана.

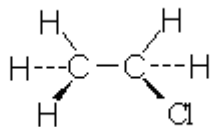
9.3. Напишите формулы энантимеров глутаминовой кислоты и укажите их относительную конфигурацию:  $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$ .

Ответы:

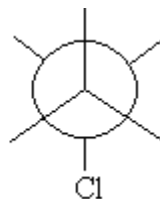
9.1.



строение

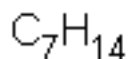


конфигурация

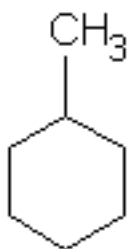


заторможенная  
конформация

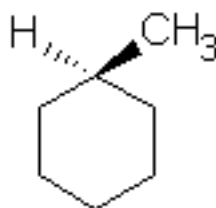
9.2.



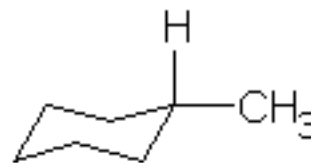
молекулярная  
формула



строение

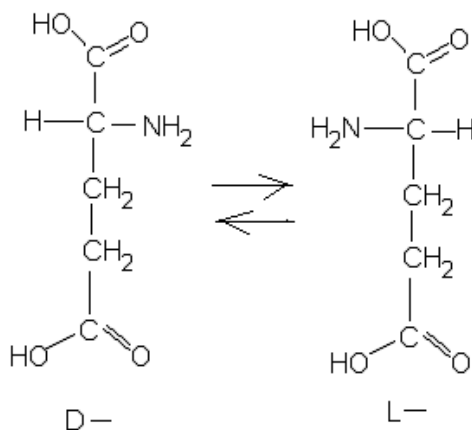


конфигурация



конформация

9.3.



### 10. Алгоритм лабораторной работы:

Составление моделей молекул биологически активных соединений.

## Тема: Электронные эффекты в органических соединениях. Кислотность и основность органических соединений.

1. **Актуальность темы:** электронные эффекты в органических соединениях обуславливают реакционную способность их, в том числе такие важные свойства как кислотность и основность.

## **2. Цель общая, уметь :**

использовать электронные эффекты для объяснения кислотно-основных свойств биологически активных соединений.

## **3. Конкретные цели, уметь:**

- определять электронные эффекты в органических соединениях, графически их изображать;
- объяснять кислотные свойства спиртов, фенолов, тиолов и их значение для биохимических процессов;
- объяснять кислотные свойства аминов и их значение для биохимических процессов;

## **4. Литература:**

### **Основная:**

- 4.1. Лекционный материал.
- 4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия, 1985, с. 112 – 123; 160 – 167; 172 – 174; 184 - 186 1991, с. 100 – 117; 149 – 155; 162 – 178.
- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии, под ред. Тюкавкиной Н.А., 1985, с.61 - 92.
- 4.4. Рево А.Я. и др.. Малый практикум по органической химии, 1980, стр. 30 – 46, 92 – 93.
- 4.5. Смирнова О.В. Пособие по биоорганической химии. Часть 1. 2009, с. 33-47.
- 4.6. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

### **Дополнительная:**

- 4.7. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.8. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.
- 4.9. Терней А. Современная органическая химия, т.1, т.2, М., 1981г.
- 4.10. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, т.1, т.2, М., 1963г.
- 4.11. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.
- 4.12. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г.
- 4.13. Степаненко Б.Н. „ Курс органической химии” 1972 г.

## **5. Основные вопросы темы:**

- 5.1. Электронные эффекты в органических соединениях: индуктивный и мезомерный (определение, механизм возникновения, их графическое
- 5.2. Кислотность и основность по Бренстеду и Льюису.

5.3. Кислотность спиртов и фенолов, влияние длины углеродной цепи и заместителей. Образование хелатов, значение этой реакции для клинического анализа. Биологическое значение кислотности спиртов и фенолов.

5.4. Основность аминов, влияние длины углеродной цепи и заместителей.

Значение солеобразования аминов – лекарственных веществ.

5.5. Знать формулы соединений: пропанол, изопропанол, бутанол, изобутанол, третбутанол, фенол и его производные, первичные, вторичные, третичные амины и четвертичные основания, коламин, анилин.

### 6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения:

6.1. Электрострицательность элементов.

6.2. Схема образования первичных, вторичных, третичных аминов.

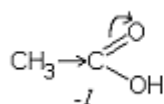
Образование четвертичного основания на примере холина.

6.3. Кислотность тиолов. Тиолы как антидоты.

### 7. Эталоны решения задач:

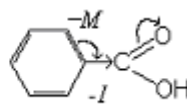
7.1. Обозначьте вид и знак электронных эффектов карбокси-группы в уксусной кислоте (ацетате) и бензойной кислоте (бензоате).

Решение:



ацетат

(уксусная кислота)

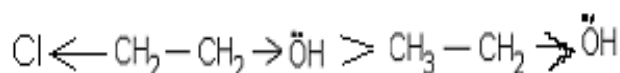


бензоат

(бензойная кислота)

7.2. Обозначьте электронные эффекты и объясните, какой из спиртов проявляет более сильные кислотные свойства: этанол или хлорэтанол.

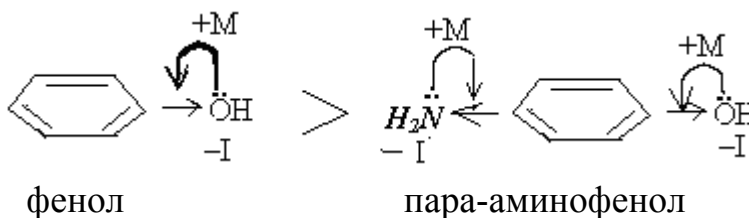
Решение.



Атом хлора как более электроотрицательный, чем углерод, стягивает на себя часть электронной плотности от радикала, поэтому на атоме кислорода будет меньше электронной плотности, чем в этаноле, и водород слабее к нему притягивается и становится более подвижным. Следовательно, хлорэтанол является более сильной кислотой, чем этанол.

7.3. Обозначьте электронные эффекты и объясните, какое соединение проявляет более сильные кислотные свойства: фенол или пара-аминофенол.

Решение



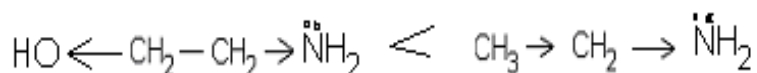
фенол

пара-аминофенол

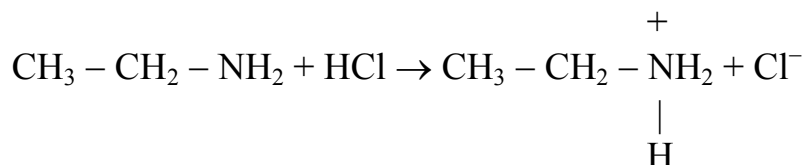
В молекуле пара-аминофенола в результате +M эффекта аминогруппы уменьшается +M оксигруппы, вследствие чего на атоме кислорода сохраняется высокая электронная плотность, и протон сильно к нему притягивается. Следовательно, фенол сильнее кислот чем пара-аминофенол.

7.4. Обозначьте электронные эффекты и объясните, какой из аминов является более сильным основанием: этиламин или коламин и напишите схему его взаимодействия с соляной кислотой.

Решение.

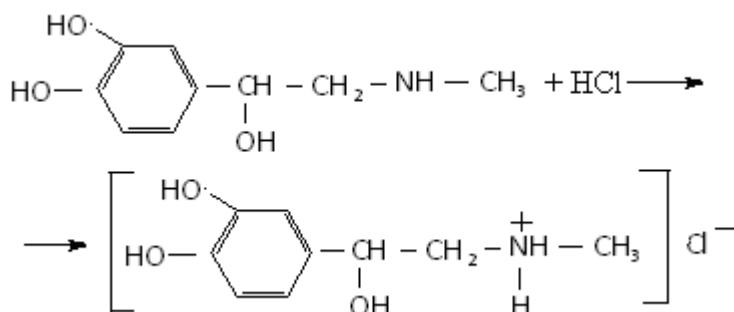


Атом кислорода более электроотрицательный, чем углерод, и стягивает на себя часть электронной плотности от радикала. В результате этого на атоме азота уменьшается электронная плотность, и он становится менее доступным для протона. Значит, этиламин более сильное основание, чем коламин.



7.5. Напишите уравнение образования солянокислого адреналина.

Решение.



**8. Задания для закрепления материала (выполнить в протокольной тетради):**

- 8.1. Обозначьте графически вид и знак электронных эффектов брома в бромэтано и карбокси-группы в уксусной кислоте (ацетате)
- 8.2. Обозначьте графически электронные эффекты и объясните, какой из спиртов проявляет сильнее кислотные свойства этанол или этиленгликоль
- 8.3. Обозначьте графически электронные эффекты и объясните, какой из аминов сильнее проявляет основные свойства первичный или вторичный.
- 8.4. Объясните основность атомов азота в новокаине и напишите уравнение его взаимодействия с хлоридной кислотой.

## 9. Тестовый контроль:

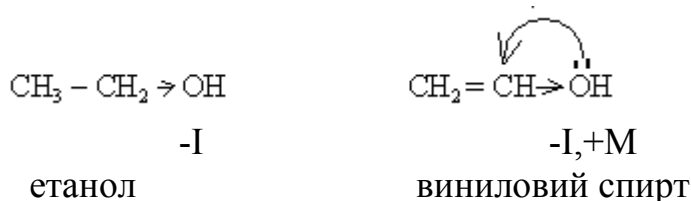
9.1. Обозначьте графически электронные эффекты в молекулах этанола и винилового спирта.

9.2. Сравните кислотность фенола и пара-метилфенола (показать графически).

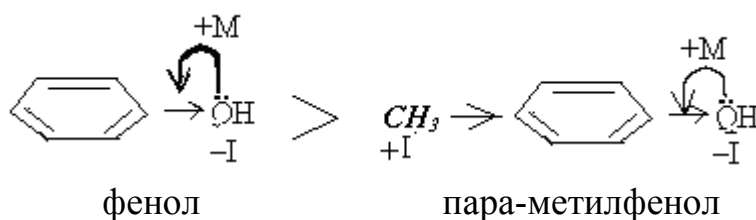
9.3. Сравните основность анилина и метиламина (показать графически).

Ответы:

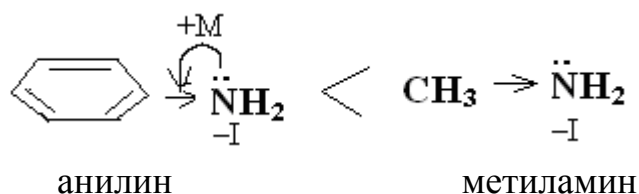
9.1.



9.2.



9.3.



## 10. Алгоритм лабораторной работы:

10.1. Получение этилхлорида из этанола.

10.2. Получение хелата.

10.3. Образование фенолята натрия и разложение его кислотой.

11.4. Качественная реакция на фенол.

11.5. Качественная реакция на хлоргидрат новокаина.

## 11. Методика проведения эксперимента.

### 11.1. Получение хелата (гликолята меди (II)).

В пробирку внести 1 каплю раствора  $\text{CuSO}_4$  и 1 каплю раствора  $\text{NaOH}$ . Отметить результаты. Затем внести 3 капли глицерина и встряхнуть. Написать уравнения реакций, отметить внешний эффект, написать уравнения реакций, привести пример практического применения этой реакции.

### 11.2. Качественная реакция на фенол.

В пробирку внести небольшой кусочек фенола, добавить 1мл воды и 1 каплю раствора  $\text{FeCl}_3$ . Отметить внешний эффект, написать схему реакции, сделать выводы.



### 11.3. Качественная реакция на хлоргидрат новокаина.

В пробирку внести 5 капель раствора хлоргидрата новокаина и 1 -2 капли раствора  $\text{AgNO}_3$ . Напишите уравнение реакции образования хлоргидрата новокаина (солянокислого новокаина), его диссоциации и взаимодействия с  $\text{AgNO}_3$ , объясните биологическое значение основности аминов.

## **Тема: РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ АЛКАНОВ, АЛКЕНОВ, АРЕНОВ.**

### **1. Актуальность темы:**

реакции с алканами, алкенами и аренами идут в организме человека, поэтому необходимо знать механизм их протекания для объяснения процессов в норме и патологии. Кроме того, эти реакции широко используются для синтеза лекарственных веществ; поэтому знание механизма реакций даст возможность синтезировать вещества с заданными свойствами.

### **2. Цель общая, уметь :**

использовать электронные механизмы для объяснения реакционной способности биологически активных соединений.

### **3. Конкретные цели, уметь:**

- интерпретировать зависимость реакционной способности веществ от природы химической связи и взаимного влияния атомов в молекуле;
- объяснять возможность использования реакционной способности алканов, алкенов и аренов для синтеза лекарственных веществ

### **4. Литература:**

#### **Основная:**

- 4.1. Лекционный материал.
- 4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия, 1985, с. 125 – 130; 131 – 135; 142 – 152.. 1991, с. 117 – 121; 124 – 132; 134 - 143.
- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии, под ред. Тюкавкиной Н.А., 1985, с. 55 – 81
- 4.5. Рево А.Я. и др.. Малый практикум по органической химии, 1980, стр. 21-39. 103 – 108.
- 4.6. Смирнова О.В. Пособие по биоорганической химии. Часть II. 2009, с. 4-16.
- 4.6. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

#### **Дополнительная:**

- 4.6. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.7. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.

- 4.8. Терней А. Современная органическая химия, т.1,т.2, М., 1981г.  
 4.9. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, т.1,т.2, М., 1963г.  
 4.10. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.  
 4.11. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г  
 4.12. Степаненко Б.Н. Курс органической химии, 1972.

### 5. Основные вопросы темы:

- 5.1. Типы разрыва химической связи, свободные радикалы, нуклеофилы и электрофилы ( определение понятий, примеры).  
 5.2. Классификация органических реакций по механизму реакций: радикальные, электрофильные, нуклеофильные.  
 5.3. Радикальное замещение у насыщенного атома углерода ( $S_R$ ), механизм реакции галогенирования; биологическое значение свободных радикалов.  
 5.4. Электрофильное присоединение к ненасыщенным соединениям ( $A_E$ ); механизм реакции галогенирования; значение этой реакции.  
 5.5. Электрофильное замещение в ароматических соединениях ( $S_E$ ); механизм реакции галогенирования; значение этой реакции. Влияние заместителей на реакционную способность аренов.  
 5.6. Знать формулы этана, пропана, бутана, пентана, гексана и их изомеров; этена, пропена, бутена, пентена и их изомеров.

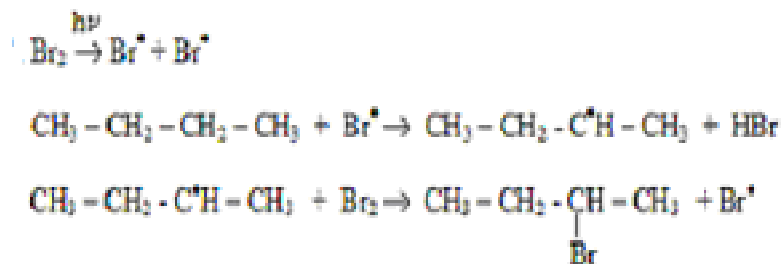
### 6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения:

- 6.1. Классификация органических реакций по направлению: замещение, присоединение, элиминирование.  
 6.2. Классификация органических реакций по химической природе реагента: гидрирование, гидратация, галогенирование, гидрогалогенирование, нитрование, сульфирование, ацилирование, алкилирование.

