

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учреждение образования**

**«Витебский государственный технологический университет»**

**РЕКОМЕНДОВАНО**

Зам. Председателя  
Редакционно-издательского совета

\_\_\_\_\_ В.В. Пятов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый проректор

\_\_\_\_\_ С.И. Малашенков  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009г.

**ХИМИЯ (органическая)**

**Лабораторный практикум**

**для студентов специальностей**

**1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий»,**

**1-50 02 01 «Конструирование и технология изделий из кожи»,**

**1-50 01 01 «Технология пряжи, тканей, трикотажа и нетканых материалов»  
дневной формы обучения.**

**Часть 3.**

**Витебск  
2009**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учреждение образования**

**«Витебский государственный технологический университет»**

**ХИМИЯ (органическая)**

**Лабораторный практикум**

**для студентов специальностей**

**1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий»,**

**1-50 02 01 «Конструирование и технология изделий из кожи»,**

**1-50 01 01 «Технология пряжи, тканей, трикотажа и нетканых материалов»  
дневной формы обучения.**

**Часть 3.**

**Витебск**

**2009**

УДК 678 (07)

ХИМИЯ (органическая): лабораторный практикум для студентов специальностей 1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий», 1-50 02 01 «Конструирование и технология изделий из кожи», 1-50 01 01 «Технология пряжи, тканей, трикотажа и нетканых материалов» дневной формы обучения. Часть 3.

Витебск: Минобразования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2009.

Составители: доцент Минченко Т.В.,  
доцент Солтовец Г.Н.,  
доцент Соколова Т.Н.  
доцент Ясинская Н.Н.

Настоящий лабораторный практикум является практическим руководством для студентов при самоподготовке к лабораторным занятиям по курсу «Органическая химия».

Одобрено на заседании кафедры химии УО «ВГТУ»  
« 31 » августа 2009 г., протокол № 1

Рецензент: ст. преподаватель Дрюкова Г.Н.  
Редактор: доцент Платонов А.П.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ»

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009г., протокол № \_\_\_\_\_

Ответственный за выпуск: Китович Н.В.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет».

Подписано к печати \_\_\_\_\_ Формат \_\_\_\_\_ Уч. - изд лист \_\_\_\_\_  
Печать ризографическая. Тираж \_\_\_\_\_ Заказ \_\_\_\_\_ Цена \_\_\_\_\_

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 г.

210035, Витебск, Московский проспект, 72.

## СОДЕРЖАНИЕ

ЗАНЯТИЕ 9 «Гидроксикислоты» (оксикислоты)	4
Вопросы для самоподготовки	4
Индивидуальные задания для самоконтроля	4
Лабораторная работа № 7	10
ЗАНЯТИЕ 10 «Моносахариды»	12
Вопросы для самоподготовки	12
Индивидуальные задания для самоконтроля	12
Лабораторная работа № 8	16
ЗАНЯТИЕ 11 «Олиго- и полисахариды»	18
Вопросы для самоподготовки	18
Индивидуальные задания для самоконтроля	18
Лабораторная работа № 9	21
ЗАНЯТИЕ 12 «Азотсодержащие соединения жирного ряда»	24
Вопросы для самоподготовки	24
Индивидуальные задания для самоконтроля	25
Лабораторная работа № 10	30
ЗАНЯТИЕ 13 «Ароматические углеводороды и их галоген-, нитро- и сульфопроизводные»	32
Вопросы для самоподготовки	32
Индивидуальные задания для самоконтроля	33
Лабораторная работа № 11	37
ЗАНЯТИЕ 14 «Фенолы. Ароматические: спирты, альдегиды и кетоны, кислоты»	38
Вопросы для самоподготовки	38
Индивидуальные задания для самоконтроля	39
Лабораторная работа № 12	43
ЗАНЯТИЕ 15 «Ароматические амины»	45
Вопросы для самоподготовки	45
Индивидуальные задания для самоконтроля	45
Лабораторная работа № 13	49
ЗАНЯТИЕ 16 «Азо- и диазосоединения»	51
Вопросы для самоподготовки	51
Индивидуальные задания для самоконтроля	51
Лабораторная работа № 14	54
ЗАНЯТИЕ 17 «Многоядерные ароматические соединения»	57
Вопросы для самоподготовки	57
Индивидуальные задания для самоконтроля	57
Лабораторная работа № 15	62
ЗАНЯТИЕ 18 «Гетероциклические соединения»	63
Вопросы для самоподготовки	63

## ЗАНЯТИЕ № 9

### Тема: Гидроксикислоты (оксикислоты)

#### Вопросы для самоподготовки

1. Гидроксикислоты, общая формула. Основность (по числу карбоксильных) и атомность (по числу гидроксильных групп, включая гидроксил карбоксильной группы).
2. Структурная изомерия: а) по строению углеродной цепи; б) по взаимному расположению групп  $-OH$  и  $-COOH$  ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и др).
3. Stereoизомерия или энантиомерия. Понятие об асимметрическом атоме углерода, энантиомерах и диастереомерах. Проекционные формулы Фишера, относительная конфигурация стереоизомеров, D и L-стереические ряды.
4. Номенклатура и физические свойства гидроксикислот. Оптическая активность, понятие об удельном вращении. Оптически деятельные и оптически недеятельные изомеры, мезоформа и рацематы.
5. Способы получения гидроксикислот: а) окисление гликолей; б) гидролиз галогензамещенных карбоновых кислот; в) из альдегидов и кетонов через оксинитрилы (циангидрины); г) гидратация  $\alpha$ - и  $\beta$ - непредельных кислот.
6. Химические свойства: а) реакции по  $-COOH$  (кислотные свойства, взаимодействие со спиртами, с  $PCl_5$ ; б) реакции по  $OH$ - группе (взаимодействие с галогеноводородом, с  $PCl_5$ , с  $Na$ , ацилирование и окисление); в) реакции дегидратации  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - и др. гидроксикислот.
7. Отдельные представители: молочная, яблочная, винные, лимонная кислоты. Применение их в пищевой и текстильной промышленности.

#### Индивидуальные задания для самоконтроля

##### Вариант 1

1. Напишите структурные формулы изомеров с неразветвленной углеродной цепью для гидроксикислоты молекулярной формулы  $C_4H_8O_3$ . Укажите асимметрические атомы и назовите соединения согласно рациональной и заместительной номенклатурам.
2. По какой формуле можно рассчитать число стереоизомеров? Сколько стереоизомеров имеет 2,3-дигидроксипропановая кислота? Изобразите проекционные формулы Фишера стереоизомеров, укажите их конфигурацию.

3. Получите  $\alpha$ -гидроксипропионовую кислоту: а) из гликоля; б) из уксусного альдегида. Напишите уравнения реакций взаимодействия гидроксикислоты с реагентами: а) Na; б) этиловым спиртом ( $H^+$ ).

### Вариант 2

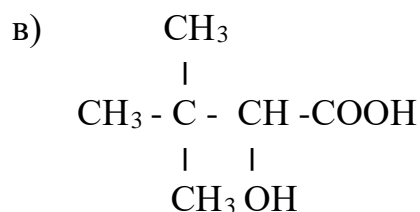
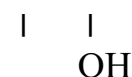
1. Напишите структурные формулы следующих гидроксикислот: а) 3-гидроксипропановая; б) 2-гидрокси-2-метилпропановая; в) 2,3-дигидроксипропановая. Отметьте асимметрические атомы углерода, дайте названия по рациональной номенклатуре.
2. Определите число стереоизомеров и изобразите их проекционными формулами Фишера для гидроксикислот: а) гидроксиянтарная; б) гидроксималоновая. Укажите относительную конфигурацию стереоизомеров.
3. Получите  $\beta$ -масляную кислоту: а) из гликоля; б) из непредельной кислоты. Для  $\beta$ -масляной кислоты напишите уравнения реакций: а) с NaOH; б) с HBr.

### Вариант 3

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: а)  $\alpha$ -гидроксипропионовая кислота; б)  $\beta$ -гидроксимасляная кислота; в) гидроксиянтарная (яблочная) кислота. Отметьте асимметрические атомы углерода, дайте названия по заместительной номенклатуре и укажите основность и атомность этих соединений.
2. Для 2,3,4-тригидробутановой кислоты определите число стереоизомеров, изобразите их проекционные формулы Фишера. Какие из них являются энантиомерами, какие – диастереомерами?
3. Напишите уравнение реакции взаимодействия диметилкетона с циановодородом, а затем полученное вещество, гидролизуйте. Назовите продукт реакции и напишите уравнения реакций взаимодействия его: а) с  $PCl_5$ ; б) с этиловым спиртом ( $H^+$ ).

### Вариант 4

1. Назовите следующие гидроксикислоты по рациональной и заместительной номенклатуре: а)  $CH_3-CH-CH-COOH$       б)  $HOOC-CH-COOH$



Отметьте асимметрические атомы углерода и укажите, сколько стереоизомеров имеет каждое соединение.

2. Какие вещества будут иметь антиподы (энантиомеры): а) 2-гидрокси-2-метилпропановая кислота; б) 2-гидроксибутановая кислота. Изобразите их проекционные формулы Фишера и определите относительную конфигурацию.
3. Напишите уравнения реакций получения: а)  $\alpha$ -гидроксимасляной кислоты; б)  $\beta$ -гидроксимасляной кислоты (любым из способов). Укажите: а) у какой из них кислотные свойства выражены сильнее; б) какие продукты образуются при действии  $\text{KMnO}_4$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

#### Вариант 5

1. Напишите структурные формулы гидроксикислот, содержащих по 4 атома углерода: а) одноосновная двухатомная; б) двухосновная трехатомная; в) одноосновная трехатомная. Отметьте асимметрические атомы углерода и назовите соединения согласно рациональной и заместительной номенклатурам.
2. Для 2-гидрокси-3-хлорбутандиовой кислоты определите число стереоизомеров, изобразите их проекционные формулы Фишера и укажите, какие из них являются энантиомерами, какие – диастереомерами?
3. Напишите уравнения реакций гидролиза в щелочной среде следующих соединений: а) бромбутандиовая кислота; б)  $\gamma$ -хлормасляная кислота. Напишите схемы реакций, происходящих при нагревании полученных гидроксикислот.

#### Вариант 6

1. Напишите структурные формулы гидроксикислот: а) 2,5-дигидрокси-пентановая; б) 4-гидроксибутановая; в) 2,3-дигидроксибутандиовая. Отметьте асимметрические атомы углерода и укажите, сколько стереоизомеров имеет каждая из них?
2. Для 2,4-дигидрокси-пентановой кислоты изобразите проекционные формулы Фишера стереоизомеров. Укажите, есть ли среди них оптически недействительные изомеры (мезоформа)?
3. Напишите уравнения реакций превращения этилена в гидроксикислоту, назовите её. Напишите уравнения взаимодействия полученной гидроксикислоты: а) с этиловым спиртом ( $\text{H}^+$ ); б) с уксусной кислотой.

#### Вариант 7

1. Составьте структурные формулы трех изомеров, содержащих один третичный атом углерода, для гидроксикислоты с молекулярной формулой

- $C_5H_{10}O_3$ . Назовите их согласно рациональной и заместительной номенклатурам.
- Сколько стереоизомеров имеют следующие соединения:
    - $CH_3-CH(OH)-CH(OH)-COOH$
    - $CH_2(OH)-CH_2-CH(OH)-COOH$
    - $HOOC-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-COOH$Существуют ли среди них оптически недеятельные изомеры?
  - Напишите уравнения реакций получения 2-гидроксипентановой кислоты:
    - гидролизом галогензамещенной кислоты; б) из альдегида.Напишите уравнения реакций, как полученная гидроксикислота реагирует: а) с  $KMnO_4$  ( $H_2O$ ); б) разлагается при нагревании?

### Вариант 8

- Напишите структурные формулы следующих гидроксикислот:
  - 3-гидроксибутановая; б) гидроксипропандиовая; в) 3,4-дигидроксибутановая. Отметьте асимметрические атомы углерода и укажите основность и атомность гидроксикислот.
- Укажите, какие из следующих соединений могут иметь стереоизомеры оптически недеятельные (мезоформу):
  - $HOOC-CH(OH)-CH(OH)-CH_3$
  - $HOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOH$
  - $HOOC-CH(OH)-CH_2-CH_2-CH(OH)-COOH$Изобразите проекционные формулы Фишера оптически недеятельных изомеров.
- Из метилэтилкетона получите гидроксикислоту, назовите её и напишите уравнения реакций: а) с  $HBr$ ; б) с  $NaOH$ .