### 7. Эталоны решения задач:

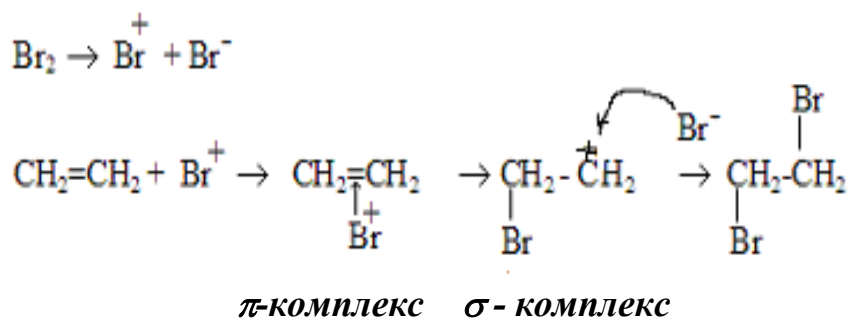
- 7.1. Описать графически механизм бромирования бутана

Решение:



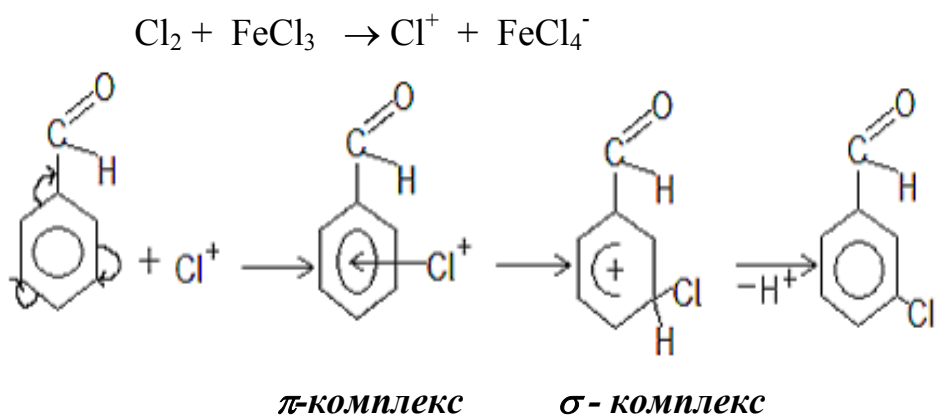
7.4. Описать графически механизм бромирования этена.

Решение.



7.5. Описать графически механизм хлорирования бензальдегида

Решение.



**8. Задания для закрепления материала (выполнить в протокольной тетради):**

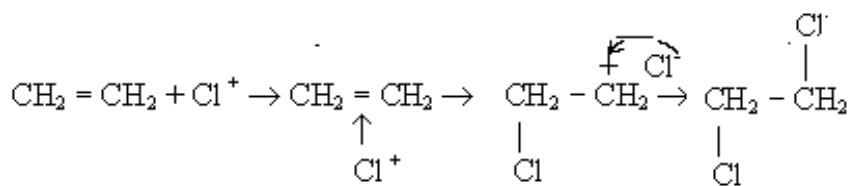
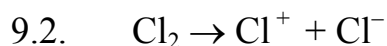
- 8.1. Что такое свободные радикалы и электрофилы? С какими классами соединений они могут реагировать?
- 8.2. Описать графически механизм бромирования пропена.
- 8.3. Описать графически механизм бромирования бензойной кислоты.

**9. Тестовый контрол (пример):**

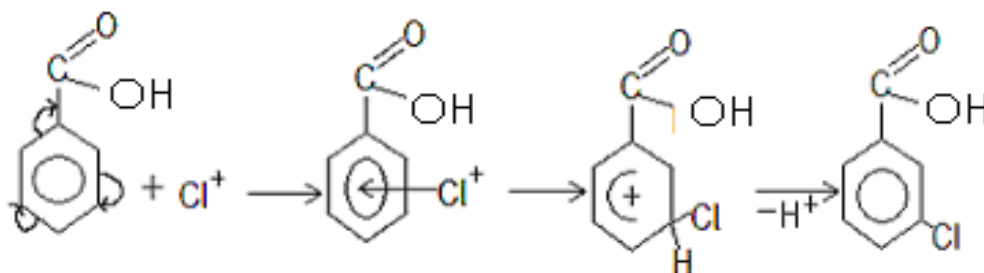
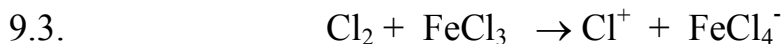
- 9.1. Почему в алканах идут реакции свободно – радикального замещения, а не электрофильного замещения?
- 9.2. Описать графически механизм хлорирования этена.
- 9.3. Описать графически механизм хлорирования бензойной кислоты.

Ответы:

- 9.1. В алканах все атомы углерода находятся в  $sp^3$  – гибридизации, поэтому не происходит смещение электронной плотности и не возникают центры с избытком или с недостатком электронной плотности, и возможно взаимодействие только со свободными радикалами.



*π - комплекс    σ - комплекс*



*π - комплекс    σ - комплекс*

## 10. Алгоритм лабораторной работы:

- 10.1. Галогенирование алканов ( демонстрационно).
- 10.2. Получение этилена и его свойства ( демонстрационно).
- 10.3. Образование триброманилина.
- 10.4. Нитрование бензола.

## 11. Методика проведения эксперимента.

### 11.1. Галогенирование алканов ( демонстрационно).

В две пробирки внести по 1 мл гексана и по 1 мл бромной воды. Одну пробирку плотно обернуть черной бумагой. Обе пробирки облучать УФ-светом 1-2 мин. Отметить внешний эффект, описать механизм реакции радикального замещения, сделать выводы.

### 11.2. Получение этилена и его свойства (демонстрационно).

В сухую пробирку вносят 1 мл смеси  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}}$ , немного оксида алюминия, закрывают газоотводной трубкой и осторожно нагревают. Газ, который выделяется, пропускают через раствор перманганата калия, затем – через бромную воду. Отметить внешний эффект, написать уравнения реакций, описать механизм электрофильного присоединения брома, объяснить практическое значение этих реакций.

### 11.3. Образование триброманилина.

В пробирку вносят 1 каплю анилина, 1 мл воды, хорошо встряхивают и добавляют 2-3 капли бромной воды. Отметить внешний эффект, написать уравнение реакции (механизм электрофильного замещения),

объяснить ориентирующее действие аминогруппы, объяснить биологическое значение бромирования бензольного ядра.

#### 11.4. Нитрование бензола.

В сухую пробирку вносят 10 капель бензола и осторожно добавляют 10 капель нитрующей смеси, хорошо встряхивают. Содержимое пробирки выливают в другую пробирку с 5 мл воды. Отметить появление запаха в первой пробирке. Отметить внешний эффект, написать уравнение реакции (механизм электрофильного замещения), объяснить биологическое значение нитрования бензольного ядра.

### **ТЕМА: РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ**

**1. Актуальность темы:** изучение реакционной способности альдегидов и кетонов является необходимым для прогнозирования направления биохимических процессов в организме, а также для понимания действия лекарственных препаратов и метаболитов, в структуру которых входят альдегидные и кетонные группы.

**2. Цель общая:** выучить структуру и номенклатуру альдегидов и кетонов. Понять механизм нуклеофильного присоединения к карбонильной группе альдегидов и кетонов.

#### **3. Конкретные цели:**

- ✓ Использовать знания механизма нуклеофильного присоединения для понимания протекания биохимических процессов с участием альдегидов и кетонов.
- ✓ Знать качественные реакции определения альдегидов и кетонов.
- ✓ Изучить окислительно-восстановительные реакции альдегидов и кетонов для предвидения биохимических процессов в организме человека.

#### **4. Литература:**

- 4.1. Конспект лекции.
- 4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И., Биоорганическая химия, 1985, стр. 193-203, 211-216; 1991, стр. 181-194, 218-220, 226-227.
- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии, под ред. Тюкавкиной Н.А., 1985, стр. 93-108.
- 4.4. Рево А.Я. и др. Малый практикум по органической химии, 1980, оп. 29,35 (стр. 50, 52).
- 4.5. Смирнова О.В. Пособие по биоорганической химии. Часть II. 2009, с. 22-39.
- 4.6. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

### Дополнительная:

- 4.7. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.8. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.
- 4.9. Терней А. Современная органическая химия, т.1,т.2, М., 1981г.
- 4.10. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, т.1,т.2, М., 1963г.
- 4.101. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.
- 4.12. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г
- 4.13. Степаненко Б.Н. Курс органической химии, 1972.

### 5. Основные вопросы темы:

- 5.1. Схема механизма нуклеофильного присоединения ( $A_N$ ) к тригональному атому углерода в альдегидах.
- 5.2. Взаимодействие альдегидов с водородом, спиртами, аминами, дисмутация. Биологическое значение реакций.
- 5.3. Альдольная конденсация альдегидов и ее значение для продолжения углеродной цепи.
- 5.4. Знать формулы соединений: метаналь, этаналь, пропаналь; ацетон, метилэтилкетон.

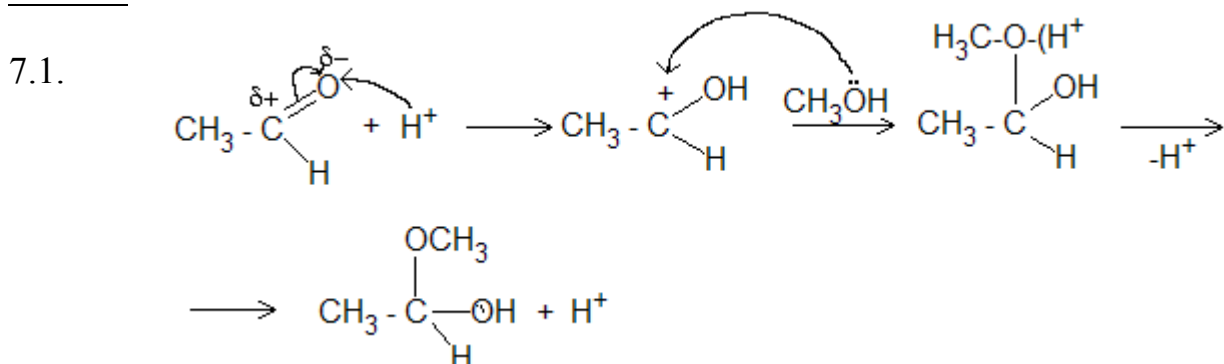
### 6. Задания для самостоятельного внеаудиторного изучения:

- 6.1. Окисление альдегидов и кетонов. Реакции Толленса, Троммера, Фелинга. Примеры окисления альдегидов и кетонов в организме человека.
- 6.2. Галоформные реакции. Йодоформная проба и ее аналитическое значение.

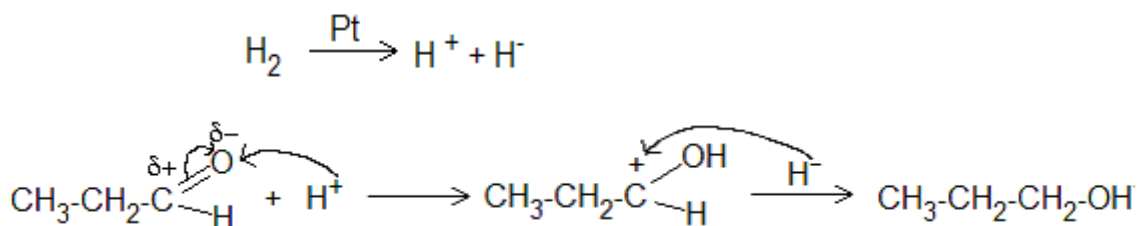
### 7. Эталоны решения задач:

- 7.1. Описать механизм образования полуацеталя при взаимодействии ацетальдегида и метанола.

#### Ответы



7.2. Описать механизм восстановления пропаналя:



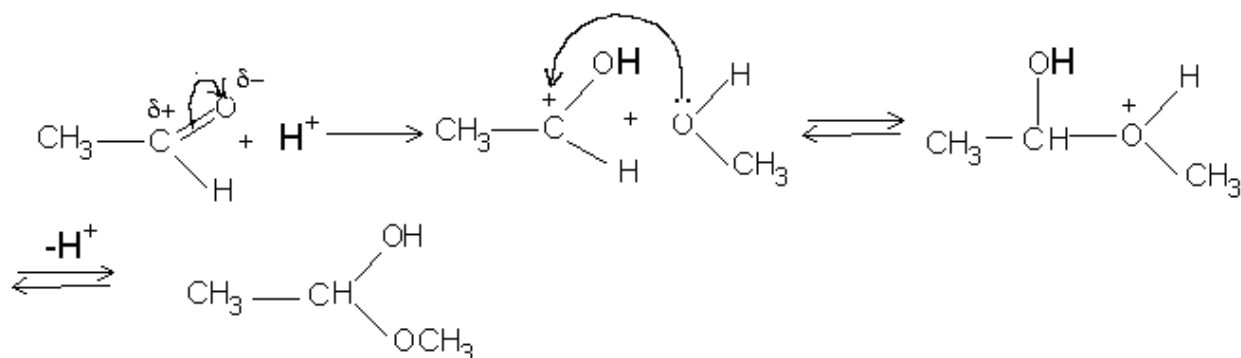
8. Задания для закрепления материала (выполнить в протокольной тетради):

- 8.1. Описать графически механизм образования полуацетала и ацетала при взаимодействии пропаналя и этанола.
- 8.2. Описать графически механизм взаимодействия пиридоксальфосфата с метиламином.
- 8.3. Описать графически механизм синтеза нейраминовой кислоты.

9. Примеры тестового контроля:

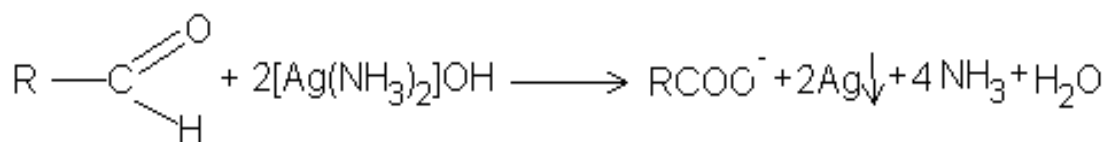
9.1. Роль кислотного катализатора в реакции нуклеофильного присоединения ( $A_N$ ) альдегидов и кетонов со спиртами.

Ответ: В карбонильной группе альдегидов и кетонов электронная плотность  $\pi$ -связи сдвинута в сторону более негативного атома кислорода. В результате атом углерода приобретает частичный положительный заряд. Для того, чтобы повысить электрофильность атома углерода применяют кислотный катализатор, так как спирт является слабым нуклеофилом. Примером является взаимодействие ацетальдегида и метанола в присутствии концентрированной сульфатной кислоты.



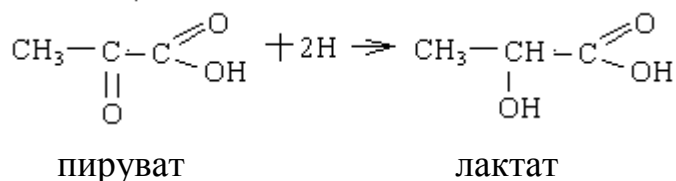
9.2. Окисление альдегидов реактивом Толленса.

Ответ. Наличие блестящего слоя на стенках пробирки после добавления аммиачного раствора оксида серебра свидетельствует о наличии альдегида в исследуемом растворе.



9.3. Пример восстановления кетонов в организме человека.

Ответ:



### **10. Алгоритм лабораторной работы:**

- 10.1. Окисление формальдегида гидроксидом меди (II).
- 10.2. Открытие ацетона в моче йодоформной пробой.

### **11. Методика проведения эксперимента.**

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

В пробирку внести по 5 капель раствора гидроксида натрия и воды, добавить 1 каплю раствора сульфата меди (II). Отметить результаты. Добавить 3 капли раствора формалина. Пробирку осторожно нагреть до кипения. Написать уравнения реакций, отметить внешний эффект, объяснить результаты. Значение реакции для клинического анализа.

#### 11.2. Открытие ацетона в моче йодоформной пробой.

В пробирку поместить 1 каплю раствора йода в йодиде калия и добавить почти до обесцвечивания по каплям раствор гидроксида натрия. К обесцвеченному раствору добавить 1 каплю ацетона. Написать уравнения реакций, отметить внешний эффект, объяснить результаты и биологическое значение.

## **Тема: РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ.**

**1. Актуальность темы:** изучение механизмов нуклеофильного замещения в карбоновых кислотах дает возможность прогнозировать химические превращения карбоновых кислот и их производных в организме человека.



**2. Цель общая, уметь:** интерпретировать закономерности нуклеофильного замещения в карбоновых кислотах и их производных и прогнозировать последствия этих процессов .

**3. Конкретные цели, уметь:**

- сформулировать знание закономерностей и особенностей превращения карбоновых кислот и их функциональных производных, которые принимают участие в биохимических процессах.
- механизмы нуклеофильного замещения в карбоновых кислотах.
- уметь объяснять механизмы нуклеофильного замещения в карбоновых кислотах.
- прогнозировать процессы связанные с превращением карбоновых кислот и их биологически активных производных.

**4. Литература:**

**Основная:**

- 4.1. Лекционный материал.
- 4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.Н. „Биоорганическая химия” 1985г, с 427 – 442; 1991г, с. 457 - 472.
- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии под ред. Тюкавкиной Н.А., 1985, с 118 – 127, 238 – 240.
- 4.4. Рево А.Я. и др.. Малый практикум по органической химии, оп.41,47.
- 4.5. Смирнова О.В. Пособие по биоорганической химии. Часть II. 2009, с. 39-45.
- 4.6. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

**Дополнительная:**

- 4.7. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.8. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.
- 4.9. Терней А. Современная органическая химия, т.1, т.2, М., 1981г.
- 4.10. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, т.1, т.2, М., 1963г.
- 4.11. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.
- 4.12. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г.
- 4.13. Степаненко Б.Н. „ Курс органической химии” 1972 г.

**5. Основные вопросы темы:**

- 5.1. Электронное строение карбоксигруппы и карбоксилат – иона.
- 5.2. Кислотность карбоновых кислот. Влияние заместителей на кислотность карбоновых кислот.

- 5.3. Соли карбоновых кислот, механизм их образования. Соли карбоновых кислот в организме человека.
- 5.4. Механизм нуклеофильного замещения ( $S_N$ ) возле тригонального углеродного атома:  
 а) механизм образования эстеров (сложных эфиров) и тиоэфиров;  
 б) механизм кислотного и щелочного гидролиза эстеров (сложных эфиров).
- 5.5. Примеры образования и гидролиза эстеров (сложных эфиров) и тиоэфиров в организме человека.

### 6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения:

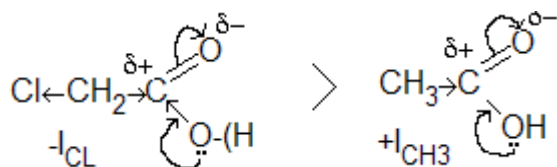
- 6.1. Декарбоксилирование пировиноградной ПВК (пирувата) кислоты.  
 6.2. Образование галогенангидридов карбоновых кислот (схема реакции).  
 6.3. Механизм образования ангидридов карбоновых кислот.  
 6.4. Механизм образования амидов карбоновых кислот

### 7. Эталоны решения задач:

- 7.1. Какая кислота сильнее и почему: ацетат (уксусная) или монохлорацетат (монохлоруксусная)?  
 7.2. Описать графически механизм образования и гидролиза этилпропионата с использованием кислотного катализа.

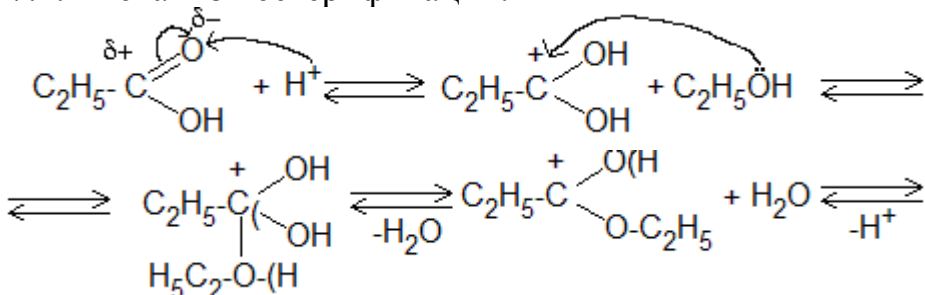
#### Ответы:

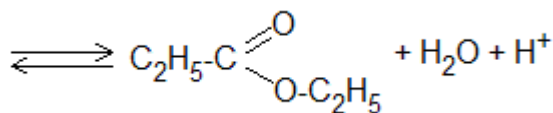
7.1. Сильнее монохлорацетат:



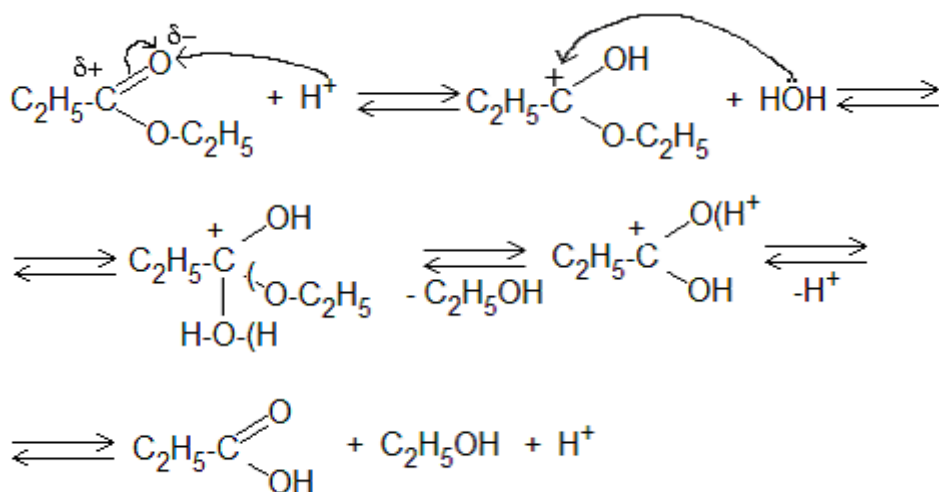
За счет отрицательного индуктивного эффекта атома хлора электронная плотность смещается в его сторону и протон карбокси-группы лучше отщепляется.

7.2. Механизм эстерификации:





Механизм гидролиза:

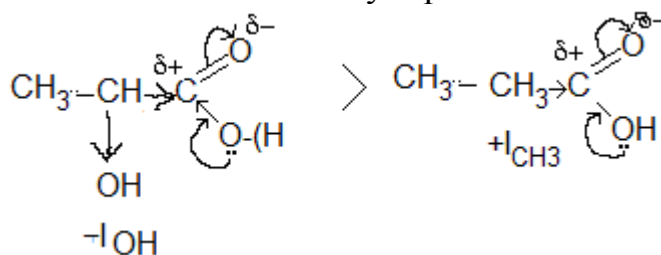


**8. Задания для закрепления материала** (выполнить в протокольной тетради):

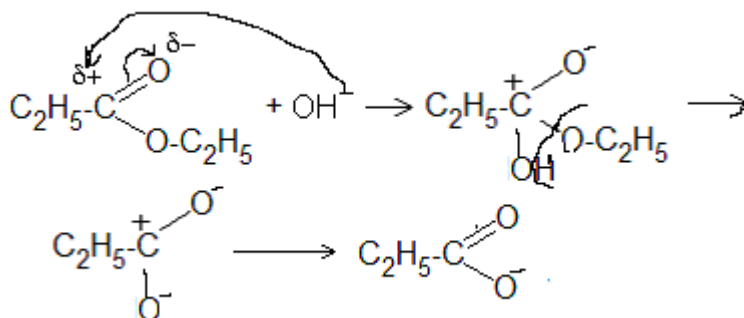
- 8.1. Расположить в порядке увеличения кислотности следующие кислоты: оксалат (щавелевая), ацетат (уксусная), монохлорацетат (монохлоруксусная).
- 8.2. Описать графически механизм образования и гидролиза (кислотного и щелочного) метилацетата.
- 8.3. Знать формулы следующих кислот: формиат (муравьиная), ацетат (уксусная), пропионат (пропионовая), бутират (масляная), хлорацетат (хлоруксусная), оксалат (щавелевая).

**9. Тестовый контроль (пример):**

9.1. Какая кислота сильнее и почему: пропановая или молочная?



9.2. Описать графически механизм гидролиза этилпропионата в присутствии щелочного катализатора.



## **10. Алгоритм лабораторной работы:**

- 10.1. Сравнительная оценка силы кислот.
- 10.2. Идентификация щавелевой кислоты в виде кальциевой соли.
- 10.3. Разложение оксалата (щавелевой кислоты) при нагревании.
- 10.4. Получение этилацетата.

## **11. Методика проведения эксперимента:**

### 11.1. Сравнительная оценка силы кислот.

На полоску универсальной индикаторной бумаги нанести рядом по капле растворов хлоридной (соляной), формиата (муравьиной), ацетата (уксусной), оксалата (щавелевой) и дистиллированной воды. Определить рН и сделать выводы.

### 11.2. Идентификация щавелевой кислоты в виде кальциевой соли.

В пробирку внести 4-5 капель раствора оксалата натрия и 2 капли раствора хлорида кальция. Выпавший белый осадок оксалата кальция разделить на две пробирки, затем в одну пробирку добавить 1-2 капли ацетата, в другую 1-2 капли хлоридной кислоты. Объяснить результаты.

### 11.3. Разложение оксалата (щавелевой кислоты) при нагревании.

Насыпать в сухую пробирку оксалата слоем 10-15 мм, закрыть пробкой с газоотводной трубкой и погрузить трубку в другую пробирку с 1 мл раствора гидроксида бария. Нагреть пробирку с оксалатом. Написать уравнения реакций и сделать выводы.

### 11.4. Получение этилацетата.

В сухую пробирку налить 0,5 мл этанола, 0,5 мл ацетата (ледяной уксусной кислоты), 2-3 капли 96% серной кислоты и осторожно нагреть. Отметить результаты опыта, указать биологическое значение сложных эфиров.

## **Тема: РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ (ОКСИКИСЛОТЫ, ОКСОКИСЛОТЫ, ФЕНОЛОКИСЛОТЫ)**

**1. Актуальность темы:** гетерофункциональные производные – окси и оксокислоты являются продуктами обмена веществ в организме человека, фенолокислоты используются в медицине как лекарственные препараты. Реакционная способность этих соединений обусловлена наличием разных функциональных групп в молекуле, что определяет особенности их метаболических превращений в организме.

2. **Цель общая – уметь** использовать знание стереохимии и реакционной способности гетерофункциональных соединений и взаимного влияния функциональных групп для объяснения особенностей обмена углеводов, липидов, аминокислот и их производных в организме.

3. **Конкретные цели, уметь:**

- ✓ объяснять зависимость реакционной способности и биологических функций гетерофункциональных соединений от их строения и подходы к синтезу лекарственных средств на их основе.

4. **Литература:**

**Основная:**

- 4.1. Лекционный материал.
- 4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия, 1985, ст. 239 – 250; 1991, ст. 250 – 266.
- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии, под ред. Тюкавкиной Н.А., 1985. ст. 147 – 149, 154 – 156,
- 4.4. Рево А.Я. и др. Малый практикум по биоорганической химии. 1980 ст. 69.
- 4.5. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

**Дополнительная:**

- 4.6. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.7. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.
- 4.8. Терней А. Современная органическая химия, т.1,т.2, М., 1981г.
- 4.9. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, т.1,т.2, М., 1963г.
- 4.10. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.
- 4.11. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г.
- 4.12. Степаненко Б.Н. „ Курс органической химии” 1972 г.

5. **Основные вопросы темы:**

- 5.1 Оксикислоты: молочная (лактат), винная (тарtrat), лимонная (цитрат),  $\beta$  - оксимасляная ( $\beta$  - оксibuтират), яблочная (малат). Хиральность оксикислот, химические свойства, специфические реакции. Химизм их образования в организме человека и биологическое значение этих соединений.
- 5.2. Оксокислоты: пировиноградная ПВК (пируват), ацетоуксусная (ацетоацетат), щавелевоуксусная (оксалоацетат)). Кето– енольная таутомерия. Химические свойства, реакция декаброксилрования. Химизм их образования в организме человека и биологическое значение этих соединений.

5.3. Фенолоксиклоты и их производные. Использование салициловой кислоты и ее производных как лекарственных препаратов (салицилат натрия, метилсалицилат, салол, ацетилсалициловая кислота.)

**6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения:**

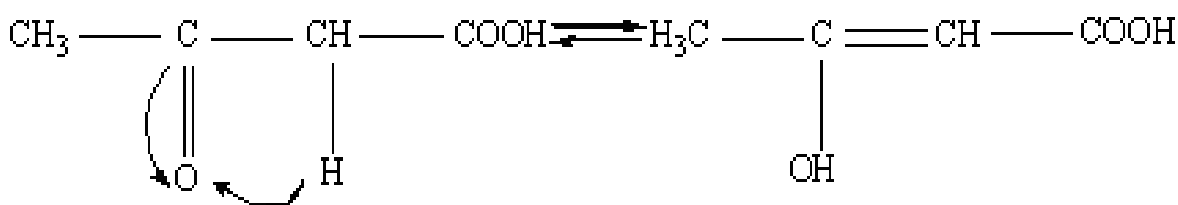
- 6.1. Классификация и изомерия оксикислот. Хиральность. Энантиомеры, диастериомеры.  
6.2. Кетоновые тела, диагностическое значение их для выявления сахарного диабета.

**7. Эталоны решения заданий:**

7.1. Какая изомерия характерная для β-кетокислот (на примере ацетоуксусной кислоты) ?

Решение.

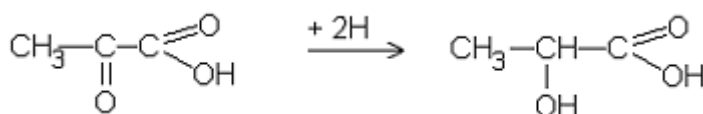
В результате взаимного влияния кетонной и карбоксильной групп в молекуле образуется СН – кислотный центр, что обуславливает кето - енольную таутомерию.



Енольная форма более реакционно способная, чем кетонная.

7.2. Напишите схему образования лактата в организме человека и дайте характеристику ее строения и химических свойств.

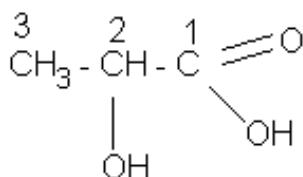
Ответ:



**пировиноградная**

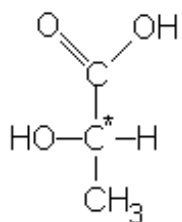
**молочная**

а) гибридизация атома углерода и электронное строение его химических связей:



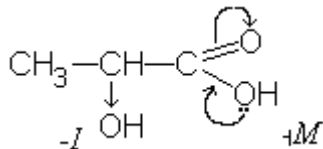
$\text{C}_1 - \text{sp}^2$ ;  $\text{C}_{2,3} - \text{sp}^3$ ;  $\text{C}_1 - \text{C}_2 - \sigma \Rightarrow \text{sp}^2 - \text{sp}^3$ ;  $\text{C}_2 - \text{C}_3 - \sigma \Rightarrow \text{sp}^3 - \text{sp}^3$ ;  
( $\text{C}_1 - \text{C}_2$ ) ( $\text{C}_2 - \text{C}_3$ )

б) для молочной кислоты характерна энантиомерия:



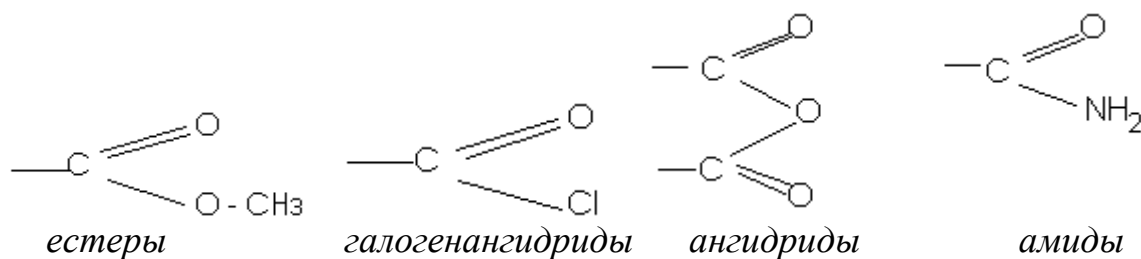
**L-конфигурация**

в) проявляются такие электронные эффекты :



г) оксигруппа проявляет слабые кислотные свойства по оксигруппе и дает соли алкоголяты R – OMe, а карбоксигруппа - сильнее кислотные свойства и дает соли лактаты R – COOMe

д) по карбоксигруппе молочная кислота (лактат) дает производные – эстеры, галогенангидриды, ангидриды, амиды:



е) оксигруппа может замещаться на галоген.