### Вариант 9

- Напишите структурные формулы изомеров дигидроксимасляной кислоты с неразветвленной цепью атомов углерода. Назовите их согласно рациональной и заместительной номенклатурам; отметьте асимметрические атомы углерода.
- Дайте определение понятия «рацемат». Изобразите проекционные формулы Фишера стереоизомеров, образующих рацематы для 2,3,4-тригидроксивалериановой кислоты.
- Напишите уравнения реакций получения  $\beta$ -гидроксиизовалериановой кислоты: а) из галогензамещенной кислоты; б) из непредельной кислоты.  
Напишите уравнения реакций взаимодействия полученной кислоты:
  - с  $PCl_5$ ; б) с  $C_2H_5OH$  ( $H^+$ ).



## Вариант 10

1. Назовите следующие гидроксикислоты по рациональной и заместительной номенклатурам:
  - а)  $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH(OH)-COOH}$
  - б)  $\text{HO-CH}_2\text{-COOH}$
  - в)  $\text{HOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOH}$Отметьте асимметрические атомы углерода и укажите число стереоизомеров для каждого из них.
2. Почему некоторые стереоизомеры не обладают оптической активностью? Для соединения 2,3-дигидроксибутандиовой кислоты напишите проекционные формулы Фишера стереоизомеров и укажите, какие из них будут оптически деятельные, а какие – оптически недеятельные?
3. Какие оксосоединения надо взять, чтобы получить:
  - а) 2-гидроксибутановую кислоту;
  - б) 2-гидрокси-2-метилбутановую кислоту.Осуществите превращения:

2-хлор-2-метилбутановая кислота

2-гидрокси-2-метилбутановая кислота  

2-гидрокси-2-метилбутанат Na

## Вариант 11

1. Напишите структурные формулы гидроксикислот и назовите их по заместительной номенклатуре: а)  $\alpha,\beta$ -дигидроксипропионовая; б)  $\beta$ -гидрокси-масляная; в) гидроксиянтарная. Отметьте асимметрические атомы углерода и укажите основность и атомность этих соединений.
2. Для 2,4-дигидрокси-1,5-пентандиовой кислоты напишите проекционные формулы Фишера стереоизомеров. Укажите, какие из них являются энантиомерами, диастереомерами? Есть ли среди них мезоформа?
3. Осуществите следующие превращения:

	сп.р. NaOH		KMnO <sub>4</sub> (H <sub>2</sub> O)	
2-хлорбутановая	→	А	→	Б

Назовите все продукты реакций. Для продукта Б напишите уравнения реакций: а) с HBr; б) CH<sub>3</sub>OH (H<sup>+</sup>).

## Вариант 12

1. Напишите структурные формулы гидроксикислот: а) 2-гидрокси-2-метилпропановая; б) 3,4-дигидроксибутановая; в) гидроксипропандиовая. Назовите гидроксикислоты по рациональной номенклатуре, отметьте асимметрический атом углерода.
2. Какие вещества называют оптическими антиподами (энантиомерами)? Напишите проекционные формулы Фишера энантиомеров для 2,4-дигидрокси-пентановой кислоты. Укажите различие в их свойствах.

3. Напишите уравнение реакции муравьиного альдегида с циановодородом, а затем осуществите кислотный гидролиз. Назовите конечный продукт реакции и укажите, какие соединения образуются: а) при его нагревании; б) при взаимодействии с NaOH? Напишите уравнения реакций.

### Вариант 13

1. Напишите структурные формулы гидроксикислот, содержащих по 5 атомов углерода:
- одноосновная двухатомная;
  - двухосновная трехатомная;
  - одноосновная четырехатомная.

Назовите их согласно рациональной и заместительной номенклатурам. Отметьте асимметрические атомы углерода.

2. Напишите проекционные формулы Фишера стереоизомеров для 2-гидрокси-3-бром-бутандиовой и 2,3-дигидроксипропановой кислот и объясните, почему первая имеет 4 оптически активных изомера, а вторая – только 2.
3. Напишите уравнения реакций получения 2,3-дигидроксипропановой кислоты: а) из гликоля; б) из галогензамещенной кислоты. Как полученная гидроксикислота будет реагировать: а) с HBr; б) PCl<sub>5</sub>?

### Вариант 14

1. Назовите следующие гидроксикислоты по рациональной и заместительной номенклатурам:
- CH<sub>3</sub>-CH(OH)-CH(OH)-COOH
  - HOOC-CH<sub>2</sub>-CH(OH)-CH<sub>2</sub>-COOH
  - H<sub>3</sub>C-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH(OH)-COOH.
- Отметьте асимметрические атомы углерода, укажите основность и атомность гидроксикислот.
2. Сколько оптических изомеров имеют: а) 2-гидроксипропановая кислота; б) 2,4-дигидроксипентановая кислота. Напишите их проекционные формулы и укажите, какие из них являются энантиомерами, а какие — диастереомерами?
3. Напишите уравнения реакций получения α-гидроксиизомасляной кислоты из: а) оксосоединения; б) галогензамещенной кислоты. Напишите уравнения реакций: а) с Na; б) с NaOH. Укажите, как влияют различные заместители на кислотные свойства карбоксильной группы.

## Лабораторная работа № 7

### Реакционная способность гидроксикислот

#### Опыт 1. *Разложение молочной кислоты концентрированной серной кислотой*

Молочная кислота ( $\alpha$ -оксипропионовая кислота), как и все  $\alpha$ -оксикислоты, под влиянием концентрированной серной кислоты отщепляет муравьиную кислоту, которая немедленно разлагается с выделением воды и оксида углерода (II). Оксид углерода (II) (CO) можно обнаружить по горению голубым пламенем.

В сухую пробирку налейте 1 мл молочной кислоты и 1 мл концентрированной серной кислоты и нагрейте над пламенем спиртовки. Отметьте, что происходит с жидкостью? Подожгите выделяющийся газ, поднеся горящую спичку к отверстию пробирки.

Вопросы.

1. Напишите схему реакции разложения молочной кислоты под действием концентрированной серной кислоты с образованием уксусного альдегида и муравьиной кислоты. Учтите, что в условиях опыта муравьиная кислота разлагается с выделением воды и CO.
2. Можно ли использовать эту реакцию для обнаружения  $\alpha$ -гидроксикислот?

#### Опыт 2. *Окисление молочной кислоты раствором $KMnO_4$*

В пробирку налейте 2 мл молочной кислоты, нейтрализуйте (по лакмусу) 10% раствором  $Na_2CO_3$  и добавьте 1 мл 5% раствора  $KMnO_4$ . Содержимое пробирки встряхните и нагрейте до кипения на спиртовке. Отметьте, что происходит с окраской раствора  $KMnO_4$ , объясните наблюдаемые явления.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции взаимодействия молочной кислоты с  $Na_2CO_3$ .
2. Сравните кислотные свойства молочной и угольной кислот.
3. Напишите схему реакции окисления натриевой соли молочной кислоты (лактата натрия) раствором  $KMnO_4$ .

#### Опыт 3. *Доказательство наличия двух карбоксильных групп в винной кислоте*

В пробирку налейте 1 мл 15% раствора винной кислоты и 2 мл 2,8% раствора KOH. Содержимое пробирки хорошо встряхните. Постепенно выделяется белый осадок гидротартрата калия (кислая соль). Затем добавьте в пробирку

ещё раствор КОН или NaOH (2% раствор) до растворения осадка. Образуется средняя соль винной кислоты – тартрат калия или двойная соль калия и натрия, так называемая сегнетова соль.

Раствор сохраните для опыта 4.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции неполной нейтрализации винной кислоты раствором гидроксида калия.
2. Напишите схему реакции образования тартрата калия.
3. Наличие каких структурных фрагментов подтверждается образованием двух солей винной кислоты? Каким физическим свойством они различаются?

#### Опыт 4. *Доказательство наличия гидроксильных групп в винной кислоте*

В пробирку налейте 1 мл 2% раствора сульфата меди ( $\text{CuSO}_4$ ) и 1 мл 10% раствора гидроксида натрия (NaOH). К выпавшему голубому осадку ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ) добавьте раствор тартрата калия-натрия, полученный в предыдущем опыте. Осадок гидроксида меди (II) растворяется. Полученный раствор имеет синюю окраску. Он носит название – реактив Фелинга – и используется для обнаружения альдегидной группы в соединениях.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции получения гидроксида меди (II), отметьте внешний признак реакции.
2. Наличие какого структурного фрагмента обуславливает взаимодействие тартрата калия-натрия с гидроксидом меди (II)? Напишите соответствующую схему реакции.

#### Техника безопасности

1. Опыт 1 требует осторожности в выполнении, т.к. используется концентрированная  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
2. Опыт 2 безопасен в выполнении.
3. Опыты 3,4 требуют осторожного обращения со щелочью. В случае попадания её на руки или одежду необходимо обильно смыть водой.

## ЗАНЯТИЕ 10

### Тема: Моносахариды

#### Вопросы для самоподготовки

1. Классификация углеводов и строение. Роль углеводов в биологических процессах и легкой промышленности.
2. Моносахариды (монозы). Альдозы и кетозы. Номенклатура.
3. Stereoisomerism цепных форм. Проекционные формулы Фишера. Конфигурация моноз, D- и L- стереохимические ряды.
4. Циклические (полуацетальные) формы (пиранозные, фуранозные, аномерные  $\alpha$ - и  $\beta$ - формы). Таутомерия. Формулы Колли-Толленса и перспективные формулы Хеурса. Конформация молекул моносахаридов. Мутаротация.
5. Физические и химические свойства.
  - а) Реакции по карбонильной группе (восстановление, окисление, превращения под действием щелочей);
  - б) Реакции гидроксильных групп (образование простых и сложных эфиров, гликозидов, гидролиз гликозидов, дегидратация);
  - в) брожение сахаров (спиртовое, молочнокислое, маслянокислое).
6. Важнейшие представители моносахаридов (рибоза, ксилоза, глюкоза, манноза, галактоза, фруктоза).

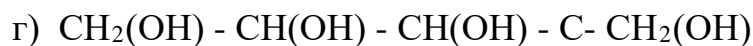
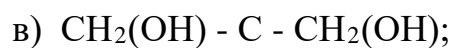
#### Индивидуальные задания для самоконтроля

##### Вариант 1

1. Сколько стереоизомеров имеют альдотетрозы? Приведите проекционные формулы и определите их принадлежность к D- или L- стереохимическим рядам.
2. При помощи формул Колли-Толленса и перспективных формул Хеурса изобразите фуранозные циклы D-глюкозы и назовите их.
3. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно доказать наличие в молекуле D-галактозы альдегидной группы и спиртовых гидроксильных?

##### Вариант 2

1. Дайте определение моносахаридам. Какие из следующих соединений являются монозами:
  - а)  $\text{CH}_2(\text{OH}) - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CHO}$ ;
  - б)  $\text{CH}_2(\text{OH}) - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CHO}$ ;



Определите число асимметрических атомов углерода и число стереоизомеров у моносахаридов.

2. При помощи формул Колли-Толленса и перспективных формул Хеуорса изобразите пиранозные циклы D-маннозы и назовите их.
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия D-глюкозы: а) с реактивом Фелинга; б) с этиловым спиртом в присутствии концентрированной соляной кислоты. Назовите продукты реакций.

### Вариант 3

1. Сколько стереоизомеров имеют кетопентозы? Приведите их проекционные формулы и укажите, какие из них являются энантиомерами, а какие – диастереомерами?
2. Какой атом углерода называют аномерным? Покажите, как осуществить переход от формул Колли-Толленса к формулам Хеуорса для  $\alpha$ -D-глюкопиранозы и  $\beta$ -D-глюкофуранозы?
3. Напишите уравнения реакций D-маннозы со следующими веществами: а) избытком  $\text{CH}_3\text{J}$  в щелочной среде; б) с  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ . Назовите образующиеся вещества.

### Вариант 4

1. Сколько стереоизомеров имеют альдопентозы? Напишите их проекционные формулы и определите принадлежность к D- или L-стереическим рядам.
2. Используя формулы Колли-Толленса изобразите схемы таутомерных превращений L-глюкозы в водном растворе. Назовите все формы и выделите полуацетальный гидроксил.
3. Напишите уравнения реакций восстановления D-галактозы и D-фруктозы. Объясните, почему при восстановлении D-галактозы образуется один шестиатомный спирт, а при восстановлении D-фруктозы – два шестиатомных спирта?

### Вариант 5

1. Сколько асимметрических атомов углерода имеют кетотетразы? Изобразите проекционные формулы Фишера их стереоизомеров и укажите, имеются ли среди них диастереомеры?
2. При помощи проекционных формул Хеуорса изобразите  $\alpha$ - и  $\beta$ -аномеры следующих моносахаридов: D-галактопиранозы и L-галактопиранозы.

3. Напишите уравнения реакций D-маннозы со следующими веществами:
  - а) с ангидридом уксусной кислоты (избыток); б) с метиловым спиртом в присутствии концентрированной HCl.

#### Вариант 6

1. Какие стереоизомеры называются энантиомерами? Изобразите проекционные формулы энантиомеров для маннозы. Определите их принадлежность к D- или L-стереическим рядам.
2. При помощи формул Колли-Толленса и перспективных формул Хеуорса изобразите пиранозные циклы D-глюкозы и назовите их.
3. Напишите схемы эпимеризации D-глюкозы. Напишите структурную формулу енольной формы.

#### Вариант 7

1. Изобразите структурные формулы альдогексозы и кетогексозы. Укажите, сколько асимметрических атомов углерода они имеют? Как определить число стереоизомеров у этих моносахаридов?
2. При помощи формул Колли-Толленса и перспективных формул Хеуорса изобразите  $\alpha$ - и  $\beta$ -аномеры для D-глюкофуранозы. Выделите полуацетальный гидроксил.
3. Напишите уравнения реакций L-галактозы со следующими веществами:
  - а) с аммиачным раствором оксида серебра  $[Ag(NH_3)_2]OH$ ; б) с  $C_2H_5I$  в щелочной среде. Назовите образующиеся вещества.

#### Вариант 8

1. Изобразите проекционные формулы D-глюкозы и L-маннозы. Выделите фрагмент молекулы, по которому определяется принадлежность стереоизомера к D- или L- стереическому ряду.
2. Используя формулы Колли-Толленса и перспективные формулы Хеуорса изобразите следующие моносахариды:
  - а)  $\alpha$ - D-галактофураноза;
  - б)  $\alpha$ - L-галактопираноза.
3. Напишите уравнения реакций получения из D-фруктозы:
  - а) шестиатомного спирта;
  - б) гликозида.

#### Вариант 9

1. Какие из следующих соединений относятся к моносахаридам:
  - а)  $H_2C(OH)-CH(OH)-CHO$ ;
  - б)  $CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2-CHO$ ;
  - в)  $CH_2(OH)-CH(OH)-CH(OH)-CHO$ ;
  - г)  $CH_2(OH)-CH(OH)-C-CH_2(OH)$ .



- Назовите моносахариды по заместительной номенклатуре и укажите число стереоизомеров у каждого из них.
- Какой процесс называется мутаротацией? Используя формулы Колли-Толленса изобразите схемы таутомерных превращений D-фруктозы в водном растворе. Назовите все формы.
  - Напишите уравнения реакций окисления D-глюкозы в мягких и жестких условиях. Как называются продукты окисления?

#### Вариант 10

- Напишите формулы альдотетрозы, альдопентозы и альдогексозы. Укажите, сколько асимметрических атомов углерода они имеют, и как определить число стереоизомеров у этих групп моноз?
- Используя формулы Колли-Толленса и перспективные формулы Хеуорса изобразите следующие соединения: а)  $\alpha$ -D-маннофураноза; б)  $\beta$ -L-маннопираноза.
- Напишите уравнения реакций получения глюконата кальция из D-глюкозы.

#### Вариант 11

- Изобразите проекционные формулы D-маннозы и L-глюкозы. Выделите фрагмент молекулы, по которому определяется принадлежность стереоизомера к D- или L-стереическому ряду.
- Используя формулы Колли-Толленса и перспективные формулы Хеуорса изобразите схемы таутомерных превращений L-галактозы в  $\alpha$ - и  $\beta$ -пиранозные таутомерные формы.
- Напишите уравнения реакций D-галактозы: а) с избытком  $\text{CH}_3\text{I}$  в щелочной среде; б) окисления в жестких условиях.

#### Вариант 12

- Укажите, к какому классу по числу атомов углерода и по положению карбонильной группы относятся следующие монозы:
  - $\text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH(OH)-CHO}$
  - $\text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-CHO}$
  - $\text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-C-CH}_2\text{OH}$
  - $$\begin{array}{c} \text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-C-CH}_2\text{OH} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$$
- При помощи формул Колли-Толленса и перспективных формул Хеуорса изобразите схемы таутомерных превращений D-фруктозы в  $\alpha$ -D-фруктопиранозу и  $\beta$ -D-фруктофуранозу.



2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно доказать наличие полуацетального гидроксила и спиртовых гидроксильных групп в молекуле D-глюкозы.

### Вариант 13

1. Напишите формулу кетогексозы. Отметьте асимметрические атомы углерода и укажите число стереоизомеров. Приведите пару стереоизомеров, которые являются диастереомерами.
2. Изобразите фуранозные и пиранозные циклы D-фруктозы при помощи формул Колли-Толленса и перспективных формул Хеуорса. Назовите их.
3. Напишите уравнения реакций для D-галактозы: а) окисления в мягких условиях; б) с  $C_2H_5OH$  ( $H^+$ ). Назовите образующиеся вещества.

### Вариант 14

1. Изобразите проекционные формулы альдотетрозы, альдопентозы и альдогексозы. Есть ли среди них оптически недеятельные стереоизомеры в следствии внутримолекулярной компенсации? Ответ поясните.
1. Используя формулы Колли-Толленса и перспективные формулы Хеуорса изобразите для L- галактозы  $\alpha$ - и  $\beta$ - фуранозные аномеры.
2. Напишите уравнения реакций D-маннозы: а) с уксусным ангидридом (избыток); б) с  $Cu(OH)_2$ .

## Лабораторная работа № 8

### Реакционная способность моносахаридов

#### Опыт 1. Доказательство наличия гидроксильных групп у глюкозы

В пробирку налейте 1 мл 0,5% раствора глюкозы, 3 мл 10% раствора NaOH и 0,5 мл 2% раствора  $CuSO_4$ . Образующийся вначале голубой осадок  $Cu(OH)_2$  растворяется и образуется прозрачный синий раствор.

Полученный раствор сохраните для следующего опыта.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции получения гидроксида меди (II), отметьте окраску осадка.
2. Какой структурный фрагмент в молекуле глюкозы обуславливает ее участие в растворении осадка?

3. Напишите схему реакции образования комплексной соли иона меди (II) с диольным фрагментом глюкозы.

### Опыт 2. *Восстановление гидроксида меди (II) глюкозой в присутствии щелочи (проба Троммера)*

К полученному в предыдущем опыте щелочному синему раствору сахара меди добавьте 1 мл воды. Нагрейте раствор над пламенем спиртовки, держа пробирку наклонно так, чтобы нагрелась только верхняя часть раствора, а нижняя осталась для контроля без нагревания. Нагревайте только до начала кипения (не кипятите!). Синяя окраска раствора в верхней части изменяется на оранжевую.

Эта реакция называется пробой Троммера и используется для обнаружения глюкозы в биологических жидкостях.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции окисления глюкозы гидроксидом меди (II).
2. Чем объясняется наличие восстановительных свойств у глюкозы?
3. Объясните причину последовательного изменения окраски верхнего слоя жидкости в пробирке.

### Опыт 3. *Открытие глюкозы со щелочным раствором глицерата меди (реактив Гайнеса)*

В пробирку налейте 1 мл 2% раствора  $\text{CuSO}_4$  и 2 мл 10% раствора  $\text{NaOH}$ . К образовавшемуся голубому осадку добавьте 1 мл глицерина и перемешайте. Голубой осадок растворяется, образуется синий раствор глицерата меди (II) – это реактив Гайнеса.

К полученному раствору прилейте 1 мл 0,5% раствора глюкозы и 1 мл воды. Тщательно перемешайте раствор, нагрейте до кипения только верхнюю часть раствора, держа пробирку наклонно (нижняя часть должна оставаться холодной для контроля).

Эта реакция используется для обнаружения глюкозы. Преимущество её состоит в том, что определение происходит быстрее, чем при пробе Троммера.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции получения глицерата меди (II).
2. Напишите схему реакции взаимодействия глицерата меди (II) с глюкозой.

## Техника безопасности

1. Опыты 1,2,3 безопасны. При нагревании пробирку держать наклонно, чтобы раствор не выбросило.

## ЗАНЯТИЕ 11

### Тема: Олиго- и полисахариды

#### Вопросы для самоподготовки

1. Сложные сахара. Классификация сложных сахаров.
2. Олигосахариды. Дисахариды. Строение мальтозы, лактозы, целлобиозы и сахарозы. Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды.
3. Химические свойства, характерные для всех олигосахаридов: реакции алкилирования, ацилирования и кислотного гидролиза. Явление инверсии, инвертный сахар.
4. Полисахариды. Крахмал: смесь амилозы и амилопектина, их строение и свойства.
5. Целлюлоза (клетчатка). Строение, химические свойства: гидролиз, образование простых и сложных эфиров.
6. Применение ацетатов, ксантогената и нитратов целлюлозы для получения искусственного волокна, лаков, пленок и пластмасс.

#### Индивидуальные задания для самоконтроля

##### Вариант 1

1. Из двух остатков  $\alpha$ - D-глюкопиранозы изобразите образование невосстанавливающего дисахарида. Как называется возникающая связь?
2. На целлюлозу подействуйте избытком уксусного ангидрида. Составьте схему реакции и укажите, где применяется продукт реакции?

##### Вариант 2

1. Какие дисахариды относят к восстанавливающим? Приведите схему образования восстанавливающего дисахарида из D-маннозы.
2. Приведите схему гидролиза целлюлозы. Назовите промежуточный и конечный продукты реакции.

### Вариант 3

1. Приведите схему образования мальтозы. Объясните способность мальтозы к мутаротации.
2. Изобразите перспективными формулами фрагменты амилозы и амилопектина. Какие типы гликозидных связей встречаются в этих молекулах.

### Вариант 4

1. Приведите схему образования целлобиозы. К каким дисахаридам относится целлобиоза? Как называется связь, возникающая между остатками моносахаридов?
2. Напишите уравнение реакции гидролиза сахарозы. Почему гидролиз сахарозы называют инверсией?

### Вариант 5

1. Из двух остатков  $\alpha$ -D-глюкопиранозы изобразите образование восстанавливающего дисахарида. Как называется возникающая связь? Назовите дисахарид.
2. Напишите уравнения реакций получения моно-, ди- и тринитратов целлюлозы. Укажите, как их применяют?

### Вариант 6

1. Из остатков  $\alpha$ -D-галактопиранозы и  $\alpha$ -D-глюкопиранозы изобразите образование лактозы, если известно, что в молекуле дисахарида альдегидная группа находится в остатке глюкозы.
2. Целлюлозу обрабатывают гидроксидом натрия, а затем на полученный продукт действуют сероуглеродом. Напишите уравнения реакций, назовите конечный продукт реакции и укажите его применение.

### Вариант 7

1. Приведите схему образования сахарозы. Как называется связь, возникающая между остатками моносахаридов?
2. На мальтозу подействовали метанолом в присутствии сухого HCl. Напишите уравнение реакции и назовите образующиеся продукты.

### Вариант 8

1. Какие дисахариды относят к невосстанавливающим? Из двух остатков  $\alpha$ -D-маннопиранозы с помощью перспективных формул Хеуорса изобразите невосстанавливающий дисахарид.

2. Напишите уравнение реакции гидролиза ксантогената целлюлозы с образованием вискозного шелка. Укажите, в чем отличие вискозного волокна от целлюлозы.