ж) в организме человека происходит обратимое превращение лактат-пируват.

## 8. Задание для закрепления материала (выполнить в протокольной тетради):

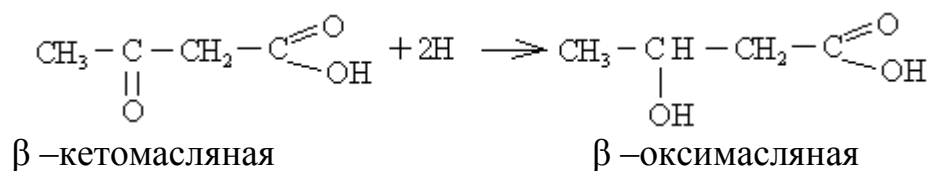
- 8.1. Напишите проекционные формулы энантиомеров лактата (молочной кислоты).
- 8.2. Напишите кето- и енольную формы пирувата (пировиноградной кислоты), реакцию ее восстановления и взаимодействия с этанолом.
- 8.3. Напишите уравнение специфических реакций с  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -оксикислотами

## 9. Пример тестового контроля:

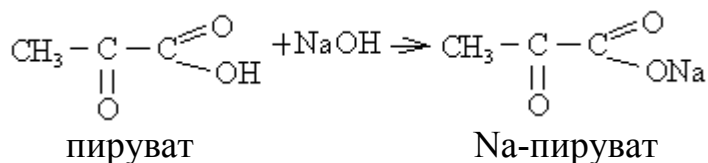
- 9.1. Напишите схему образования  $\beta$ -оксимасляной кислоты в организме человека.
- 9.2. Напишите уравнение взаимодействия ПВК со щелочью.
- 9.3. Напишите уравнение образования эстера молочной кислоты.

Ответы:

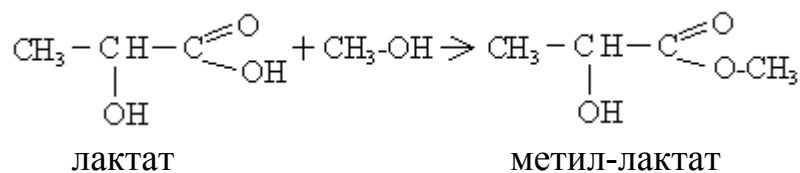
9.1.



9.2.



9.3.



### **10. Алгоритм лабораторной работы:**

- 10.1. Доказательство наличия двух карбокси-групп в винной кислоте.
- 10.2. Доказательство наличия гидроксильных групп в винной кислоте.
- 10.3. Разложение лимонной кислоты.
- 10.4. Получение и растворимость кальций цитрата и кальций тартрата.
- 10.5. Доказательство отсутствия фенольного гидроксила в ацетилсалициловой кислоте (аспирин) и ее гидролиз (доказательство доброкачественности ацетилсалициловой кислоты).

### **11. Лабораторная работа:**

#### 11.1. Доказательство наличия двух карбокси-групп в винной кислоте.

В пробирку внести 5 капель раствора тартрата (винной кислоты), добавить 2 капли раствора КОН и стеклянной палочкой потереть стенки пробирки до образования осадка. Затем добавить 4-5 капель раствора КОН. Написать уравнения реакций, описать внешний эффект и сделать выводы. Пробирку с раствором оставить для следующего опыта.

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

В пробирку вносят 2 капли раствора  $\text{CuSO}_4$  и 2 капли раствора  $\text{NaOH}$ . К осадку, что образовался прибавить раствор из первого опыта. Написать уравнения реакций, описать внешний эффект, сделать выводы. Где применяется полученный раствор и под каким названием?

#### 11.3. Разложение лимонной кислоты.

В сухую пробирку с газоотводной трубкой внести цитрат (лимонная кислота) слоем 1 см и 1 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  конц. нагреть. Конец газоотводной трубки опустить в пробирку с 1 мл баритовой воды, а затем в пробирку с раствором Люголя обесцвеченного раствором  $\text{NaOH}$ . Написать схему реакции разложения. Описать внешний эффект реакции, сделать выводы.



#### 11.4. Получение и растворимость кальций цитрата и кальций тартрата.

Растворить в одной пробирке несколько кристалов цитрата лимонной кислоты, а в другой – тартрата (винной кислоты). Кислоты нейтрализовать раствором  $\text{NH}_4\text{OH}$  (проверить лакмусом), потом прибавить 2-3 капли раствора  $\text{CaCl}_2$ . В одной пробирке осадок выпадает сразу, а другую пробирку с раствором прокипятить 2-3 мин. Что наблюдается? Написать уравнение реакций, описать внешний эффект, сделать выводы.

#### 11.5. Доказательство отсутствия фенольного гидроксила в ацетилсалициловой кислоте (аспирин) и ее гидролиз (доказательство доброкачественности ацетилсалициловой кислоты).

В пробирку внести кусочек таблетки аспирина, прибавить 5-6 капель воды, перемешать, прибавить каплю раствора  $\text{FeCl}_3$ . Если наблюдается внешний эффект, объяснить его. Если изменений нет, тогда пробирку прокипятить 0,5 мин. и прибавить 1 каплю раствора  $\text{FeCl}_3$ . Что наблюдается? Написать уравнение реакции, описать внешний эффект и сделать выводы относительно доброкачественности ацетилсалициловой кислоты.

### **Тема: ЛИПИДЫ. ВЫСШИЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ. ФОСФОГЛИЦЕРИДЫ.**

**1. Актуальность темы:** знание строения и химических свойств липидов и их структурных компонентов необходимы для понимания процессов обмена липидов в организме, структуры биологических мембран.

**2. Цель общая, уметь** интерпретировать закономерности обмена липидов с целью прогнозирования биохимических реакций которые сопровождаются и стимулируются липидами.

**3. Конкретные цели, уметь:**

- сформулировать знание о строении, свойствах липидов и их структурных компонентов;
- уметь использовать эти знания при изучении структуры биологических мембран и закономерностей липидного обмена как основы метаболических преобразований в организме.

**4. Литература:**

#### **Основная:**

4.1. Конспект лекции.

4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. 1985, стр. 427-442., 1991, стр. 457-472; 483; 487.

- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии, под ред. Тюкавкиной Н.А., 1985. стр. 118-127; 237.  
4.4. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

**Дополнительная:**

- 4.5. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.  
4.6. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.  
4.7. Терней А. Современная органическая химия, т.1, т.2, М., 1981г.  
4.8. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, т.1, т.2, М., 1963г.  
4.9. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.  
4.10. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г.  
4.11. Степаненко Б.Н. „ Курс органической химии” 1972 г.

**5. Основные вопросы темы:**

- 5.1. Липиды, омыляемые липиды (определение)  
5.2. Высшие жирные кислоты: насыщенные и ненасыщенные, пространственное строение ненасыщенных кислот, химические свойства.  
5.3. Жиры – триацилглицериды, их состав, строение, классификация, химические свойства (гидролиз, йодное число, пероксидное окисление ).  
5.4. Фосфатидная кислота, строение, конфигурация, гидролиз.  
5.5. Фосфоглицериды: состав, строение фосфатидилхолина, фосфатидилколлина, фосфатидилсерина, их биологическое значение.

**6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения:**

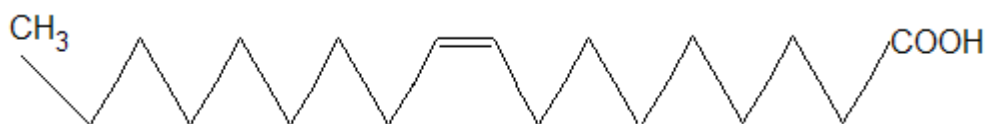
- 6.1. Неомыляемые липиды (определение)  
6.2. Стерановое ядро (строение, нумерация).  
6.3. Строение холестерина, желчных кислот.  
6.4. Качественная реакция на ненасыщенность.

**7. Эталоны решения задач:**

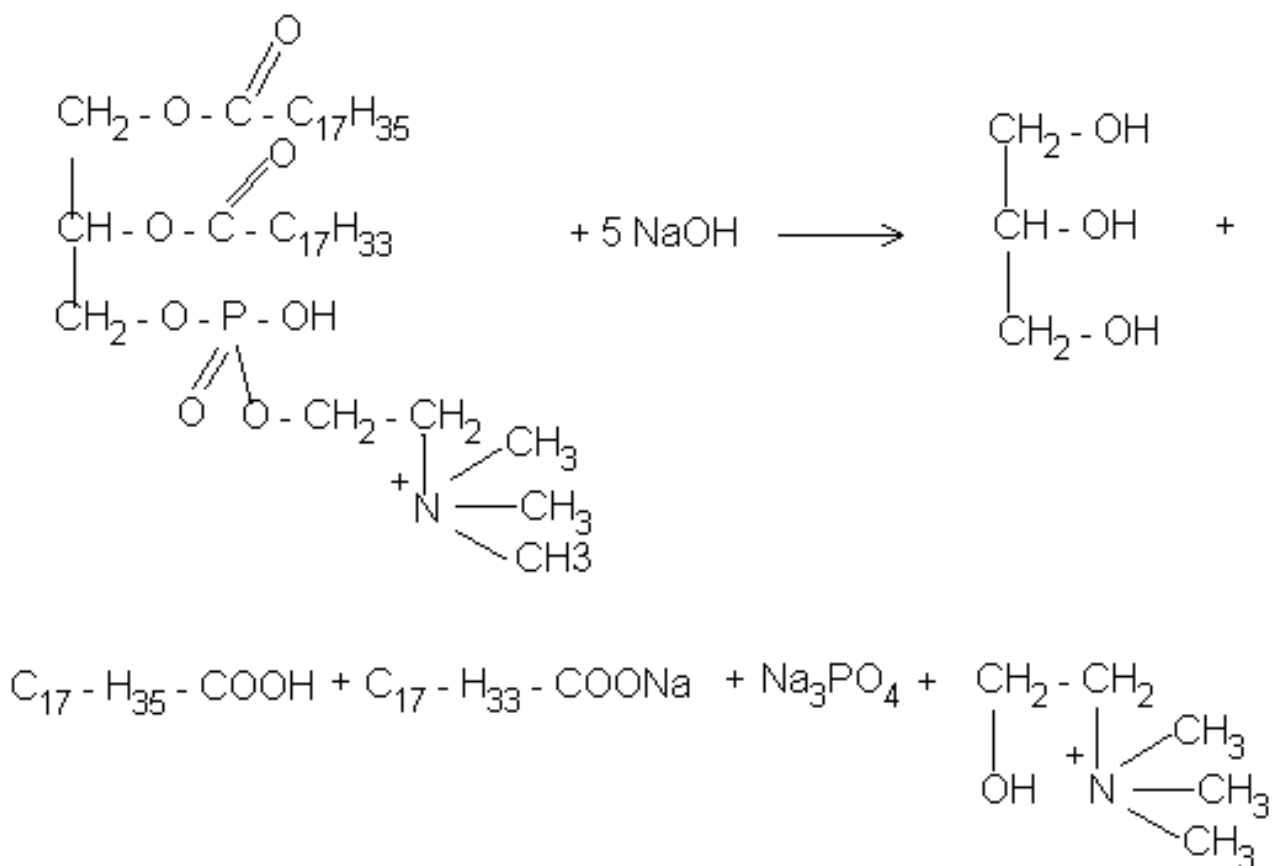
- 7.1. Написать конфигурацию олеиновой кислоты.  
7.2. Написать схему щелочного гидролиза 1–стеароил–2–олеиноил–3 – фосфатидилхолина

**Ответы:**

7.1.



7.2.



**8. Задание для закрепления материала ( выполнить в протокольной тетради):**

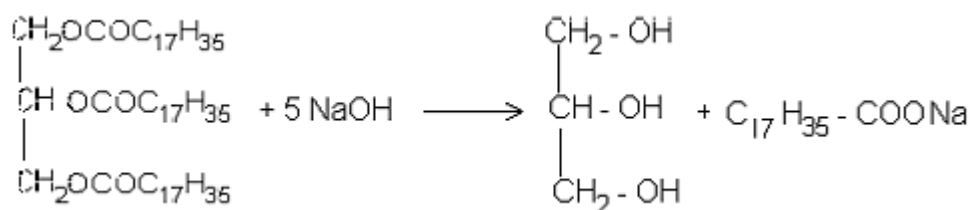
- 8.1. Написать уравнение реакции щелочного гидролиза диолеостеарина.
- 8.2. Написать строение фосфатидилхолина.
- 8.3. Написать пространственное строение высших ненасыщенных жирных кислот: олеиновой, линолевой.

**9. Пример тестового контроля:**

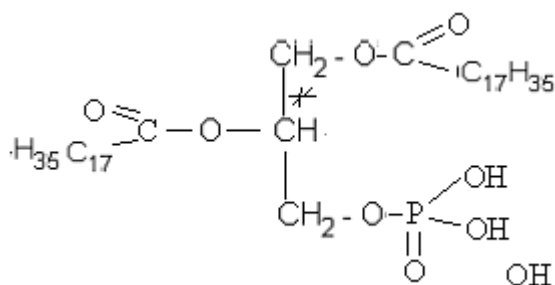
- 9.1. Написать строение и схему щелочного гидролиза тристеарина.
- 9.2. Напишите формулу фосфатидной кислоты и укажите ее конфигурацию.
- 9.3. Что такое жиры?

Ответы :

9.1.



9.2.



L-конфигурация

9.3. Жиры – это эстеры трёхатомного спирта глицерина и высших жирных кислот.

### **10. Алгоритм лабораторной работы:**

- 10.1. Образование жирной капли и её экстракция.
- 10.2. Выделение свободных жирных кислот из мыла.
- 10.3. Образование нерастворимых солей кальция высшими жирными кислотами (нерастворимое мыло).
- 10.4. Реакция ненасыщенных жирных кислот.

### **11. Методика проведения эксперимента:**

#### 11.1. Образование жирной капли и её экстракция.

На фильтровальную бумагу нанесите 3 отдельные капли масла, размером около 1 см. К центру первой капли дотронуться стеклянным капилляром содержащим диэтиловый эфир, ко второй - бензол, к третьей - воду. Опишите результаты опыта и сделайте выводы.

#### 11.2. Выделение свободных жирных кислот из мыла.

В пробирку внести 5 капель концентрированного раствора мыла и 1 каплю серной кислоты. Отметить внешний эффект, написать уравнение реакции, сделать выводы.

#### 11.3. Образование нерастворимых солей кальция высшими жирными кислотами (нерастворимое мыло).

В пробирку внести 5 капель раствора мыла и 1 каплю раствора хлорида кальция, смесь перемешать. Отметить внешний эффект, написать уравнение реакции, сделать выводы.

#### 11.4. Реакция ненасыщенных жирных кислот.

В пробирку внести 5 капель масла и 4 капли бромной воды, перемешать. Отметить внешний эффект, написать уравнение реакции, сделать выводы.

**Тема: СТРОЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
 $\alpha$  - АМИНОКИСЛОТ.**

**1. Актуальность темы:** аминокислоты – структурные единицы пептидов и белков. Знание строения и химических свойств аминокислот необходимы для понимания их реакционной способности, превращений и биологической активности в организме человека.

**2. Цель общая, уметь:** использовать знание свойств аминокислот для объяснения строения и физико-химических свойств и функций белков в организме.

**3. Конкретные цели, уметь:**

- интерпретировать особенности строения  $\alpha$ -аминокислот как структурной основы белков, которые функционируют в организме;
- делать выводы о путях превращений в организме  $\alpha$ -аминокислот;
- на основе понимания строения и реакционной способности  $\alpha$ -аминокислот прогнозировать образование белков и других физиологически активных соединений и предвидеть пути деградации аминокислот в организме.