#### Вариант 9

1. Что является основным структурным элементом целлюлозы? Изобразите перспективными формулами Хеуорса дисахаридный фрагмент целлюлозы и назовите вид возникающей связи.
2. Напишите уравнение реакции, с помощью которой можно отличить мальтозу от сахарозы.

#### Вариант 10

1. С помощью перспективных формул Хеуорса изобразите схему образования целлобиозы и объясните способность её к мутаротации.
2. Напишите уравнения реакций взаимодействия метилмальтозида с уксусным ангидридом с последующим гидролизом образующегося продукта. Назовите конечный продукт.

#### Вариант 11

1. Из остатков  $\alpha$ -D-глюкопиранозы и  $\beta$ -D-фруктофуранозы изобразите перспективную формулу дисахарида с 1-2 гликозидной связью. Как называется дисахарид?
2. Для целлюлозы напишите уравнения реакций взаимодействия: а) с хлорангидридом уксусной кислоты; б) с иодистым этилом. Назовите продукты реакций.

#### Вариант 12

1. Из двух молекул D-маннозы изобразите схему образования восстанавливающего дисахарида. Как называется возникающая связь?
2. Используя перспективные формулы Хеуорса, изобразите схему гидролиза целлюлозы. Напишите уравнение реакции, с помощью которой можно обнаружить конечный продукт гидролиза?

#### Вариант 13

1. Какие связи называются гликозидными? Изобразите схемы образования 1-1 и 1-4 гликозидных связей между двумя молекулами галактозы.
2. Напишите уравнения реакций гидролиза крахмала. Назовите конечный продукт гидролиза и напишите уравнение реакции взаимодействия его с аммиачным раствором серебра.

## Вариант 14

1. Изобразите схему образования целлобиозы. Назовите исходные формы моносахаридов и объясните способность целлобиозы к мутаротации.
2. Напишите уравнения гидролиза амилозы. Какой дисахарид образуется при частичном гидролизе полисахарида. Дайте ему название и назовите конечный продукт реакции.

### Лабораторная работа № 9

#### Реакционная способность ди- и полисахаридов

##### Опыт 1. *Доказательство наличия гидроксильных групп у сахарозы и мальтозы*

В первую пробирку налейте 1 мл 1% раствора сахарозы, а во вторую – 1 мл 1% раствора мальтозы. Затем в каждую пробирку добавьте по 3 мл 10% раствора NaOH и по 0,5 мл 2% раствора CuSO<sub>4</sub>. Вместо ожидаемого осадка гидроксида меди (II) Cu(OH)<sub>2</sub>, образуются сахараты меди светло-синего цвета. Растворы сохраните для следующего опыта.

В присутствии сахарозы и мальтозы, так же как и в присутствии глюкозы и других веществ, содержащих несколько гидроксильных групп, образующийся гидроксид меди (II) растворяется, образуя раствор комплексного соединения (сахарата) синего цвета.

Вопросы:

1. Приведите строение дисахаридов сахарозы и мальтозы.
2. Выделите диольный фрагмент в молекулах дисахаридов. Напишите схему реакции образования комплексной соли иона меди (II) с диольным фрагментом.

##### Опыт 2. *Испытание сахарозы и мальтозы на восстановительную способность*

Растворы сахаратов меди, полученные в опыте 1, осторожно нагрейте над пламенем спиртовки так, чтобы грелась только верхняя часть раствора, а нижняя оставалась холодной для контроля. Нагревание продолжается только до начала кипения. Сравните внешние признаки результатов опыта.

Вопросы:

1. Приведите строение сахарозы. Какую конфигурацию имеют аномерные атомы углерода в остатках D-фруктозы и D-глюкозы, входящих в состав молекулы сахарозы?
2. Объясните, почему сахароза не способна к цикло-оксо-таутомерии.
3. Объясните причину отсутствия восстановительных свойств у молекулы сахарозы.
4. Будет ли мутаротировать свежеприготовленный раствор сахарозы?
5. Приведите строение мальтозы. Какую конфигурацию имеет аномерный атом углерода в остатке D-глюкопиранозы?
6. Какой из моносахаридных остатков в молекуле мальтозы способен к цикло-оксо-таутомерии.
7. Объясните причину наличия восстановительных свойств у молекулы мальтозы.

### Опыт 3. *Качественная реакция на крахмал*

В пробирку налейте 1 мл 0,5% крахмального клейстера и добавьте 1 каплю сильно разбавленного раствора йода. Смесь в пробирке приобретает синюю окраску (йодкрахмальная реакция). Нагрейте пробирку, при этом происходит обесцвечивание её содержимого. При охлаждении пробирки (под струёй воды) окрашивание появляется вновь.

Вопросы:

1. Какой дисахарид является структурным фрагментом амилозы? Какой вид связи осуществляется в этом дисахариде между моносахаридными остатками?
2. Какую конформацию имеет цепь амилозы?
3. Какова причина появления синей окраски раствора амилозы при добавлении йода?

### Опыт 4. *Отсутствие восстановительной способности у крахмала*

Поместите в пробирку 1 мл 0,5% раствора крахмального клейстера, добавьте 2 мл 10% раствора NaOH и 1 мл 2% раствора CuSO<sub>4</sub>. При перемешивании выпадает голубой осадок Cu(OH)<sub>2</sub>. Нагрейте содержимое пробирки.

При нагревании может наблюдаться почернение осадка, т.к. идет термическое разложение гидроксида меди (II) с образованием воды и оксида меди (II) CuO черного цвета.

При наличии восстанавливающей способности у углеводов появляется желтовато-красное окрашивание. Гидроксид меди (II) Cu(OH)<sub>2</sub> восстанавливается до гидроксида меди (I) CuOH, который претерпевает термическое разложение с образованием воды и оксида меди (I) Cu<sub>2</sub>O оранжевого цвета.

Вопросы:

1. Как объяснить отсутствие восстанавливающей способности у крахмала? Приведите фрагмент строения молекулы крахмала.
2. Напишите схемы реакций термического разложения  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  и  $\text{CuOH}$ . Отметьте внешние признаки этих реакций.

### Опыт 5. *Кислотный гидролиз крахмала*

В пробирку поместите 1 мл 0,5% раствора крахмального клейстера, добавьте 2 мл 10% раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и поместите пробирку в кипящую водяную баню на 20 мин.

Мутный раствор крахмального клейстера становится прозрачным.

Пипеткой нанесите 1 каплю гидролизата на предметное стекло и добавьте 1 каплю разбавленного раствора йода в йодиде калия. Для получения такого раствора 1 каплю раствора  $\text{J}_2$  в  $\text{KJ}$  поместите в отдельную пробирку и залейте доверху водой, чтобы получился светло-желтый раствор.

Если проба не даёт положительной йодокрахмальной реакции – отсутствует синее окрашивание, то добавьте к продукту гидролиза 4 мл 10% раствора  $\text{NaOH}$  для нейтрализации кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) и создания щелочной среды. Затем добавьте 1 мл 2% раствора  $\text{CuSO}_4$ . Нагрейте верхнюю часть раствора в пробирке, отметьте появление желто-красной окраски. Это положительная проба Троммера.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции гидролиза мальтозы, являющейся дисахаридным фрагментом крахмала. В какой среде происходит эта реакция?
2. О каких изменениях во вторичной структуре крахмала свидетельствует отсутствие синего окрашивания при добавлении йода?
3. Почему по положительной пробе Троммера можно судить о полноте гидролиза крахмала?

### Техника безопасности

1. Опыты 1-5 требуют осторожного нагревания. Пробирку надо держать наклонно, все время встряхивать, чтобы раствор не выбросило.



## ЗАНЯТИЕ 12

### Тема: Азотсодержащие соединения жирного ряда

#### Вопросы для самоподготовки

1. Нитросоединения. Общая формула. Строение нитрогруппы. Семиполярная связь в нитрогруппе. Изомерия и номенклатура.
2. Способы получения нитросоединений: нитрование углеводов разбавленной азотной кислотой (реакция Коновалова) или оксидами азота при нагревании в жидкой или паровой фазе; обменной реакцией между галогенпроизводными и нитритом серебра.
3. Физические и химические свойства нитросоединений. Восстановление нитросоединений, действие щелочей на первичные и вторичные нитросоединения. Таутомерия нитросоединений.
4. Важнейшие представители нитросоединений и их применение.
5. Амины. Строение, изомерия и номенклатура первичных, вторичных и третичных аминов. Понятие о диаминах.
6. Способы получения аминов: восстановление нитросоединений; восстановление нитрилов; алкилирование аммиака по Гофману.
7. Физические и химические свойства аминов. Основность аминов. Образование солей, реакция алкилирования, ацилирование, реакции с азотистой кислотой. Поликонденсация диаминов.
8. Важнейшие представители и их применение.
9. Аминокислоты. Классификация и номенклатура.
10. Способы получения аминокислот: гидролиз белка; действие аммиака на галогензамещённые кислоты (реакция Э.Фишера); действие цианида аммония на альдегиды и кетоны (синтез Н.Д. Зелинского); присоединение аммиака к  $\alpha$ -,  $\beta$ -непредельным кислотам.
11. Физические и химические свойства аминокислот. Общая характеристика функциональных групп. Амфотерные свойства. Понятие о биполярном ионе. Изоэлектрическая точка. Реакции по карбоксильной группе, реакции по аминогруппе. Отношение аминокислот к нагреванию.
12. Полипептиды. Понятие о первичной, вторичной, третичной и четвертичной структуре белка. Денатурация белка.
13. Важнейшие представители аминокислот и их применение. Применение белков в лёгкой и текстильной промышленности.

## Индивидуальные задания для самоконтроля

### Вариант 1

1. Напишите структурные формулы и укажите, какие из них будут первичные, вторичные и третичные: а) диметилизопропиламин; б) 1-нитро-2,2-диметилпропан; в) 3-аминобутановая кислота; г) третбутиламин.
2. Напишите уравнения реакций получения: а) пропиламина из альдегида; б) изобутиламина из галогеналкила; в)  $\beta$ -масляной кислоты из кротоновой кислоты.
3. В чём проявляются основные свойства аминов? Расположите в порядке возрастания основных свойств соединения: а) триметиламин; б) аминокусусная кислота; в) метиламин. Напишите уравнения реакций взаимодействия их с соляной кислотой.

### Вариант 2

1. Напишите формулы всех изомеров для  $C_4H_{11}N$  и назовите их по рациональной и заместительной номенклатурам.
2. Напишите уравнения реакций и назовите соединения, которые могут быть получены при: а) восстановлении нитробутана; б) взаимодействии изопропиламина с йодистым этилом; в) взаимодействии винилуксусной кислоты с аммиаком.
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия с азотистой кислотой: а) пропиламина; б) метилэтиламина; в) триметиламина; г)  $\beta$ -амино-масляной кислоты. Назовите образующиеся соединения.

### Вариант 3

1. Напишите структурные формулы и укажите, какие из них будут первичные, вторичные или третичные: а) триэтиламин; б) третбутиламин; в) 2-нитро-3,3,4-триметилпентан; г)  $\gamma$ -аминомасляная кислота.
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:  
$$\text{этиловый спирт} \xrightarrow{H_2SO_4, t} A \xrightarrow{+Cl_2} B \xrightarrow{+2NH_3} B$$
Назовите промежуточные и конечный продукты реакций.
3. Напишите уравнения реакций, при которых образуются: а) хлористый диэтилпропиламмоний; б) метилэтиламин; в) лактам  $\gamma$ -аминомасляной кислоты; г) пропиламид уксусной кислоты.

### Вариант 4

1. Напишите структурные формулы и укажите, какие из них будут первичные, вторичные или третичные: а) 1-нитро-3,3-диметилбутан; б) 2-метил-2-аминобутан; в) этилизобутиламин; г) 3-нитро-3-метилпентан.
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить: а) β-аминопропионовую кислоту; б) изобутиламин двумя способами.
3. Гидролизом полипептида получите аминокислоту, а затем введите её в следующие реакции: а) с этиловым спиртом; б) с соляной кислотой; в) с азотистой кислотой. Назовите образующиеся соединения.

### Вариант 5

1. Напишите структурные формулы возможных первичных и вторичных нитро- и аминсоединений, содержащих четыре атома углерода, и назовите их.
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:  

$$\text{1-хлорпропан} \xrightarrow{+\text{AgNO}_2} \text{А} \xrightarrow{+\text{6H}} \text{Б} \xrightarrow{+\text{CH}_3\text{J}} \text{В} \xrightarrow{+\text{NH}_3, t} \text{Г}$$
 Назовите промежуточные и конечный продукты реакций.
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия этилендиамина: а) с соляной кислотой; б) с янтарной кислотой; в) с азотистой кислотой; г) с хлорангидридом уксусной кислоты. Назовите образующиеся соединения.

### Вариант 6

1. Назовите соединения и укажите, какие из них будут первичные, вторичные или третичные:
 

а) $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{NO}_2$	б) $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$
$\begin{array}{c}   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
в) $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$	г) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{N} - \text{CH}_3$
$\begin{array}{c}   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно: а) из бутана получить 2-аминобутан; б) из этиламина получить диметилэтиламин; в) из пропаналя получить α-аминомасляную кислоту.
3. Напишите уравнения реакций, при которых образуются: а) метиловый эфир β-аминопропионовой кислоты; б) кислый сернокислый бутиламмоний; в) метиламид уксусной кислоты; г) лактам ε-аминокапроновой кислоты.

### Вариант 7

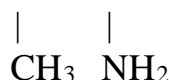
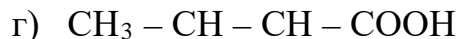
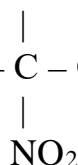
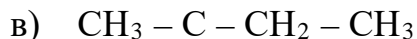
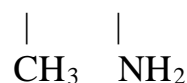
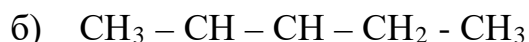
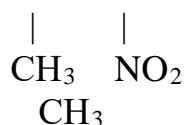
1. Напишите структурные формулы и укажите, какие из них будут первичные, вторичные или третичные: а) 2-метил-2-аминопентан; б) 2-метил-3-нитропентан; в) 2-метил-2-аминобутановая кислота; г) нитроэтан.
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить: а) из этилового спирта  $\alpha$ -аминопропионовую кислоту; б) из нитросоединения изопропиламин; в) из нитрила масляной кислоты бутиламин.
3. Подвергните нагреванию  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -аминовалериановые кислоты. Назовите полученные соединения.

### Вариант 8

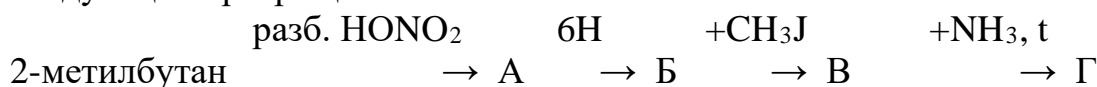
1. Напишите структурные формулы возможных первичных и вторичных нитро-и аминсоединений, содержащих три атома углерода. Дайте им названия по систематической номенклатуре.
2. Напишите уравнения реакций получения: а)  $\alpha$ -аминомасляной кислоты из соответствующей кислоты; б) метилдиэтиламина из этиламина; в) трет-бутиламина из нитросоединения.
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия: а) нитроэтана со щёлочью; б) диэтиламина с водой; в) гексаметилендиамин с адипиновой кислотой; г)  $\gamma$ -аминомасляной кислоты с аммиаком. Назовите продукты реакций.

### Вариант 9

1. Назовите соединения и укажите, какие из них будут первичные, вторичные или третичные:



2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Назовите все промежуточные и конечный продукты реакций.

3. Для аланина ( $\alpha$ -аминопропионовая кислота) напишите уравнения реакций: а) с HCl; б) NaOH; в) HNO<sub>2</sub>; г) образование полипептида. Назовите продукты реакций.

#### Вариант 10

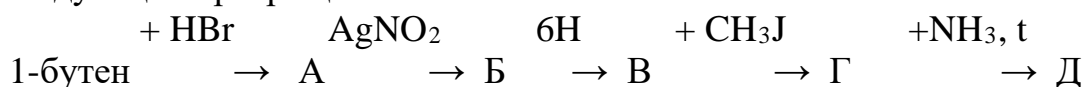
1. Напишите структурные формулы соединений и укажите, какие из них будут первичные, вторичные или третичные: а) 4-нитро-2-пентен; б) изобутиламин; в) диметилтретбутиламин; г) диметиламиноуксусная кислота.
2. Напишите уравнения реакций получения: а)  $\alpha$ -аминопропионовой кислоты из белка; б) бутиламина из галогеналкила; в) нитросоединения из 1-хлор-2-метилпропана.
3. Напишите уравнения реакций и назовите соединения, которые получают при действии азотистой кислоты на: а) метилизопропиламин; б) тетраметилендиамин; в) аминоянтарную кислоту; г) триметиламин.

#### Вариант 11

1. Напишите структурные формулы и укажите, какие соединения будут первичные, вторичные или третичные: а) 2-нитробутан; б) 1-нитро-3,3-диметилпентан; в) 3-метил-3-аминобутановая кислота; г) диметилизобутиламин.
2. Напишите уравнения реакций получения: а) аминокислоты из метилэтилкетона через стадию образования оксинитрила; б) нитросоединения из 2-хлор-2-метилпропана; в) амина из 1-хлор-2-метилбутана. Назовите полученные соединения.
3. Напишите уравнения реакций: а) восстановления 2-метил-1-нитропропана; б) взаимодействия этиламина с серной кислотой и с азотистой кислотой; в) разложения при нагревании  $\alpha$ -аминопропионовой кислоты. Назовите продукты реакций.

#### Вариант 12

1. Напишите структурные формулы возможных вторичных и третичных нитро- и аминсоединений, содержащих четыре атома углерода, и назовите их по систематической номенклатуре.
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

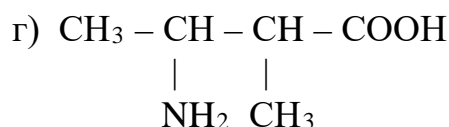
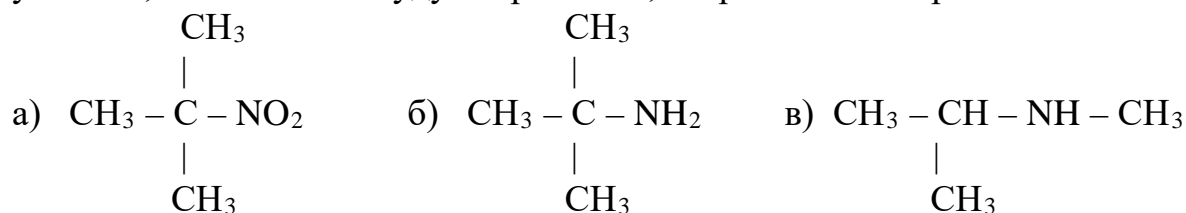


Назовите все промежуточные и конечные продукты реакций.

3. Напишите уравнения реакций взаимодействия: а) изопропиламина с хлористым ацетилом; б) метилэтиламина с соляной кислотой; в) разложения  $\beta$ -масляной кислоты при нагревании и взаимодействие её с азотистой кислотой. Назовите продукты реакций.

### Вариант 13

1. Назовите следующие соединения по систематической номенклатуре и укажите, какие из них будут первичные, вторичные или третичные:



2. Напишите уравнения реакций и назовите соединения, которые могут быть получены при: а) восстановлении нитрила изомасляной кислоты; б) восстановление 2-нитро-2-метилбутана; в) взаимодействие хлоруксусной кислоты с аммиаком.
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия: а) 2-нитропропана со щёлочью; б) диметиламина с соляной кислотой; в) аминоксусной кислоты с этиловым спиртом и с азотистой кислотой. Назовите продукты реакций.

### Вариант 14

1. Напишите структурные формулы соединений, укажите, какие из них будут первичные, вторичные или третичные: а) 2-нитро-3,3-диметилпентан; б) метилвторбутиламин; в) 1-нитробутан; г)  $\beta$ -аминомасляная кислота.
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно: а) из этилена получить этиламин; б) из этиламина получить диметилэтиламин; в) из масляной кислоты получить  $\alpha$ -аминомасляную кислоту.
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия: а) нитропропана со щёлочью; б) метиламина с уксусным ангидридом; в)  $\alpha$ -аминопропионовой кислоты с соляной кислотой и со щёлочью. Назовите продукты реакций.

## Лабораторная работа № 10

### Химические свойства мочевины и $\alpha$ -аминокислот

#### Опыт 1. *Получение нитрата мочевины*

В пробирку поместите 1 лопаточку сухой мочевины, добавьте 1-2 капли воды. Получается насыщенный раствор мочевины. Затем к этому раствору добавьте 2 капли концентрированной азотной кислоты и встряхните. Наблюдается выпадение кристаллов. Содержимое пробирки сохраните для следующего опыта.

Эта реакция используется для обнаружения мочевины в растворе.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции мочевины с азотной кислотой. Какие свойства мочевины проявляются в этой реакции?
2. Чем обусловлены основные свойства мочевины?

#### Опыт 2. *Разложение мочевины азотистой кислотой*

К полученным в опыте 1 кристаллам нитрата мочевины, подкисленным азотной кислотой, добавьте 0,5 мл 5% раствора  $\text{NaNO}_2$  (нитрит натрия). При встряхивании наблюдается выделение пузырьков газа азота, а также  $\text{CO}_2$  и воды. Эта реакция используется для обнаружения аминогруппы.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции получения  $\text{HNO}_2$  взаимодействием нитрита натрия с азотной кислотой.
2. Напишите схему реакции разложения мочевины при действии азотистой кислоты.

#### Опыт 3. *Отсутствие кислой реакции в растворе аминокислоты (глицина, гликокола)*

В пробирку поместите 1 мл 1% раствора глицина. Добавьте 1 каплю 0,2% раствора метилового красного. Убедитесь в том, что аминокислота не имеет кислой реакции. Зона перехода от красной окраски к желтой для метилового красного находится при pH 4,4-6,2.

Вопросы:

1. Объясните отсутствие кислой реакции у глицина.
2. Приведите строение глицина в виде биполярного иона.

#### Опыт 4. *Образование внутрикомплексной медной соли глицина*

В две пробирки поместите по 1 мл 2% раствора  $\text{CuSO}_4$ . В одну пробирку добавьте 1 мл 1% раствора глицина, а другую оставьте для сравнения окраски. Затем в обе пробирки прилейте по 1 мл 10% раствора  $\text{NaOH}$ . Отметьте внешние признаки в каждой пробирке.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции образования комплексной соли глицина.
2. Какая окраска характерна для растворов комплексных солей меди (II) с  $\alpha$ -аминокислотами?

#### Опыт 5. *Реакция глицина с азотистой кислотой*

В пробирку поместите 1 мл 1% раствора глицина и 1 мл 5% раствора нитрита натрия ( $\text{NaNO}_2$ ). Затем добавьте 0,5 мл концентрированной уксусной кислоты и осторожно встряхните реакционную смесь. Наблюдается интенсивное выделение пузырьков газа азота.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции взаимодействия глицина с азотистой кислотой.
2. Какое практическое значение имеет реакция дезаминирования  $\alpha$ -аминокислот.

#### Опыт 6. *Общая реакция обнаружения $\alpha$ -аминокислот (нингидринная реакция)*

В пробирку поместите 1 мл 1% раствора глицина и 1-2 капли 0,1% раствора нингидрина. Содержимое пробирки встряхните и нагрейте до появления фиолетовой окраски. Эта реакция является качественной на  $\alpha$ -аминокислоты.

#### Техника безопасности

1. Опыты 1,3,4,6 – безопасны.
2. Опыты 2,5 требуют соблюдения осторожности при работе с концентрированными кислотами ( $\text{HNO}_3$  и  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), склянки не оставляйте открытыми.