**4. Литература:**

**Основная:**

- 4.1. Лекционный материал.
- 4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия, 1985, с.297- 318; 1991, с. 313 – 343.
- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии, под ред. Тюкавкиной Н.А., 1985, с. 180 – 186.
- 4.4. Рево А.Я. и др. Малый практикум по органической химии, 1980, оп.100.
- 4.5. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

**Дополнительная:**

- 4.6. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.7. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.
- 4.8. Терней А. Современная органическая химия, т.1,т.2, М., 1981г.
- 4.9. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, т.1,т.2, М., 1963г.
- 4.10. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.
- 4.11. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г.

## 5. Основные вопросы темы:

- 5.1. Аминокислоты: определение, состав, строение.
- 5.2. Кислотно – основные свойства аминокислот. ИЭС, ИЭТ.
- 5.3. Химические реакции аминокислот по карбокси–группе: образование эстеров, галогенангидридов. Биологическое и аналитическое значение этих реакций.
- 5.4. Химические реакции аминокислот по аминогруппе: образование N–ацильных производных, взаимодействие с нитритной кислотой, формальдегидом, фенилизотиоцианатом. Значение этих реакций.
- 5.5. Декарбоксилирование аминокислот (привести примеры).

## 6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения:

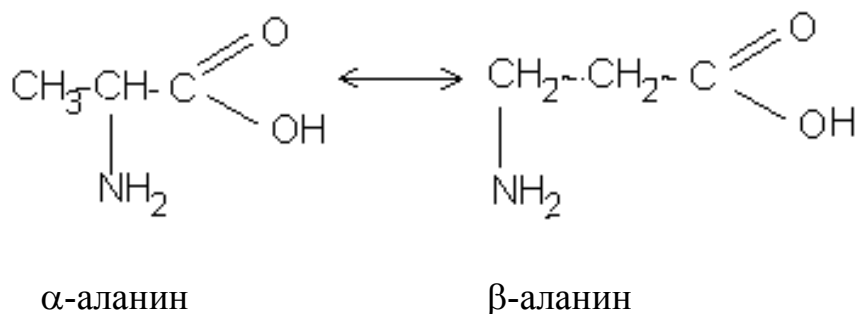
- 6.1. Знать формулы 20 аминокислот.

## 7. Эталоны решения задач:

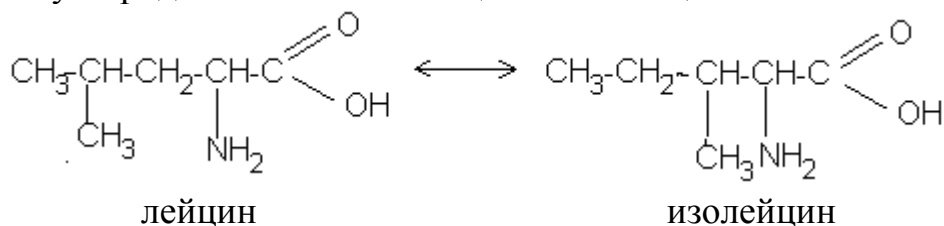
- 7.1. Какие виды изомерии характерны для  $\alpha$ -аминокислот?

Решение:

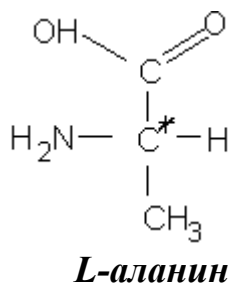
- а) Изомерия положения аминогруппы:  $\alpha$ -аминокислоты и  $\beta$ -аминокислоты:



- б) изомерия углеродного скелета: лейцин – изолейцин:



- в) энантиомерия:

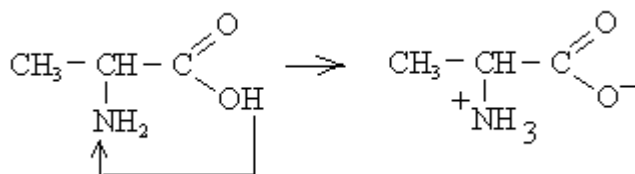


- 7.2. Объясните амфотерность аминокислот.

Решение:

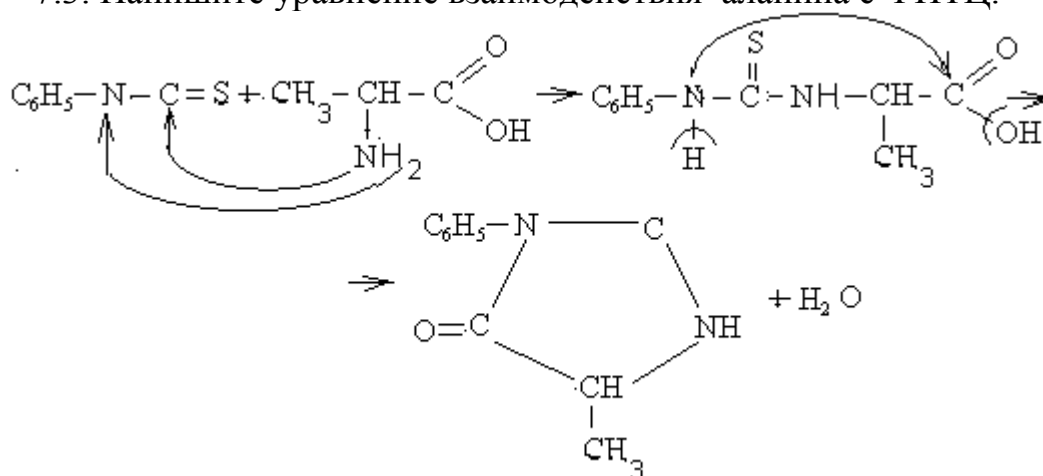
Амфотерность объясняется наличием в аминокислотах аминогруппы и карбоксигруппы. Карбоксигруппа проявляет кислотные свойства, т.е.

она диссоциирует, образуя ион водорода  $H^+$  (или протон); аминогруппа проявляет основные свойства, так как азот имеет неподеленную пару электронов. При растворении аминокислоты в воде протон присоединяется к азоту и образуется биполярный ион, содержащий карбоксилат-анион и протонированную аминогруппу, которая имеет положительный заряд. Амфотерный характер аминокислот также подтверждается взаимодействием их со щелочью и кислотой с образованием солей.



биполярный ион

7.3. Напишите уравнение взаимодействия аланина с ФИТЦ.



8. Задание для закрепления материала (выполнить в протокольной тетради):

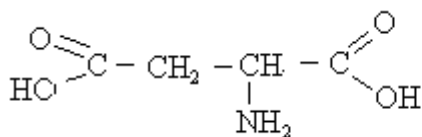
- 8.1. Написать и выучить формулы 20 аминокислот, которые входят в состав белков; указать незаменимые аминокислоты.
- 8.2. Написать уравнение реакции взаимодействия серина с этанолом.
- 8.3. Написать уравнение реакции взаимодействия аспарагина с ФИТЦ (фенилизотиоцианат).

9. Тестовый контроль (пример):

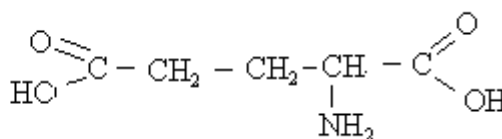
- 9.1. Написать формулы моноаминодикарбоновых кислот.
- 9.2. Написать образование биполярного иона аминокислоты - вал. В какой среде находится его изоэлектрическая точка?
- 9.3. Написать формулы трёх возможных солей аланина.

Ответы.

9.1.

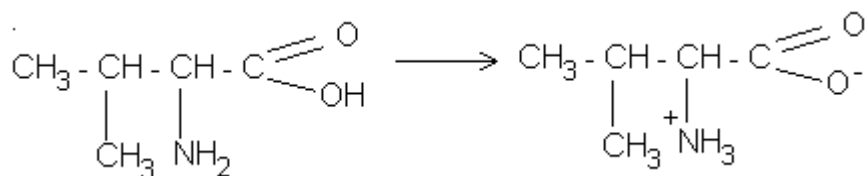


аспарагиновая



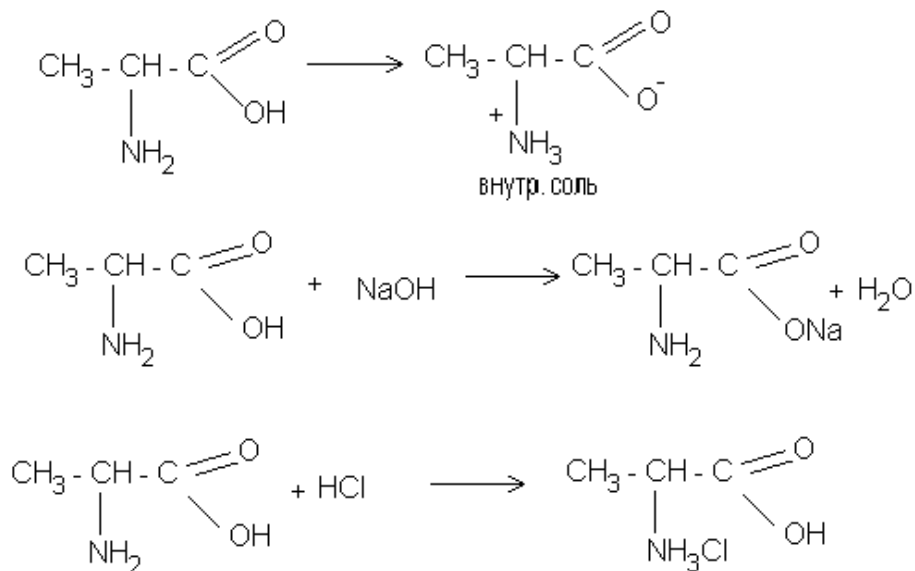
глутаминовая

9.2.



ИЕТ находится в нейтральной среде.

9.3.



### 10. Алгоритм лабораторной работы:

- 10.1. Сравнительная оценка силы аминокислот и соответствующих им карбоновых кислот.
- 10.2. Реакция аминокислот с формальдегидом.
- 10.3. Реакция глицина с нитритной кислотой.

### 11. Методика проведения эксперимента.

#### 11.1. Сравнительная оценка силы аминокислот и соответствующих им карбоновых кислот.

	I пробирка	II пробирка	III пробирка
	CH <sub>3</sub> COOH + метиловый красный	NH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> - COOH + метиловый красный	H <sub>2</sub> O + метиловый красный
цвет			

Записать кислоты в ряд по увеличению кислотности.



### 11.2. Реакция глицина с формальдегидом (метод Зеренсена).

В пробирку внести 5 капель раствора глицина и прибавить 1 каплю индикатора метилового красного. Отметить цвет. Потом прибавить 6 капель формалина. Описать внешний эффект, написать уравнение реакции сделать выводы.

### 11.4. Реакция глицина с нитритной кислотой ( метод Ван-Слайка).

В пробирку внести 5 капель раствора глицина, 5 капель раствора  $\text{NaNO}_2$  и 2 капли  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (конц.). Написать уравнение реакции, описать внешний эффект, сделать выводы.

## **Тема: ПОЛУЧЕНИЕ АМИНОКИСЛОТ. МЕТОДЫ КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АМИНОКИСЛОТ.**

**1. Актуальность темы:** аминокислоты – структурные единицы пептидов и белков. Знание строения и химических свойств аминокислот необходимые для понимания их реакционной способности, превращений и биологической активности в организме человека.

**2. Цель общая, уметь:** использовать знание свойств аминокислот для объяснения строения и физико-химических свойств и функций белков в организме.

**3. Конкретные цели, уметь:**

- интерпретировать особенности строения  $\alpha$ -аминокислот как структурной основы белков, которые функционируют в организме;
- делать выводы о путях превращений в организме  $\alpha$ -аминокислот;
- на основе понимания строения и реакционной способности  $\alpha$ -аминокислот прогнозировать образование белков и других физиологически активных соединений и предвидеть пути деградации аминокислот в организме.

**4. Литература:**

#### **Основная:**

- 4.1. Лекционный материал.
- 4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия, 1985, с.297- 318; 1991, с. 313 – 343.
- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии, под ред. Тюкавкиной Н.А., 1985, с. 180 – 186.
- 4.4. Рево А.Я. и др. Малый практикум по органической химии, 1980, оп.100.
- 4.5. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

### Дополнительная:

- 4.6. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.7. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.
- 4.8. Терней А. Современная органическая химия, т.1, т.2, М., 1981г.
- 4.9. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, т.1, т.2, М., 1963г.
- 4.10. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.
- 4.11. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г.

### 5. Основные вопросы темы:

- 5.1. Методы получения аминокислот: аммонолиз галогенопроизводных карбоновых кислот, синтез Штреккера-Зелинского, восстановительное аминирование (схемы реакций).
- 5.2. Реакции аминокислот в организме человека: трансаминирование, декарбоксилирование, окислительное дезаминирование, внутримолекулярное дезаминирование (схемы реакций).
- 5.3. Качественные реакции на аминокислоты: с нингидрином, ксантопротеиновая, Миллона, Адамкевича, Фоля.
- 5.4. Методы количественного определения амнокислот: Ван-Слайка, Зеренсена (схемы реакций).

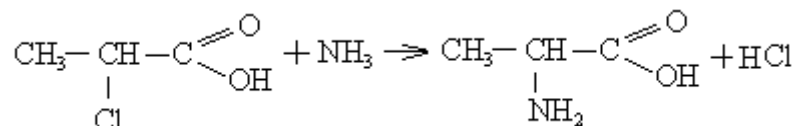
### 6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения (выполнить в протокольной тетради):

- 6.1. Знать формулы 20 аминокислот.
- 6.2. Специфические реакции аминокислот, обусловленные взаимным размещением карбокси- и аминогрупп:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -аминокислоты.

### 7. Эталоны решения задач:

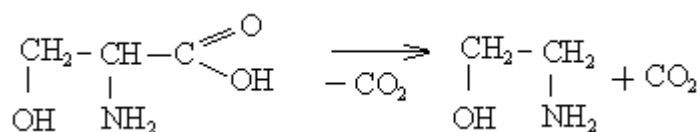
- 7.1. Напишите схему синтеза аланина из галогенопроизводной кислоты.

Ответ:



- 7.2. Напишите уравнение декарбоксилирования серина:

Ответ:



## 8. Задания для закрепления материала (выполнить в протокольной тетради):

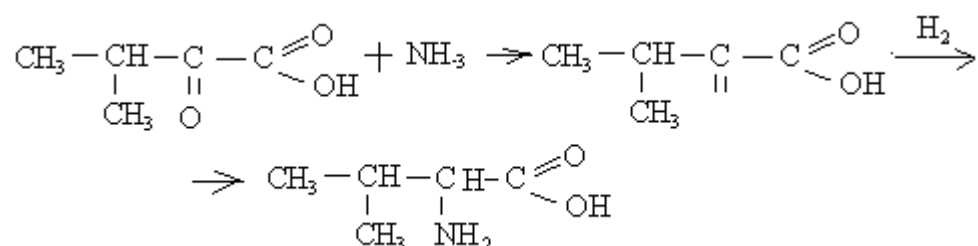
- 8.1. Напишите схему синтеза валина методом Штреккера –Зелинского.
- 8.2. Напишите уравнение внутримолекулярного дезаминирования триптофана.

## 9. Пример тестового контроля :

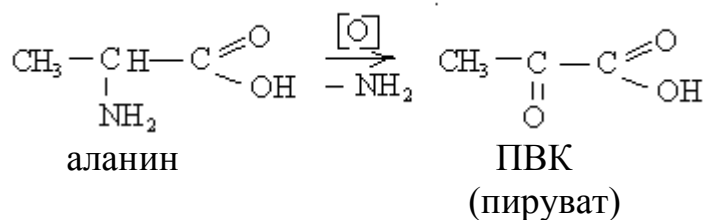
- 9.1. Напишите схему синтеза валина методом восстановительного аминирования.
- 9.2. Напишите схему окислительного дезаминирования аланина.
- 9.3. Напишите схему количественного определения серина методом Ван-Слайка.

### Ответы:

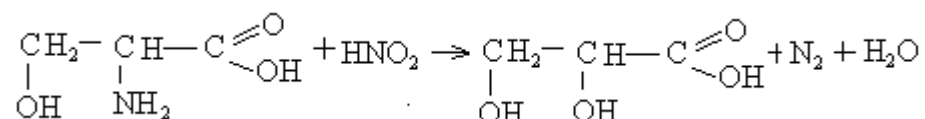
9.1.