## ЗАНЯТИЕ 13

### Тема: Ароматические углеводороды и их галоген-, нитро- и сульфопроизводные

#### Вопросы для самоподготовки

1. Ароматические углеводороды, общая формула. Бензол, толуол, ксилолы (орто-, мета-, пара-), кумол, винилбензол.
2. Строение бензола. Понятие ароматичности.
3. Гомологи бензола. Номенклатура. Ароматические радикалы (арилы): фенил, фенилен (орто-, мета-, пара-), толил (орто-, мета-, пара-), бензил, бензилиден, бензинил.
4. Способы получения бензола и его гомологов: а) выделение из нефти и каменноугольной смолы; б) каталитическое дегидрирование алканов и циклоалканов; в) полимеризация ацетилена и его гомологов; г) синтез по реакции Вюрца-Фиттига; д) синтез по реакции Фриделя-Крафтса; е) сплавление солей ароматических кислот со щелочами.
5. Физические и химические свойства бензола и его гомологов. Реакции электрофильного замещения: а) галогенирование; б) нитрование; в) сульфирование; г) алкилирование (реакция Фриделя-Крафтса), д) реакция ацилирования (взаимодействие с хлорангидридами кислот). Реакции присоединения: а) водорода; б) галогенов; в) окисление бензола и его гомологов.
6. Правила замещения в бензольном ядре. Классификация заместителей. Заместители I рода: а) активирующие орто- и пара- ориентанты; б) дезактивирующие орто- и пара- ориентанты. Заместители II рода – дезактивирующие мета- ориентанты. Индуктивные и мезомерные эффекты заместителей.
7. Важнейшие представители ароматических углеводородов и их применение в промышленности.
8. Галогенопроизводные ароматических углеводородов: а) с галогеном в ядре; б) с галогеном в боковой цепи. Условия галогенирования в ядро и в боковую цепь. Особенности химических свойств ароматических галогенопроизводных.
9. Ароматические нитросоединения. Условия нитрования ароматических углеводородов в ядро и в боковую цепь. Химические свойства и применение ароматических нитросоединений.
10. Ароматические сульфопроизводные (сульфо кислоты). Химические свойства сульфокислот. Реакции по сульфогруппе: а) образование солей; б) образование сульфохлоридов; в) образование сульфамидов; г) образование сложных эфиров. Реакции с отщеплением сульфогруппы: а) гидролиз; б) сплавление солей сульфокислот со щелочами; в) сплавление со-

лей сульфокислот с солями синильной кислоты. Реакции по бензольному ядру: а) галоидирование; б) нитрование; в) сульфирование; г) алкилирование. Применение сульфокислот.

### Индивидуальные задания для самоконтроля

#### Вариант 1

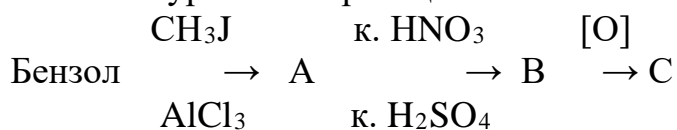
1. Напишите структурные формулы следующих соединений:  
а) 1,2-ди-метил-4-изопропилбензол; б) *m*-иодбензолсульфокислота;  
в) 1,3-дихлор-2-нитробензол; г) этилфенилацетилен.
2. Используя реакцию Вюрца-Фиттига, получите изобутилбензол, исходя:  
а) из хлорбензола; б) из бензилхлорида. Напишите уравнения реакций. Какие побочные продукты при этом образуются?
3. Образование каких продуктов следует ожидать при моносulfировании соединений: а) толуола; б) нитробензола; в) бензойной кислоты; г) бромбензола.

#### Вариант 2

1. Какие виды структурной изомерии характерны для алкилбензолов? Приведите структурные формулы изомерных алкилбензолов состава  $C_9H_{12}$ . Назовите их.
2. Как можно получить бензол, исходя из следующих веществ: а) циклогексана; б) ацетилена; в) бензоата натрия ( $C_6H_5COONa$ ). Напишите уравнения реакций.
3. Составьте уравнения реакций взаимодействия пропилбензола: а) с концентрированной азотной кислотой в присутствии концентрированной  $H_2SO_4$ ; б) с разбавленной азотной кислотой при нагревании; в) окисления.

#### Вариант 3

1. Составьте структурные формулы следующих соединений: а) *n*-толуолсульфокислота; б) фенилнитрометан; в) *m*-дихлорбензол; г) 1,3-диметил-4-нитробензол.
2. Получите 1-метил-2-этилбензол из толуола: а) реакцией Вюрца-Фиттига; б) реакцией Фриделя-Крафтса. Укажите условия их протекания.
3. Напишите уравнения реакций по схеме:



Назовите продукты реакций.

#### Вариант 4

1. Напишите структурные формулы следующих соединений:  
а) *m*-толуолсульфокислота; б) *n*-ксилол (1,4-диметилбензол);  
в) 1-этил-4-сульфобензол; г) бензилиденхлорид (дихлорфенилметан).
2. Исходя из бензола, получите следующие вещества: а) *m*-толуолсульфокислоту; б) *n*-нитротолуол.
3. Для этилбензола напишите уравнения реакций: а) бромирования в присутствии катализатора на холоду; б) бромирование при нагревании на свету; в) окисления.

#### Вариант 5

1. Напишите структурные формулы и назовите следующие ароматические радикалы (арилы): а) *o*-фенилен-; б) *m*-толил; в)  $C_6H_5-CH_2-$ ; г) фенил.
2. Получите этилбензол следующими способами: а) дегидрированием алканов; б) реакцией Вюрца-Фиттига; в) реакцией Фриделя-Крафтса.
3. Осуществите цепочку превращений и назовите продукты всех стадий реакции:  
$$\begin{array}{ccccccc} & CH_3Cl & [O] & \text{к. } HNO_3 & 3H_2 & & \\ \text{бензол} & \rightarrow A & \rightarrow B & \rightarrow B & \rightarrow C & & \\ & AlCl_3 & & \text{к. } H_2SO_4 & & & \end{array}$$

#### Вариант 6

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) *m*-толуолсульfoxлорид; б) *n*-нитробенилхлорид; в) дифенилацетилен; г) 3,4-дибром-1,2-диметилбензол.
2. Приведите уравнения реакций получения толуола: а) из 2-метилгексана; б) из бензола реакцией Фриделя-Крафтса; в) из хлорбензола реакцией Вюрца-Фиттига. Отметьте условия реакций.
3. Напишите уравнения реакций для сульфобензола: а) с концентрированной азотной кислотой в присутствии концентрированной серной кислоты; б) с бромом в присутствии  $AlBr_3$ ; в) с водным раствором  $NaOH$ . Объясните ориентирующее действие сульфогруппы.

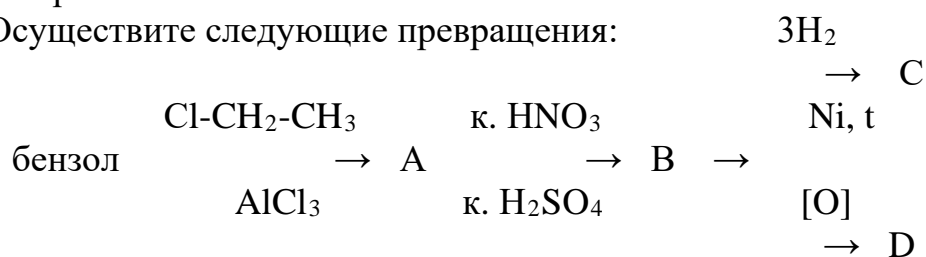
#### Вариант 7

1. Напишите структурные формулы следующих соединений:  
а) 1-метил-4-изопропилбензол; б) 1,3,5-тринитробензол;  
в) 1-метил-2,4-дисульфобензол; г) винилбензол (стирол).
2. Напишите уравнения реакций получения: а) 1,3,5-триметилбензола из метилацетилена; б) *m*-бромнитробензола из бензола.

3. Напишите формулы строения промежуточных и конечных продуктов в схеме:
- $$\text{бензолсульфо́кислота} \xrightarrow[\text{t}]{\text{HOH}} \text{A} \xrightarrow[\text{к. H}_2\text{SO}_4]{\text{к. HNO}_3} \text{B} \xrightarrow[\text{AlCl}_3]{\text{CH}_3\text{J}} \text{B} \xrightarrow{[\text{O}]} \text{C}$$
- Назовите продукты всех стадий реакций.

### Вариант 8

1. Напишите структурные формулы следующих ароматических углеводородов и назовите их по другой номенклатуре: а) 1-метил-4-нитро-бензол; б) *n*-этил-третбутилбензол; в) фенилацетилен; г) *m*-бром-нитробензол.
2. Получите бензол двумя способами. Назовите реакции и укажите условия их протекания.
3. Осуществите следующие превращения:



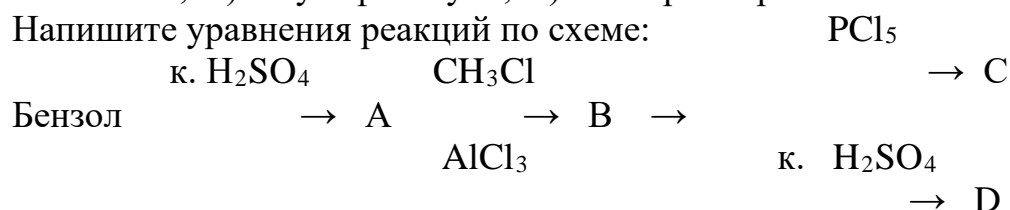
Назовите промежуточные и конечные продукты реакций.

### Вариант 9

1. Напишите структурные формулы следующих ароматических радикалов: а) бензилиден; б) *n*-фенилен; в) *o*-толил. Приведите структурные формулы всех изомеров  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Br}_2$ , назовите их по заместительной номенклатуре.
1. Напишите уравнения реакций получения кумола: а) алкилированием бензола пропиленом; б) алкилированием бензола изопропилхлоридом (в присутствии  $\text{AlCl}_3$ ); в) по реакции Вюрца-Фиттига.
2. Напишите для бензола уравнения следующих реакций: а) каталитического гидрирования; б) сульфирования с последующим алкилированием продукта реакции; в) бромирования в присутствии катализатора  $\text{AlBr}_3$ .

### Вариант 10

1. Напишите структурные формулы изомерных ароматических соединений состава  $\text{C}_7\text{H}_7\text{Cl}$  и назовите их.
2. Напишите уравнения реакций, как из бензола можно получить: а) пропилбензол; б) *n*-сульфотолуол; в) *m*-нитрохлорбензол.
3. Напишите уравнения реакций по схеме:

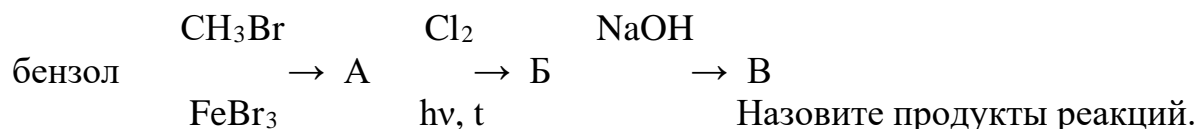


### Вариант 11

1. Приведите структурные формулы следующих соединений:  
а) 2-хлор-5-нитротолуол; б) 1-бром-2-фенилэтан; в) *m*-иодбензол-сульфо-  
кислота; г) *n*-ксилол.
2. Получите из бензола *m*-бромбензолсульфамид.
3. Напишите уравнения следующих реакций: а) полимеризация стирола;  
б) бромирование этилбензола в присутствии FeBr<sub>3</sub>; в) окисление *n*-кси-  
лола. Назовите продукты реакций.

### Вариант 12

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) *m*-нитро-  
бензолсульфокислота; б) 1-метил-2-бром-4-нитробензол; в) *n*-толил-  
нитрометан; г) *n*-нитробензолсульфохлорид.
2. Составьте структурные формулы гомологов бензола, образующихся:  
а) при действии металлического натрия на смесь бромбензола и бромэтан-  
а (в присутствии AlCl<sub>3</sub>); б) при алкилировании бензола изобутилхлори-  
дом; в) при дегидроциклизации 2-метилгексана.
3. Напишите уравнения реакций, протекающих по схеме:



### Вариант 13

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) фенилтри-  
хлорметан; б) третбутилбензол; в) 1-метил-3-сульфобензол;  
г) *o*-нитротолуол. Назовите их по другой номенклатуре.
2. Получите вторбутилбензол: а) реакцией Вюрца-Фиттига; б) реакцией  
Фриделя-Крафтса. Укажите условия их протекания.
3. В каком порядке следует вводить заместители при получении из бензола  
следующих соединений: а) *m*-нитрохлорбензола; б) *m*-бромбензол-  
сульфокислоты; в) 2,4-динитротолуола. Составьте соответствующие  
уравнения реакций.

### Вариант 14

1. Приведите структурные формулы следующих соединений: а) стирол  
(винилбензол); б) *m*-нитробромбензол; в) бензилхлорид;  
г) 1-метил-2-хлор-4-сульфобензол.
2. Напишите уравнения реакций и укажите условия их протекания по схе-  
ме: ацетилен → бензол → этилбензол → стирол.

3. Из бензола получите сульфобензол, а затем введите его в следующие реакции: а) гидролиза; б) с нитрующей смесью; в) со щёлочью.

## Лабораторная работа № 11

### Реакционная способность ароматических углеводородов

#### Опыт 1. *Отношение бензола и толуола к бромной воде*

В одну пробирку поместите 1 мл бензола, а во вторую – 1 мл толуола. Добавьте в каждую по 1 мл 3,4% раствора бромной воды  $\text{Br}_2(\text{H}_2\text{O})$ . Наблюдается ли обесцвечивание желтого раствора бромной воды?

Вопросы:

1. Объясните, почему бензол и его гомологи не бромруются в этих условиях?
2. Назовите критерии ароматического строения аренов.

#### Опыт 2. *Отношение бензола и толуола к окислителям ( $\text{KMnO}_4$ )*

В одну пробирку налейте 1 мл бензола, а во вторую – 1 мл толуола. В каждую пробирку добавьте по 1 мл 0,31% раствора  $\text{KMnO}_4$ , встряхните. Обесцвечивание растворов не наблюдается.

Добавьте в каждую пробирку по 1 мл 10% раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и осторожно нагрейте. В одной из пробирок наблюдается обесцвечивание розового раствора  $\text{KMnO}_4$ .

Вопросы:

1. Объясните, почему бензол и толуол не окисляются в нейтральной среде раствором  $\text{KMnO}_4$ ?
2. Напишите схему реакции окисления толуола раствором  $\text{KMnO}_4$  в кислой среде. Назовите продукт реакции.
3. Можно ли с помощью реакции окисления установить наличие и положение боковых цепей в ароматических углеводородах?

#### Опыт 3. *Нитрование бензола*

В пробирке приготовьте нитрующую смесь: поместите в неё 1 мл конц.  $\text{HNO}_3$  и 0,5 мл конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Приготовленную смесь охладите под струёй холодной воды, а затем добавьте в пробирку 1 мл бензола и осторожно встряхивайте реакционную смесь в течение 2 мин. Содержимое пробирки вылейте в

стаканчик с небольшим количеством воды, перемешайте и дайте отстояться. Получаются маслянистые капли желтого цвета с характерным запахом горького миндаля.

Вопросы:

1. Дайте определение реакции нитрования.
2. Напишите схему реакции нитрования бензола. Какова роль  $H_2SO_4$  в этой реакции?

#### Опыт 4. Сульфирование толуола

В сухую пробирку налейте 1,5 мл конц.  $H_2SO_4$  и 1,5 мл толуола. Содержимое пробирки встряхните и нагревайте на водяной бане, периодически встряхивая, до исчезновения верхнего прозрачного слоя. Реакционную смесь охладите и вылейте в стаканчик с небольшим количеством воды. Образуется почти прозрачный раствор, т.к. толуолсульфо кислота хорошо растворима в воде, в то время как толуол в воде не растворяется.

Вопросы:

1. Дайте определение реакции сульфирования.
2. Напишите схему реакции сульфирования толуола, с учетом ориентирующего действия метильной группы.

#### Техника безопасности

1. Все опыты проводите в вытяжном шкафу.
2. Опыт 1. Слянку с бромной водой не оставляйте открытой. Пары брома ядовиты.
3. Опыты 2,3. Пары бензола и толуола легко воспламеняются, поэтому нагревание проводите осторожно или на водяной бане.
4. Опыты 3,4. Требуют осторожности в работе, т.к. используются концентрированные азотная и серная кислоты.

### ЗАНЯТИЕ 14

**Тема: Фенолы. Ароматические спирты, альдегиды и кетоны, кислоты**

#### Вопросы для самоподготовки

1. Фенолы и ароматические спирты. Классификация фенолов: одно- и многоатомные. Изомерия и номенклатура.

2. Способы получения фенолов: из каменноугольной смолы, из сульфокислот, из галогенопроизводных, из изопропилбензола (кумола).
3. Физические и химические свойства фенолов. Кислотные свойства, образование фенолятов. Влияние бензольного ядра на кислотные свойства фенолов. Образование простых и сложных эфиров. Взаимодействие с хлоридами фосфора.

Реакции бензольного ядра: галогенирование, нитрование, сульфирование. Конденсация с альдегидами. Фенолформальдегидные смолы. Гидрирование фенолов. Окисление фенолов.

4. Применение фенолов (фенол, крезолы, гидрохинон, пирогаллол).
5. Ароматические спирты, различие свойств фенолов и ароматических спиртов.
6. Ароматические альдегиды и кетоны. Номенклатура. Способы получения ароматических карбонилсодержащих соединений: а) окисление спиртов; б) гидролиз геминальных дигалогенпроизводных; в) пиролиз Са- или Ва-солей карбоновых кислот; г) получение бензальдегида из толуола; д) получение ароматических кетонов реакцией ацилирования бензола.  
Химические свойства ароматических альдегидов и кетонов. Реакции по карбонильной группе: а) восстановление; б) окисление; в) взаимодействие с пентахлоридом фосфора ( $PCl_5$ ); г) конденсация с фенолами и ароматическими аминами; д) реакция Канницаро; е) реакция бензоиновой конденсации. Реакции электрофильного замещения в бензольном ядре.
7. Ароматические кислоты: бензойная и фталевые кислоты. Способы получения: а) из гомологов бензола; б) из нитрилов; в) из фенилтрихлорметана. Сходство и различие в свойствах с кислотами жирного ряда. Терефталевая кислота; синтез полиэтилентерефталата (лавсана) и его применение. Салициловая кислота, образование простых и сложных эфиров, их применение.

## Индивидуальные задания для самоконтроля

### Вариант 1

1. Напишите структурные формулы следующих веществ: а) *m*-крезол; б) резорцин; в) *o*-толилуксусная кислота; г) *n*-нитробензальдегид. Укажите, к какому классу органических соединений они относятся.
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно из бензола получить: а) бензиловый спирт; б) бензальдегид; в) фенол.
3. Как будут реагировать фенол, бензиловый спирт и бензальдегид с водным раствором NaOH? Напишите уравнения и назовите продукты реакций. В чём проявляются различия в свойствах фенола и бензинового спирта?



## Вариант 2

1. Приведите структурные формулы следующих соединений: а) *n*-толуиловая кислота; б) бензиловый спирт (фенилкарбинол); в) 1,3,5-тригидроксибензол (флороглюцин); г) *n*-крезол (1-метил-4-гидрокси-бензол). К какому классу кислородсодержащих ароматических соединений относится каждое из этих веществ?
2. Какие карбонильные соединения получатся при сухой перегонке кальциевых солей следующих кислот: а) фенилуксусной; б) смеси бензойной и уксусной; в) смеси *n*-толуиловой и муравьиной. Напишите уравнения реакций.
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия с бромом следующих веществ: а) фенола; б) бензальдегида; в) бензойной кислоты; г) бензинового спирта. Назовите продукты реакций.

## Вариант 3

1. Приведите структурные формулы изомерных карбонильных соединений ароматического ряда состава  $C_8H_8O$  (пять изомеров) и назовите их.
2. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе промышленных методов получения фенола: а) из хлорбензола; б) из бензолсульфонокислоты; в) из изопропилбензола.
3. Для бензальдегида и фенола напишите уравнения реакций: а) нитрования; б) с трихлоридом фосфора ( $PCl_3$ ). Назовите продукты реакций.

## Вариант 4

1. Составьте структурные формулы следующих соединений: а) фенил-*o*-толилкетон; б) 2,4,5-тригидроксибензойная кислота; в) изопропилфенилкарбинол; г) *o*-крезол. Укажите, к какому классу органических соединений они относятся.
2. Приведите схемы реакций, при помощи которых можно получить из толуола: а) *n*-крезол; б) этилбензоат (этиловый эфир бензойной кислоты).
3. Напишите уравнения реакций окисления: а) фенола; б) бензальдегида; в) бензинового спирта; г) пирокатехина. Назовите продукты реакций.

## Вариант 5

1. Приведите структурные формулы изомерных ароматических кислот состава  $C_8H_8O_2$ . Назовите их.
2. Из бензола получите: а) *n*-сульфобензойную кислоту; б) *m*-бромфенол. Назовите все промежуточные продукты и условия протекания каждой реакции.

3. Напишите уравнения реакций взаимодействия салициловой кислоты со следующими соединениями: а) уксусным ангидридом; б) гидроксидом натрия (водный раствор); в) бромной водой.

#### Вариант 6

1. Приведите структурные формулы следующих соединений: а) *m*-нитробензальдегид; б) фталевая кислота (*o*-фталевая кислота); в) *o*-метилбензиловый спирт (*o*-толилкарбинол); г) дифенилкарбинол.
2. Напишите уравнения реакций получения: а) из бензола *m*-бромбензальдегида; б) из кумола – фенола.
3. Назовите вещества, которые получаются из бензойной кислоты при действии: а) этилового спирта в присутствии  $H^+$ ; б) гидроксида натрия (NaOH); в) карбоната натрия ( $Na_2CO_3$ ); г) аммиака с последующим нагреванием. Напишите соответствующие уравнения реакций.

#### Вариант 7

1. Составьте структурные формулы следующих соединений: а) *o*-нитробензальдегид; б) этилфенилкарбинол; в) *n*-бромбензоилхлорид; г) *m*-хлорфенол.
2. Составьте схемы получения: а) диметилфталата из *o*-ксилола; б) *m*-крезола из бензола.
3. Напишите уравнения реакций: а) образование фталевого ангидрида; б) образование фенолового эфира салициловой кислоты; в) взаимодействие *n*-крезолята натрия с бромистым изопропилом; г) взаимодействие бензальдегида с фенолом. Назовите вещества, образующиеся в реакциях в) и г).

#### Вариант 8

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) *n*-метилбензиловый спирт (*n*-толилкарбинол); б) гидрохинон (1,4-гидроксибензол); в) *o*-толилуксусный альдегид; г) дифенилкетон.
2. Получите из бензола: а) *m*-нитрофенол; б) *n*-нитробензальдегид; в) метилфенилкарбинол.
3. Напишите уравнения реакций: а) бензоиновой конденсации бензальдегида; б) сульфирование фенола; в) образование *n*-крезолята натрия; г) образование хлорангидрида *n*-толуиловой кислоты.

#### Вариант 9

1. Напишите формулы и укажите, какие из перечисленных веществ относятся к фенолам, а какие к ароматическим спиртам: а) *m*-крезол; б) резор-

- цин; в) метил-*n*-нитрофенилкарбинол; г) метилфенилкарбинол; д) 1-бром-2-гидроксибензол.
2. Напишите уравнения реакций получения: а) альдегида из хлористого бензилидена (фенилдихлорметан); б) ароматического кетона из бензола и хлорангидрида уксусной кислоты; в) фенола из *n*-толуолсульфокислоты; г) ароматической кислоты из *n*-ксилола. Назовите продукты реакций.
  3. Осуществите цепочку превращений и укажите условия протекания каждой стадии: бензол → толуол → бензойная кислота → *m*-сульфобензойная кислота.

### Вариант 10

1. Приведите структурные формулы следующих соединений: а) *n*-сульфофенол; б) 2,4,6-трибромфенол; в) *n*-гидроксибензиловый спирт; г) диметиловый эфир гидрохинона (диметиловый эфир 1,4-дигидроксибензола).
2. Напишите уравнения реакций получения из толуола *o*-, *m*-, *n*-хлорбензойных кислот.
3. Для фталевой кислоты напишите уравнения реакций взаимодействия:  
а) с 2 моль  $PCl_5$ ; б) с метиловым спиртом ( $H^+$ ); в) образование ангидрида.