9.2.



9.3.



## 10. Алгоритм лабораторной работы:

- 10.1. Реакция аминокислот с нингидрином.
- 10.2.

## 11. Методика проведения эксперимента.

### 11.2. Реакция аминокислот с нингидрином.

В пробирку внести 4 капли раствора глицина и две капли раствора нингидрина и нагреть пробирку. Описать внешний эффект, сделать выводы.

### 11.3. Реакция Эрлиха на триптофан.

В пробирку внести 5 капель раствора триптофана, добавить 1 каплю солянокислого п-диметиламинобензальдегид. Описать внешний эффект, сделать выводы.

### 11.3. Образование комплексной соли меди глицина.

В пробирку внести 1 мл раствора глицина, добавить на кончике лопаточки купрум (II) карбонат и слегка нагреть. Описать внешний эффект, сделать выводы.

## **Тема: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛКОВ. СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЛКОВ.**

**1. Актуальность темы:** знания о составе, строении и химических свойствах пептидов и белков необходимы для понимания их функций в организме человека в норме и патологии, применения в клинической практике для диагностики и лечения, синтеза пептидов и белков *in vitro*.

**2. Цель общая – уметь:** сформулировать общие понятия о белках как полимерах, которые являются структурными компонентами всех тканей организма.

**3. Конкретные цели, уметь:**

- объяснять зависимость физико-химических свойств белков от их аминокислотного состава;
- применять качественные реакции на аминокислоты для идентификации белков и определения их аминокислотного состава;
- использовать биуретовую реакцию для количественного определения белков.

**4. Литература:**

- 4.1. Лекционный материал.
- 4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия, 1985, с.323-332; 1991, с. 345-376.
- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии, под ред. Тюкавкиной Н.А., 1985, с.186-189, 192-200.
- 4.4. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

**Дополнительная:**

- 4.5. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.6. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии, М., 1982г.
- 4.7. Терней А. Современная органическая химия, т.1, т.2, М., 1981г.
- 4.8. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, т.1, т.2, М., 1963г.
- 4.9. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.
- 4.10. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г.

## 5. Основные вопросы темы:

- 5.1. Белки, определение, молярная масса белков.
- 5.2. Образование пептидной связи
- 5.3. Анализ пептидов и белков: определение аминокислотного состава и аминокислотной последовательности. Метод Эдмана.
- 5.4. Синтез пептидов и белков с применением защиты и активации функциональных групп.
- 5.5. Первые расшифрованные и синтезированные белки и пептиды: инсулин, вазопрессин, окситоцин; их состав, строение, биологическая роль.

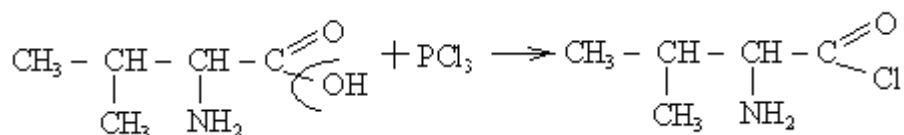
## 6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения:

- 6.1. Образование и свойства пептидной связи.
- 6.2. Физико-химические свойства белков (амфотерность, образование амфиона, солей; изоэлектрическое состояние (ИЭС), изоэлектрическая точка (ИЭТ)).
- 6.3. Уровни структурной организации белков: первичный, вторичный, третичный и четвертичный. Типы связей.
- 6.4. Методы выделения, разделения, очистки белков. Методы определения молярной массы белка.

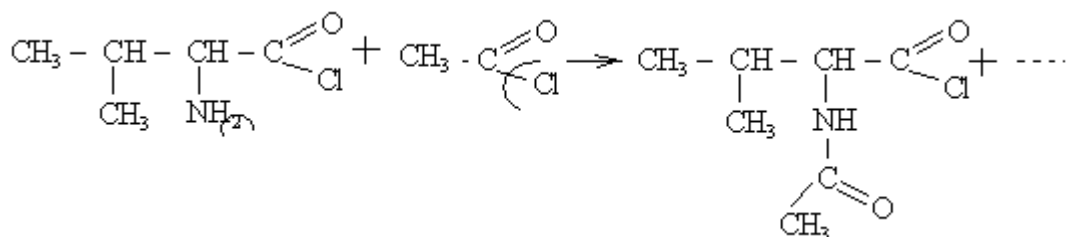
## 7. Эталоны решения задач:

- 7.1. Провести синтез дипептида вал-цис (6 этапов).

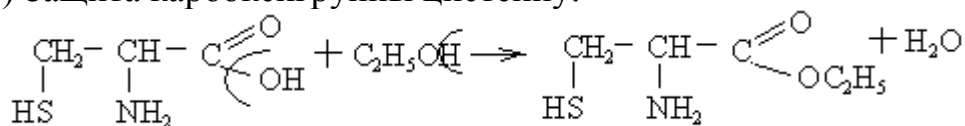
1) Активация карбоксигруппы вал:



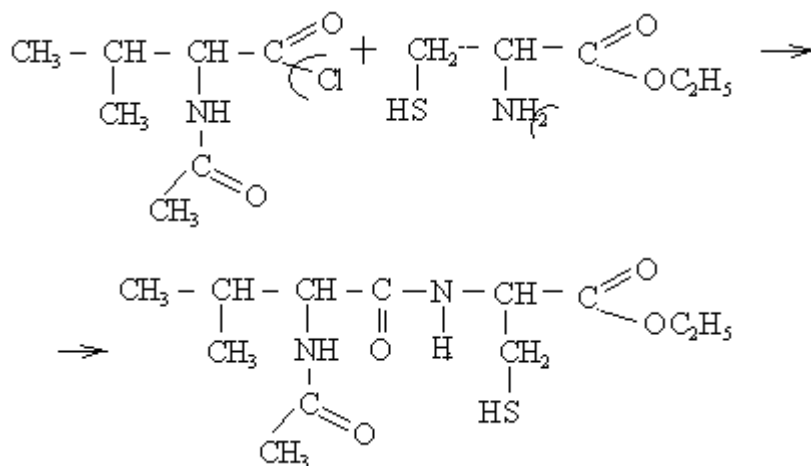
2) Защита аминогруппы вал:



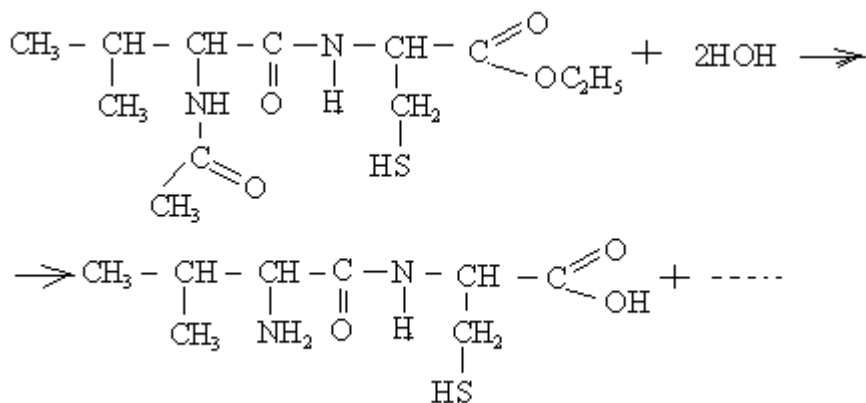
3) Защита карбоксигруппы цистеину:



4) Синтез дипептида:



5-6). Снятие защиты с амино- и карбоксигрупп путем гидролиза:



дипептид вал-цис

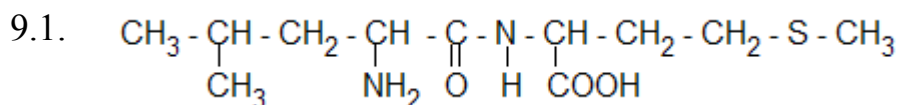
**8.Задание для закрепления материала** (выполнить в протокольной тетради):

- 8.1. Написать уравнения реакций синтеза дипептида асп-вал с применением защиты и активации функциональных групп (6 этапов).
- 8.2. Написать дипептид: ала-лиз; в какой среде находится его ИЭТ.
- 8.3. Написать схему определения N-концевой аминокислоты в дипептиде сер-три методом Эдмана.

**9. Тестовый контроль** (пример):

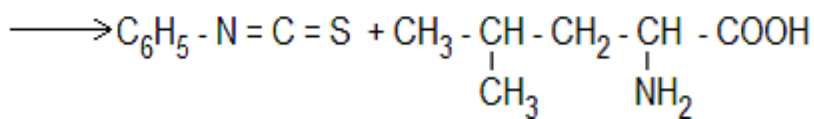
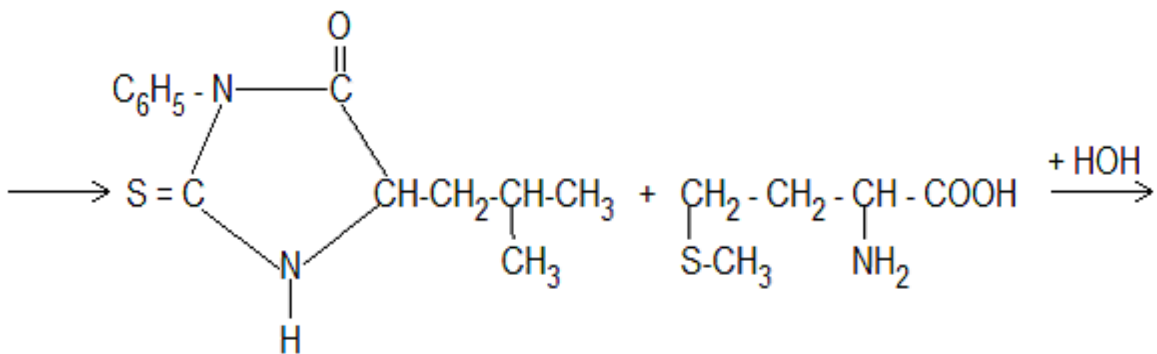
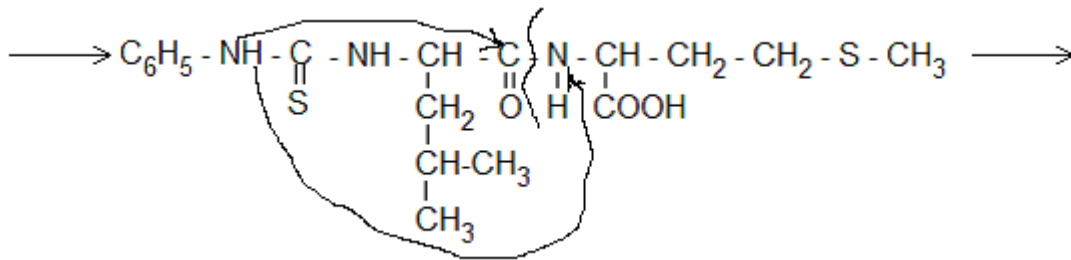
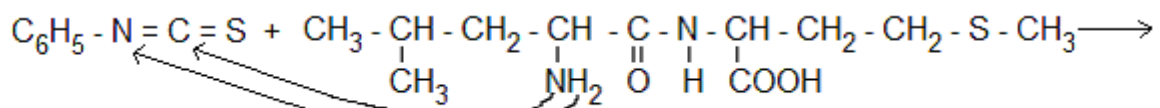
- 9.1. Написать уравнение взаимодействия лей-мет; указать, в какой среде лежит его изоэлектрическая точка (ИЭТ).
- 9.2. Установить N-концевую аминокислоту в этом дипептиде методом Эдмана.

Ответы.



ИЭТ – лежит в нейтральной среде

9.2.



## 10. Алгоритм лабораторной работы:

- 10.1. Биуретовая реакция.
- 10.2. Ксантопротеиновая реакция .
- 10.3. Реакция Фоля.

## 11. Методика проведения эксперимента.

### 11.1. Биуретовая реакция.

В пробирку внести 5 капель раствора белка, 10 капель раствора NaOH и 1-2 капли раствора CuSO<sub>4</sub>. Описать внешний эффект, сделать выводы.

### 11.2. Ксантопротеиновая реакция .

В пробирку вносят 5 капель раствора белка, 5 капель HNO<sub>3</sub> (конц.) (осторожно!) и нагревают. Отметить внешний эффект, написать уравнение нитрования тирозина и сделать выводы.

### 11.3. Реакция Фоля.

В пробирку вносят 5 капель раствора белка, 2 капли раствора NaOH, нагревают до кипения и добавляют 2 капли раствора плюмбум ацетата (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Pb. Отметить внешний эффект, написать уравнение реакции серосодержащей аминокислоты с плюмбум ацетатом.

## **Тема: МОНОСАХАРИДЫ, СТРОЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

**1. Актуальность темы:** Углеводы широко распространены в живой природе, входят в состав клеточных стенок. Углеводы являются основным источником энергии для человека. Кроме того, углеводы являются составными элементами нуклеиновых кислот, коферментов, витаминов. Некоторые из них используются в качестве лекарств.

### **2. Цель общая – уметь:**

- делать выводы о реакционной способности моносахаридов исходя из их состава и строения

### **3. Конкретные цели, уметь:**

- различать таутомерные формы моносахаридов;
- знать методы выявления моносахаридов в биологических жидкостях.

### **4. Литература:**

#### **Основная:**

- 4.1. Лекционный материал.
- 4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. М., 1985, с. 349-377; 991, с. 377-391, 395-404.
- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии под ред. Тюкавкиной Н.А. М., 1985, с. 201-215, оп. 55, 56, 58/
- 4.4. Рево А.Я. и др. Малый практикум по органической химии. 1980, опыты 70, 71, 74.
- 4.5. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

#### **Дополнительная:**

- 4.6. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.7. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.
- 4.8. Терней А. Современная органическая химия, т.1, т.2, М., 1981г.
- 4.9. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, т.1, т.2, М., 1963г.
- 4.10. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.
- 4.11. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г.
- 4.12. Степаненко Б.Н. „ Курс органической химии” 1972 г.

### **5. Основные вопросы темы:**

- 5.1. Что такое углеводы? Что такое моносахариды, классификация моносахаридов.



## 5.2. Глюкоза:

- ациклическая форма: проекция Фишера, D- и L-конфигурации;
- циклическая форма (пиранозная и фуранозная формы): проекция Хеурса,  $\alpha$  и  $\beta$  - аномеры;
- конформация:  $\alpha$  - D и  $\beta$  - D – конфигурация. Мутаротация.

## 5.3. Химические свойства глюкозы: образование хелатов, O – и N – гликозидов, алкилирование, ацилирование.

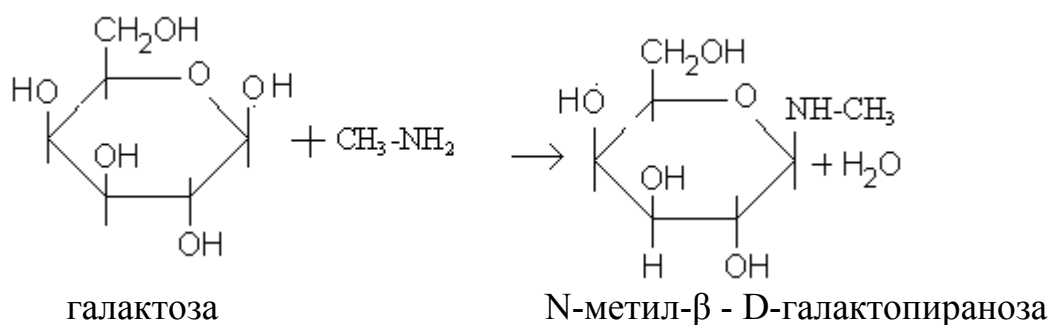
## 5.4. Знать формулы: глюкозы, фруктозы, рибозы, дезоксирибозы и их производных (гликоновые, гликаровые, гликуроновые кислоты, гликозамины, фосфатные эстеры).

## 6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения:

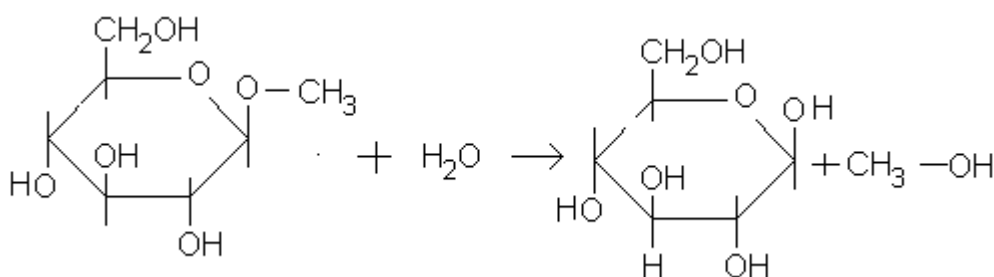
- 6.1. Аскорбиновая кислота, строение, биологическая роль.
- 6.2. Качественные реакции на многоатомные спирты и альдегидную группу.
- 6.3. Качественная реакция на фруктозу (реакция Селиванова)

## 7. Эталоны решения заданий:

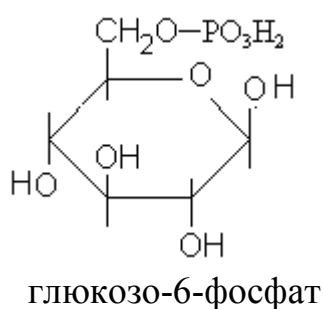
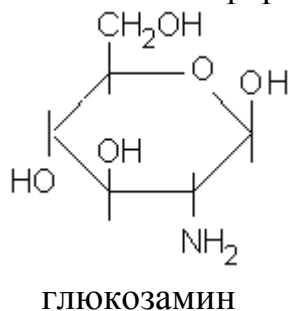
### 7.1. Напишите схему образования N-метил- $\beta$ - D-галактопиранозы.



### 7.2. Написать схему гидролиза O – метил – $\beta$ – D – глюкопиранозида.



### 7.2. Напишите формулу глюкозамина и глюкозо-6-фосфата:



**8. Задания для закрепления материала** (выполнить в протокольной тетради):

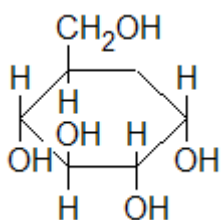
- 8.1. Напишите уравнение взаимодействия глюкозы с этанолом. Укажите тип связи и назовите продукт.
- 8.2. Напишите уравнение алкилирования фруктозы с помощью хлорметана. Укажите типы связей и назовите продукт.

**9. Пример тестового контроля:**

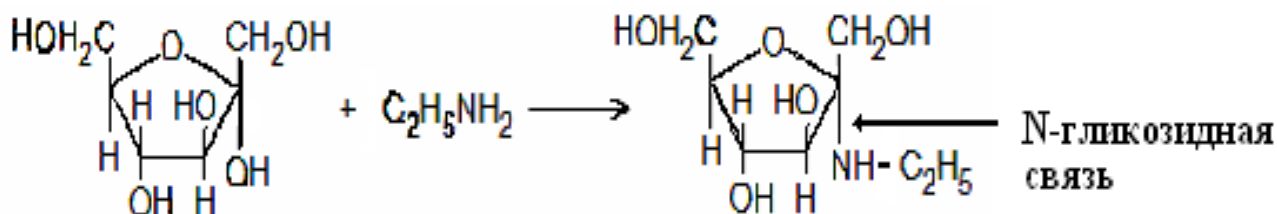
- 9.1. Написать формулу  $\alpha$  - D-глюкопиранозы.
- 9.2. Написать уравнение взаимодействия  $\alpha$ -D-фруктофуранозы с этиламином. Назвать полученное соединение и указать тип связи.
- 9.3. Укажите состав реактива Троммера, для каких целей он применяется?

Ответы:

9.1.



9.2.



N-этил- $\beta$ ,D-фруктофуранозид

- 9.3.  $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH}$ , применяется для определения моносахаридов в биологических жидкостях.

**10. Алгоритм лабораторной работы:**

- 10.1. Доказательство наличия гидроксильных групп в D-глюкозе.
- 10.2. Восстановление купрум (II) гидроксида глюкозой в щелочной среде (проба Троммера).
- 10.3. Реакция Селиванова на фруктозу.

**11. Лабораторная работа:**

11.1. Доказательство наличия гидроксильных групп в D-глюкозе.

В пробирку вносят 1 каплю раствора глюкозы, 6 капель раствора NaOH и 1 каплю раствора  $\text{CuSO}_4$ . Отметить внешний эффект, написать уравнение реакции, сделать выводы.

### 11.2. Восстановление купрум (II) гидроксида глюкозой в щелочной среде (проба Троммера).

К полученному в опыте 11.1 синему раствору добавить несколько капель воды. Нагреть пробирку с раствором до кипения. Отметить внешний эффект, написать уравнение реакции и сделать выводы.

### 11.3. Реакция Селиванова на фруктозу.

В пробирку поместить кристаллик резорцина и 2 капли HCl (конц.) Добавить 2 капли раствора фруктозы и нагреть до кипения. Отметить внешний эффект, написать схему реакции и сделать выводы.

## **Тема: ОЛИГО- И ПОЛИСАХАРИДЫ, СТРУКТУРА И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.**

**1. Актуальность темы:** в природе распространены сложные углеводы – олиго- и полисахариды, которые входят в состав клеточных стенок, являются депо энергии в организме (крахмал, гликоген). Некоторые из них используются как заменители крови (полиглюкин), как наполнители порошков и таблеток.

**2. Цель общая – уметь:** делать выводы о реакционной способности сложных углеводов, исходя из их состава и строения.

**3. Конкретные цели, уметь:**

- интерпретировать особенности строения и превращения олигосахаридов в организме человека.

- интерпретировать особенности строения и превращения гомополисахаридов в организме человека как источник энергии для процессов жизнедеятельности.

- объяснять механизм биологической роли гетерополисахаридов в организме человека.

**4. Литература:**

#### **Основная:**

4.1. Лекционный материал.

4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия, 1985, с. 378 – 398; 1991, с. 407 - 430.

4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии, под ред. Тюкавкиной Н.А., 1985, с. 215 - 222.

4.4. Рево А.Я. и др. Малый практикум по органической химии, 1980, оп.77,78,79,80,83.

4.5. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

### Дополнительная:

- 4.6. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.7. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.
- 4.8. Терней А. Современная органическая химия, т.1,т.2, М., 1981г.
- 4.9. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, т.1,т.2, М., 1963г.
- 4.10. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.
- 4.11. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г.
- 4.12. Степаненко Б.Н. „ Курс органической химии” 1972 г.

### 5. Основные вопросы темы:

- 5.1. Что такое дисахариды? Классификация дисахаридов по способности к окислительно – восстановительным реакциям.
- 5.2. Строение сахарозы, лактозы: восстанавливающие свойства и реакции по оксигруппам (образование хелатов, алкилирование, ацилирование.)
- 5.3. Гомополисахариды: крахмал, гликоген, целлюлоза (клетчатка), декстраны: состав, строение, типы связей, первичная и вторичная структуры, химические свойства, биологическая роль.

### 6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения:

- 6.1. Гидролиз крахмала, качественная реакция на крахмал.
- 6.2. Гетерополисахариды: гиалуроновая кислота, гепарин, хондроитинсульфаты, их состав и строение дисахаридного фрагмента, биологическая роль.

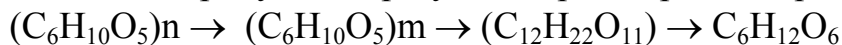
### 7. Эталоны решения заданий:

- 7.1. Что такое гомополисахариды (примеры)?

Решение:

Гомополисахариды – это сложные углеводы, построенные из остатков одного моносахарида. Например: крахмал, гликоген состоят из остатков  $\alpha$  – глюкозы; целлюлоза – из остатков  $\beta$ -глюкозы.

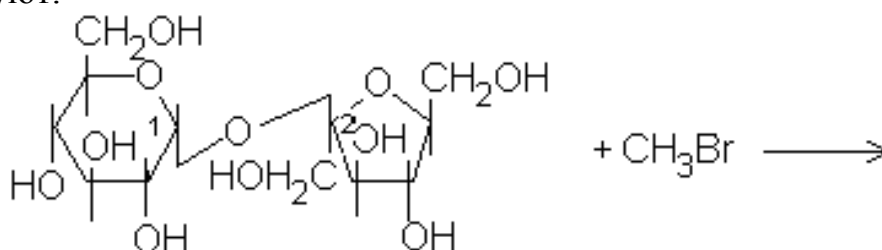
- 7.2. Какие продукты образуются при гидролизе крахмала.

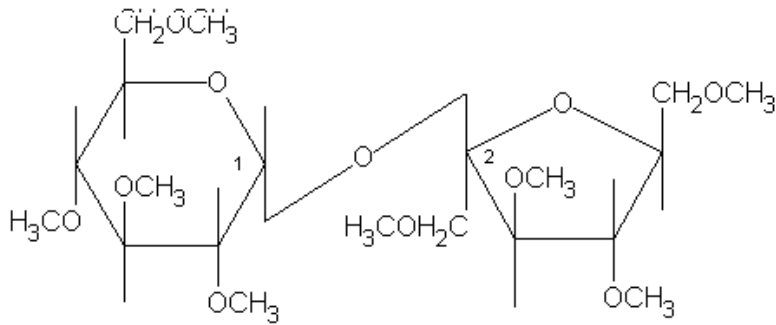


Крахмал      декстрины      мальтоза      глюкоза

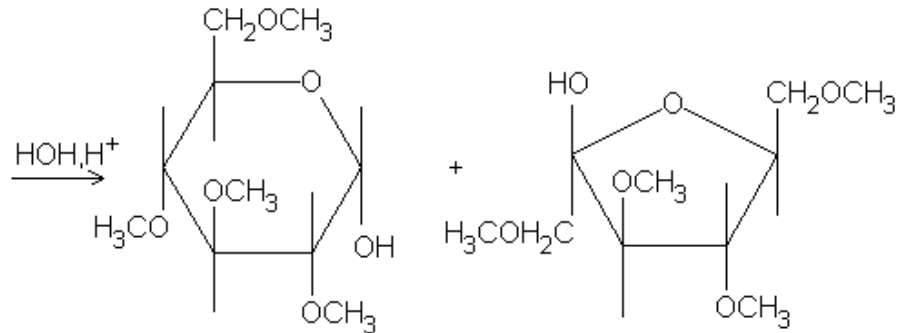
$$n > m$$

- 7.3. Напишите схему алкилирования сахарозы, укажите типы связей. Напишите схему гидролиза полученного соединения и укажите какие связи гидролизуют.





Связи –  $\alpha$ -1,2-глюкозидная и простые эфирные



Гидролизуется только  $\alpha$ -1,2-глюкозидная связь

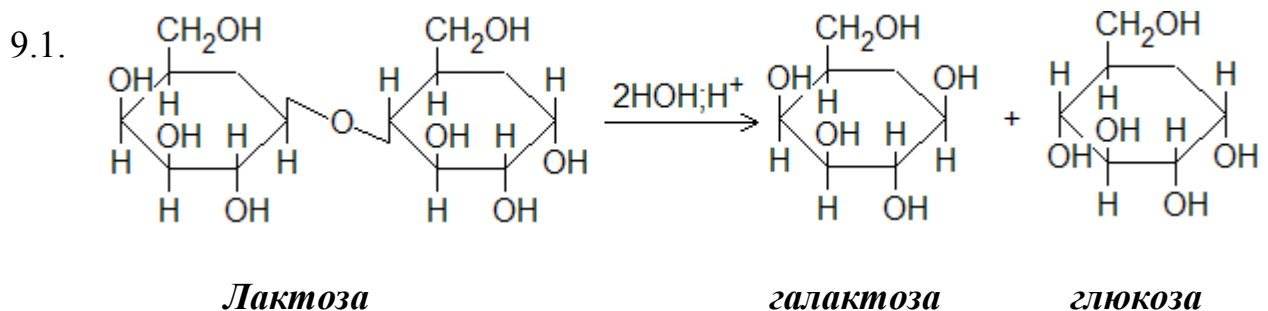
### 8. Задание для закрепления материала:

- 8.1. Написать структурную формулу лактозы, указать тип связи между моносахаридными остатками.
- 8.2 Написать структуру дисахаридного фрагмента целлюлозы и указать тип связей между моносахаридными остатками.

### 9. Пример тестового контроля:

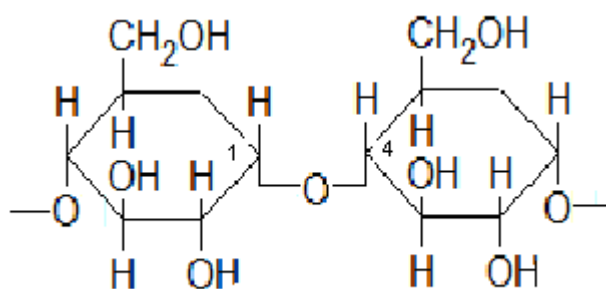
- 9.1. Написать строение лактозы и схему ее гидролиза. Какие соединения в реакции проявляют восстанавливающие свойства?
- 9.2. Напишите строение дисахаридного фрагмента амилозы, укажите тип связи.
- 9.3. Напишите строение полностью ацелированного дисахаридного фрагмента амилозы.

### Ответы.



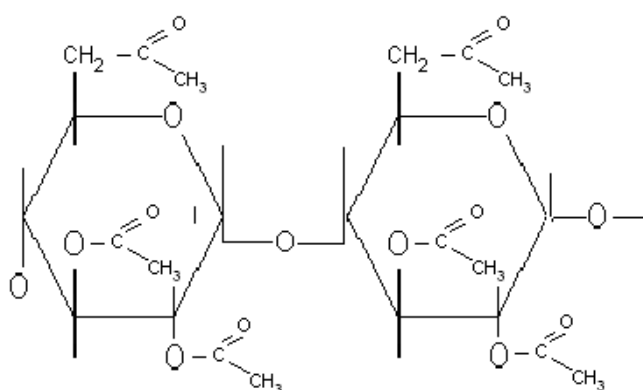
Лактоза, глюкоза и галактоза проявляют восстанавливающие свойства.

9.2.



*$\alpha$ -1,4-глюкозидная связь*

9.3.



### ***10. Алгоритм лабораторной работы.***

- 10.1. Доказательство наличия гидроксильных групп в сахарозе.
- 10.2. Отсутствие восстановительных свойств у сахарозы.
- 10.3. Доказательство гидролиза сахарозы.
- 10.4. Наличие восстановительных способностей у лактозы.
- 10.5. Кислотный гидролиз крахмала (демонстрация).

### ***11. Лабораторна робота:***

#### 11.1. Доказательство наличия гидроксильных групп в сахарозе.

В пробирку внесите 1 каплю раствора сахарозы и 6 капель раствора NaOH, 5-6 капель воды и 1 каплю раствора меди сульфата. Отметить внешний эффект, написать уравнения реакций и сделать выводы.

#### 11.2. Отсутствие восстановительных свойств у сахарозы.

Раствор, полученный в опыте № 1, нагрейте до кипения. Отметить внешний эффект и сделать выводы.

### 11.3. Доказательство гидролиза сахарозы.

В пробирку внесите 1 каплю раствора сахарозы, 1 каплю раствора HCl, 6 капель воды и кипятите в течение 1 мин. Гидролизат разлейте в две пробирки. В первую пробирку добавьте 6 капель раствора NaOH, 4-5 капель воды и 1 каплю раствора CuSO<sub>4</sub> и нагрейте до кипения. В другую пробирку добавьте кристаллик резорцина, 2 капли концентрированной HCl и нагрейте до кипения. Отметить внешний эффект, написать схемы реакций, сделать выводы.

### 11.4. Наличие восстановительных способностей у лактозы.

В пробирку внесите 1 каплю раствора лактозы, 4 капли раствора NaOH, 1 каплю раствора CuSO<sub>4</sub> и нагрейте до кипения. Отметить внешний эффект, написать уравнения реакций, сделать выводы.

### 11.5. Кислотный гидролиз крахмала (демонстрация).

В пробирку внести 1 каплю крахмального клейстера, 2 капли раствора серной кислоты и поставить пробирку в кипящую водяную баню. Через 20 и 40 мин. с 1 каплей гидролизата выполните качественную реакцию на крахмал. Отметить внешний эффект, написать схему гидролиза крахмала и сделать выводы.

## **Тема: ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ.**

### ***1. Актуальность темы:***

структуры гетероциклов лежат в основе таких биологически важных молекул как витамины, коферменты, азотистые основания нуклеиновых кислот и др. Они являются основой многочисленных лекарственных веществ, знание свойств гетероциклов необходимы для понимания природы биохимических процессов;

нуклеиновые кислоты – основные носители генетической информации в организме. Знание строения и химических свойств нуклеиновых кислот и их мономеров (нуклеотидов) необходимо для усвоения химических основ структурной организации макромолекул нуклеиновых кислот и нуклеотидных коферментов, дальнейшего изучения биологии и биохимии.

### ***2. Цель общая:***

закрепить знание строения и химические свойства физиологически активных гетероциклических соединений;

закрепить знания о принципах строения биополимеров-клеточных компонентов на стадии их первичной и вторичной структуры, что является необходимым условием для понимания их биологической роли.

### **3. Конкретные цели, уметь:**

- делать выводы о биологической активности соединений;
- гетерофункционального ряда в соответствии их строения и химического поведения;
- уметь провести качественные реакции на никотиновую кислоту, антипирин, отсутствие фенольного гидроксила в ацетилсалициловой кислоте;
- анализировать значение мононуклеотидов для построения нуклеиновых кислот и действия нуклеотидных коферментов;
- интерпретировать механизмы участия витаминов в построении коферментов, которые катализируют биохимические реакции в организме.

### **4. Литература:**

#### **Основная:**

- 4.1. Лекционный материал.
- 4.2. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия, 1985, ст. 260 – 250; 400-421; 1991, ст. 260 – 284; 431-456.
- 4.3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии, под ред. Тюкавкиной Н.А., 1985. ст. 163 – 178; 222-234.
- 4.4. Рево А.Я. и др. Малый практикум по биоорганической химии. 1980г ст. 146- 157.
- 4.5. Словарь-минимум формул биологически активных соединений. 2017г.

#### **Дополнительная:**

- 4.6. Грандберг И.И. Органическая химия, М., 1980г.
- 4.7. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии (для студентов биологических, медицинских и сельскохозяйственных специальностей), М., 1982г.
- 4.8. Терней А. Современная органическая химия, т.1, т.2, М., 1981г.
- 4.9. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии, т.1, т.2, М., 1963г.
- 4.10. Каррер Н. Курс органической химии, М., 1960г.
- 4.11. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия, М., 1987г.
- 4.12. Степаненко Б.Н. „ Курс органической химии” 1972 г.

### **5. Основные вопросы темы**

- 5.1. Пятичленные и шестичленные гетероциклы с гетероатомом азотом. Пиррольный и перидиновый атомы азота.
- 5.2. Нуклеозиды: определение, состав, строение, номенклатура, тип связей.
- 5.3. Нуклеотиды: определение, состав, строение, номенклатура, типы связей.
- 5.4. Нуклеиновые кислоты (определение): РНК и ДНК, состав, типы связей между структурными компонентами.



- 5.5. Двойная спираль ДНК, особенности ее строения. Комплементарные основания.
- 5.6. Фосфорилированные производные нуклеотидов, значение АТФ. Участие нуклеотидов в строении коферментов и активации аминокислот.

**6. Вопросы для самостоятельного внеаудиторного изучения:**

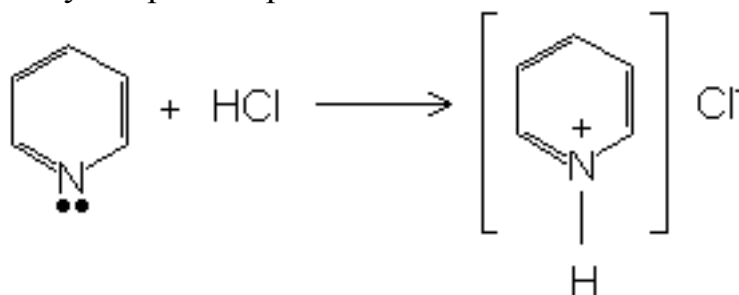
- 6.1. Бициклические гетероциклы (пурин). Мочевая кислота и ее соли.
- 6.2. Образование N-гликозидной и сложноэфирной связей.

**7. Эталоны решения задач:**

- 7.1. Объяснить основные свойства атома азота в пиридине.

Решение.

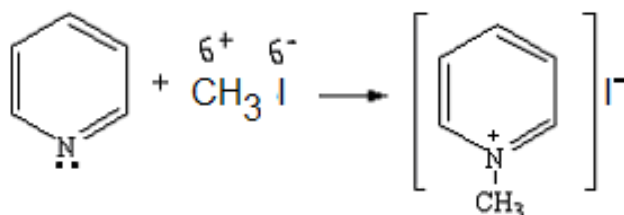
В пиридине свободная электронная пара на атоме азота не принимает участия в образовании  $\pi$ -электронного секстета и потому азот проявляет основные свойства.



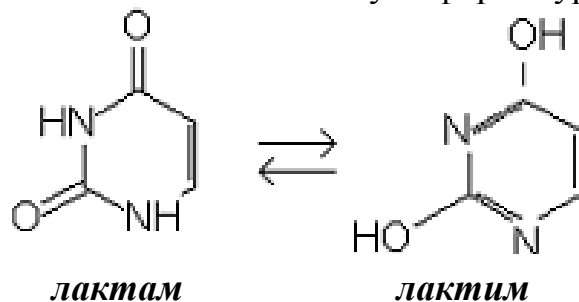
- 7.2. Объяснить наличие нуклеофильных свойств пиридина.

Атом азота в пиридине проявляет нуклеофильные свойства в связи с наличием свободной электронной пары, например в реакциях с галогеналканами:

Решение.

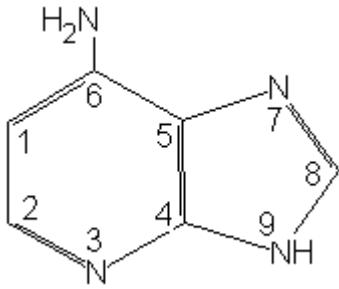


- 7.3. Напишите лактим–лактаминную формы урацила.



- 7.4. Напишите структурную формулу аденина и укажите пиридинный и имидазольный атомы азота.

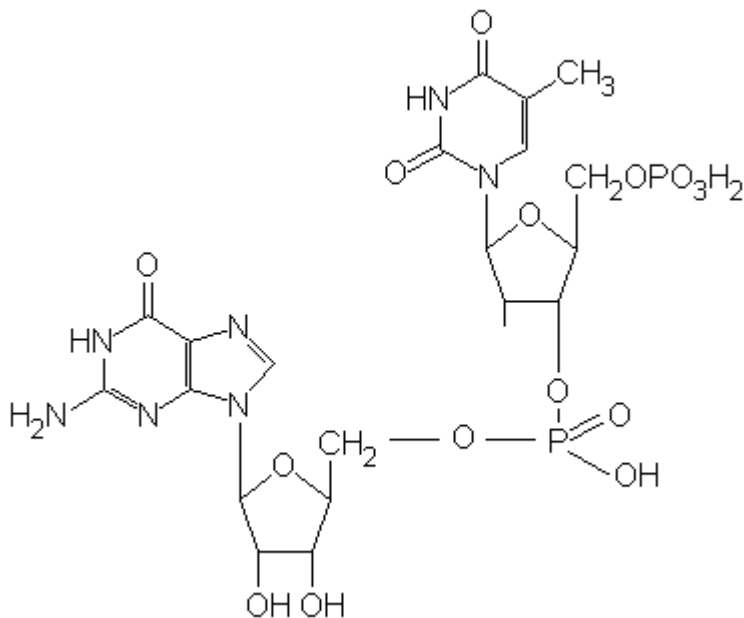
Решение:



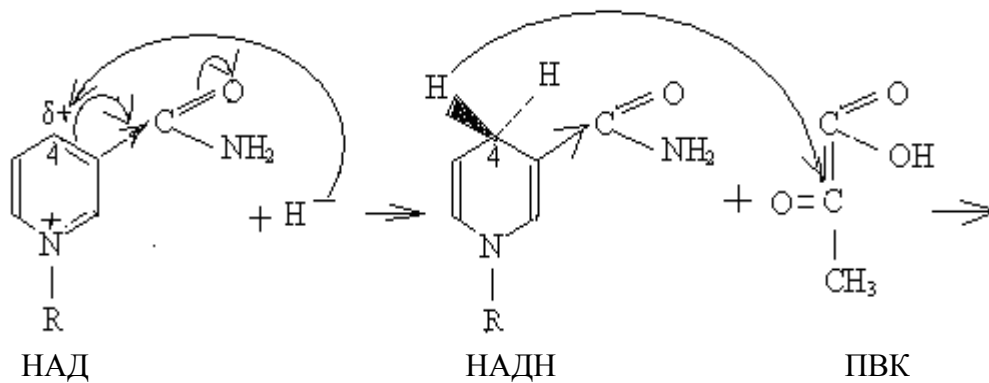
1,3,7 – пиридиновые атомы азота;  
9- пиррольный атом азота.

7.5. Напишите строение участка ДНК с последовательностью азотистых оснований -ТГ

Решение.



7.6. Объясните химизм действия НАД:



**8. Задание для закрепления материала (выполнить в протокольной тетради):**

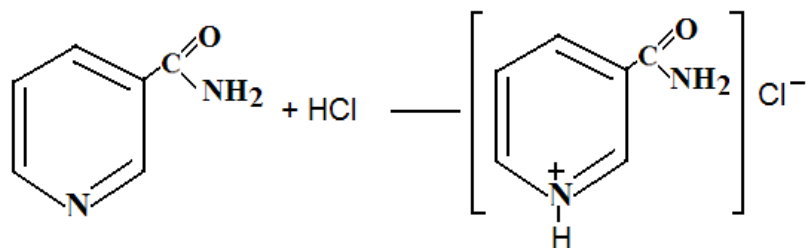
- 8.1. Напишите таутомерные формы мочевой кислоты, по каким функциональным группам образуются соли?
- 8.2. Напишите схему химизма действия НАД.
- 8.3. Напишите строение адениловой и тимидиловой кислот, укажите типы связей.
- 8.4. Напишите строение динуклеотидного участка ДНК с последовательностью азотистых оснований А-Ц.
- 8.5. Написать формулу аминокислотаденилатного комплекса с аланином.

**9. Пример тестового контроля:**

- 9.1. Напишите уравнение образования соли пиридиния при взаимодействии никотинамида с соляной кислотой.
- 9.2. Назовите биологически активные производные пурина.

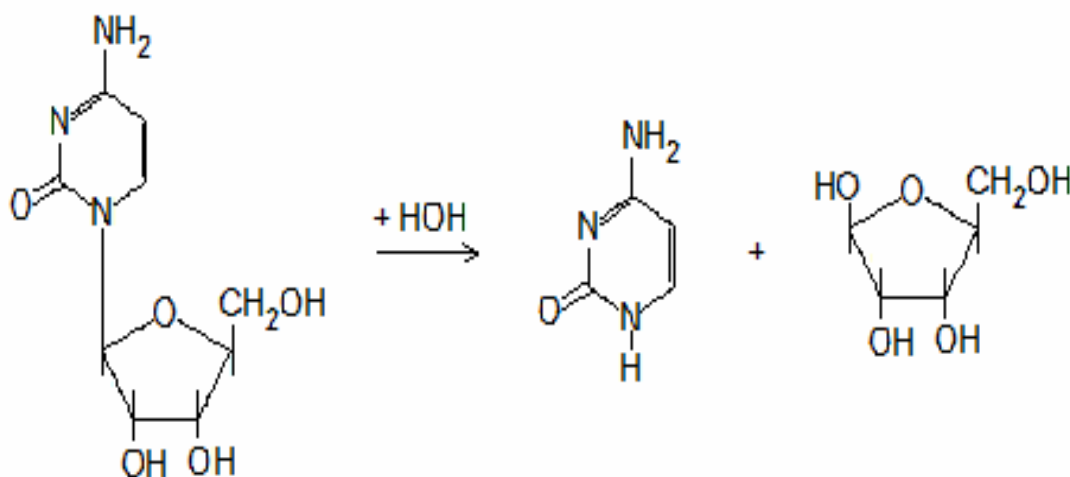
Ответы:

9.1.

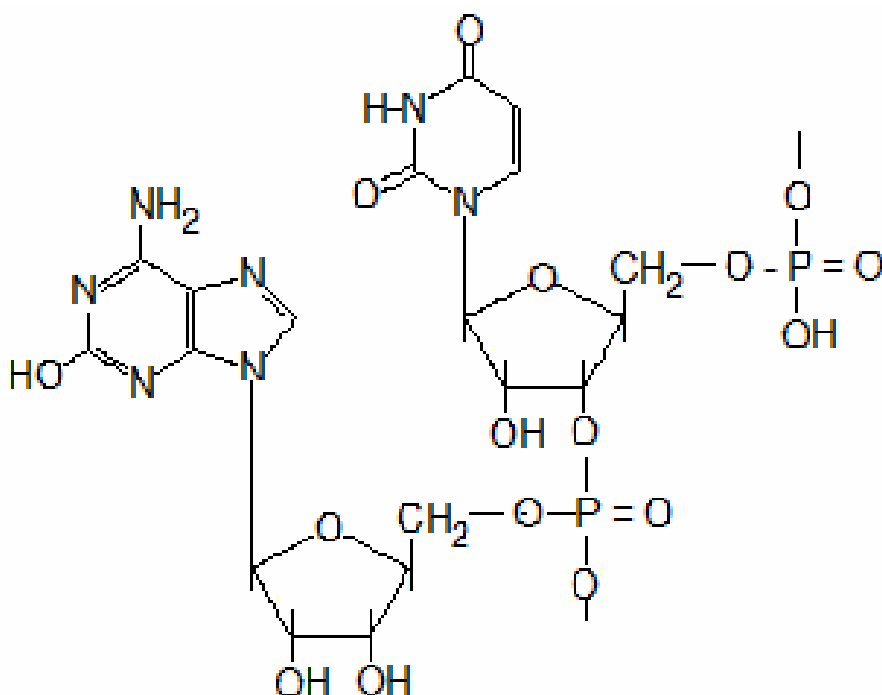


9.2. Мочевая кислота, аденин, гуанин, кофеин, теofilлин, теобромин.

9.3. Написать уравнение реакции гидролиза цитидина.



9.3. Написать строение динуклеотидного участка РНК с последовательностью азотистых оснований У–Г.



### 10. Алгоритм лабораторной работы.

- 10.1. Качественная реакция на аналгин.
- 10.2. Проба Троммера на углеводный компонент
- 10.3. Молибденовая проба на фосфатную кислоту
- 10.4. Качественная реакция на азотистые основания (проба Драгендорфа).

### 11. Методика проведения эксперимента.

#### 10.1. Качественная реакция на аналгин.

В пробирку внести кусочек таблетки аналгина, добавить 1мл воды и 2 капли раствора  $\text{FeCl}_3$ . Наблюдать за сменой окрашивания в течение 5 минут.

#### 11.2. Проба Троммера на углеводный компонент

В пробирку внести 2 капли гидролизата дрожжей, добавить 6 капель раствора  $\text{NaOH}$  и 2 капли раствора  $\text{CuSO}_4$ , нагреть до начала изменения окраса. Написать уравнения реакций, описать внешний эффект.

### 11.3. Молибденовая проба на фосфатную кислоту

В пробирку внести 5 капель гидролизата дрожжей, добавить 5 капель молибденового реактива, кипятить несколько минут. Написать схему реакции, описать внешний эффект, сделать вывод.

### 11.4. Качественная реакция на азотистые основания (проба Драгендорфа).

В пробирку внести 5 капель гидролизата дрожжей, добавить 5 капель реактива Драгендорфа ( $\text{BiI}_3 + \text{KI}$ ). Написать схему реакции, описать внешний эффект, сделать выводы.