### Вариант 11

1. Приведите структурные формулы изомерных ароматических соединений состава: а)  $C_6H_6O_2$ ; б)  $C_6H_6O_3$ ; в)  $C_7H_8O$ . Назовите их. Какие виды изомерии характерны для гидроксисоединений ароматического ряда?
2. Приведите уравнения реакций гидролиза в кислой среде следующих галогенопроизводных: а) дифенилдихлорметана; б) *n*-хлортолуола; в) 1,1-дибром-2-фенилэтана; г) *n*-толилтрихлорметана. Назовите полученные соединения.
3. Напишите для салициловой кислоты уравнения реакций получения:  
а) фенолового эфира салициловой кислоты; б) ацетилсалициловой кислоты (аспирин); в) натриевой соли салициловой кислоты; г) нитропроизводного салициловой кислоты. Объясните различия в протекании этих реакций.

### Вариант 12

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) *o*-гидроксиметилбензол; б) фенилкарбинол; в) *n*-нитробензальдегид; г) фенил-*n*-толилкетон. Укажите, к какому классу ароматических соединений они относятся.
2. Напишите и объясните последовательные реакции получения из толуола:  
а) *n*-нитробензойной кислоты; б) *m*-нитробензальдегида; в) *o*-крезола.

3. Для фенола напишите уравнения реакций: а) с избытком  $\text{Br}_2$ ; б) с хлорангидридом уксусной кислоты; в) с трихлоридом фосфора.

#### Вариант 13

1. Приведите структурные формулы следующих соединений: а) *n*-хлорбензальдегид; б) метилфенилуксусный альдегид; в) *m*-сульфобензальдегид; г) фенил-*n*-толилкетон.
2. Из бензола через сульфопроизводные получите: а) *n*-крезол; б) *m*-сульфо-бензойную кислоту. Назовите промежуточные продукты реакций.
3. Расположите приведённые ниже вещества в порядке уменьшения кислотных свойств: а) *o*-крезол; б) *n*-бромфенол; в) 2,4,6-тринитрофенол; г) фенол. Какое влияние на кислотные свойства фенолов оказывают электроакцепторные и электродонорные заместители в ароматическом ядре? Для фенола напишите уравнение реакции, доказывающее его кислотные свойства.

#### Вариант 14

1. Напишите структурные формулы следующих соединений и укажите, к какому классу ароматических соединений они относятся: а) *n*-метилбензальдегид; б) 1,4-диоксибензол; в) фенилкарбинол; г) фенил-*m*-толилкетон.
2. Напишите последовательные реакции, с помощью которых можно получить из бензола: а) *m*-нитрофенол; б) *n*-нитрофенол.
3. Напишите уравнения следующих реакций: а) восстановление бензальдегида; б) восстановление фенола; в) бромирование бензальдегида; г) сульфирование фенола. Назовите образующиеся соединения.

### Лабораторная работа № 12

#### Реакционная способность фенола. Качественная реакция на фенолы

##### Опыт 1. *Кислотные свойства фенола: образование фенолята натрия и разложение его кислотой*

а) Растворение фенола в воде. К 0.5 г фенола кристаллического добавьте 1 мл воды и хорошо встряхните. При этом образуется мутная жидкость — эмульсия фенола.

б) К 1 мл эмульсии фенола по каплям добавьте 10% раствор  $\text{NaOH}$  до образования прозрачного раствора фенолята натрия. К полученному прозрачному раствору добавьте несколько капель 10% раствора  $\text{HCl}$ . Наблюдается помутнение раствора.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции получения фенолята натрия взаимодействием фенола с раствором NaOH.
2. Почему фенол, в отличие от спиртов, способен взаимодействовать со щелочами (NaOH)?
3. Почему при добавлении HCl к раствору фенолята натрия наблюдается помутнение раствора? Напишите схему протекающей реакции.

### Опыт 2. *Взаимодействие фенола с бромной водой*

Маленький кристаллик фенола растворите в 5 мл воды и добавьте постепенно насыщенного водного раствора брома (1 мл брома в 100 мл воды). При этом желтая окраска брома исчезает и постепенно выделяется белый осадок 2,4,6-трибромфенола.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции бромирования фенола с учетом ориентирующего действия гидроксильной группы.
2. Можно ли эту реакцию назвать качественной на фенол и почему?

### Опыт 3. *Взаимодействие фенолов с FeCl<sub>3</sub> –качественная реакция на одно- и многоатомные фенолы*

Возьмите 5 пробирок и в каждую налейте по 1 мл 1% растворов соответствующих фенолов: в первую – раствор фенола, во вторую – пирокатехина, в третью – резорцина, в четвертую – гидрохинона, в пятую – пирагаллола. Затем в каждую пробирку добавьте по 2-3 капли 1% раствора FeCl<sub>3</sub>. Растворы фенолов приобретают различную окраску, соответственно: 1 – красно-фиолетовую, 2 – зелёную, 3 – фиолетовую, 4 – зелёную, переходящую в желтую, 5 – красную.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции фенола с FeCl<sub>3</sub>, укажите внешний признак реакции.
2. Какую реакцию можно использовать для обнаружения фенолов?

### Опыт 4. *Окисление фенола*

К 1 мл 5% водного раствора фенола прилейте 1 мл 10% раствора Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и по каплям добавьте 0,31% раствор KMnO<sub>4</sub>, встряхните пробирку. Окраска розового раствора KMnO<sub>4</sub> изменяется.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции окисления фенола в щелочной среде раствором KMnO<sub>4</sub>.

## Техника безопасности

1. Опыты 1, 2 требуют осторожной работы с фенолом. При попадании на кожу можно получить ожоги.
2. Опыт 2 выполняется в вытяжном шкафу, т.к. пары брома ядовиты, склянку с бромной водой не оставляйте открытой.
3. Опыты 3,4 – безопасны.

## ЗАНЯТИЕ 15

### Тема: Ароматические амины

#### Вопросы для самоподготовки

1. Ароматические амины: первичные, вторичные, третичные; чистоароматические и жирноароматические. Изомерия и номенклатура.
2. Способы получения: восстановление нитросоединений в кислой, нейтральной и щелочной средах (реакция Зинина), алкилирование аммиака и аминов (реакция Гофмана).
3. Физические и химические свойства. Основные свойства ароматических аминов и сравнение их с основными свойствами аммиака и аминами жирного ряда. Реакции образования солей с минеральными кислотами, реакции ацилирования и алкилирования, реакции с азотистой кислотой. Влияние аминогруппы на реакционную способность бензольного ядра: реакции галогенирования, нитрования, сульфирования, получение сульфаниловой кислоты. Окисление анилина.
4. Важнейшие представители: анилин, толуидин (*o*-, *m*- и *p*-) диметиланилин, дифениланилин и их применение.

#### Индивидуальные задания для самоконтроля

##### Вариант 1

1. Напишите формулы строения ароматических аминов и укажите, какие из них называются толуидинами: а) *o*-аминотолуол; б) *m*-броманилин; в) фенилбензиламин; г) *m*-толиламин; д) *n*-метиланилин.
2. Напишите реакции последовательного превращения нитробензола: а) в *N*-метил-*N*-этиланилин; б) в *m*-аминобензолсульфокислоту.
3. Напишите уравнения реакций: а) взаимодействия метиланилина с хлорангидридом уксусной кислоты, б) взаимодействия *o*-нитроанилина и *n*-метиланилина с соляной кислотой. Какой из приведенных аминов будет проявлять более сильные основные свойства? Объясните почему.

## Вариант 2

1. Напишите формулы строения ароматических аминов и укажите, какие из них будут первичные, вторичные и третичные: а) *o*-диаминобензол; б) дифенилметиламин; в) *N*-метил-*N*-пропиланилин; г) *m*-этиланилин.
2. Напишите последовательные уравнения реакций, с помощью которых можно из толуола получить: а) *m*-аминобензойную кислоту; б) *N*-метил-*n*-толиламин.
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия: а) *n*-толуидина с 1 моль хлористого метила; б) дифениламина с 1 моль соляной кислоты; в) метилэтиланилина с азотистой кислотой. Назовите продукты реакций.

## Вариант 3

1. Напишите формулы ароматических аминов и укажите, какие из них являются первичными, вторичными и третичными: а) трифениламин; б) *N,N*-диметиланилин; в) *m*-броманилин; г) *n*-диаминобензол.
2. Напишите последовательные уравнения реакций получения: а) из бензола *m*-хлоранилина; б) из анилина дифениламина.
3. Напишите уравнения реакций для *n*-толуидина: а) с 1 моль  $H_2SO_4$ ; б) с хлорангидридом пропионовой кислоты; в) с азотистой кислотой.

## Вариант 4

1. Какие ароматические соединения называются фенилендиаминами? Напишите формулы строения изомерных фенилендиаминов состава  $C_6H_8N_2$  и дайте им названия.
2. Напишите уравнения реакций получения: а) из бензола *n*-аминобензойной кислоты; б) из анилина *N,N*-диметиланилина.
3. Напишите уравнения реакций для анилина: а) окисления; б) нитрования; в) ацилирования; г) с серной кислотой. Назовите образующиеся соединения.

## Вариант 5

1. Назовите по другой номенклатуре следующие ароматические амины и укажите, какие из них являются первичными, вторичными и третичными: а) *o*-этиланилин; б) *n*-нитроэтиланилин; в) *N*-метил-*N*-этиланилин; г) *n*-толуидин.
2. Напишите последовательные уравнения реакций получения из бензола: а) дифениламина; б) *n*-фенилендиамина.
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия с азотистой кислотой: а) *n*-толуидина; б) бензиламина. В чём особенности действия азотистой кислоты на первичные амины ароматического и жирного ряда?

### Вариант 6

1. Напишите формулы строения изомеров толуидина и назовите их двумя способами: как производные аммиака и как производные бензола.
2. Напишите уравнения реакций получения из бензола: а) *m*-толуидина; б) *N*-метиламинобензола.
3. Напишите уравнения реакций: а) *N,N*-диметиланилина с соляной кислотой; б) анилина с хлорангидридом бензойной кислоты; в) *n*-толуидина с азотистой кислотой. Назовите образующиеся соединения.

### Вариант 7

1. Напишите формулы ароматических аминов и укажите, какие из них будут чистоароматические или жирноароматические: а) бензиламин; б) дифениламин; в) *N,N*-диметиланилин; г) *n*-фенилендиамин.
2. Напишите уравнения реакций получения из бензола: а) *o*-толуидина; б) *N,N*-диметиланилина. Назовите промежуточные продукты реакций.
3. Для анилина напишите уравнения реакций: а) с соляной кислотой; б) с азотистой кислотой; в) с бромом. Назовите образующиеся соединения.

### Вариант 8

1. Напишите формулы ароматических аминов и укажите, какие из них являются первичными, вторичными и третичными: *o*-толуидин; б) метилфениламин; в) *n*-фенилендиамин; г) *N,N*-диметиланилин.
2. Напишите уравнения реакций получения бензиламина: а) восстановлением нитросоединения; б) алкилированием аммиака.
3. Напишите уравнения реакций образования солей при действии: а) серной кислоты на 1 и 2 молекулы *o*-толуидина; б) серной кислоты на 1 и 2 молекулы *N*-метиланилина. Укажите, какой из приведенных аминов будет проявлять более сильные основные свойства?

### Вариант 9

1. Напишите формулы следующих ароматических аминов и назовите их по другой номенклатуре: а) *o*-фенилендиамин; б) *N*-метил-*N*-этиланилин; в) *n*-нитроанилин; г) дифениламин. Укажите, какие из них являются первичными, вторичными, третичными?
2. Напишите уравнения реакций получения анилина: а) по реакции Зинина; б) по реакции Гофмана.
3. Напишите уравнения реакций образования солей для следующих аминов: а) *n*-фенилендиамина с 1 и 2 моль  $\text{HBr}$ ; б) *m*-фенилендиамина с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; в) *N,N*-диметиланилина с  $\text{HCl}$ . Укажите, у какого амина основные свойства будут выражены сильнее?



### Вариант 10

1. Напишите формулы следующих аминов: а) дифенилэтиламин; б) *m*-нитроанилин; в) *N,N*-диэтиланилин; г) фенил-*n*-толиламин. Какие из аминов являются чисто ароматическими и жирноароматическими?
2. Напишите уравнения реакций получения из бензола: а) *m*-аминобензосульфокислоты; б) *o*-фенилендиамина.
3. Напишите уравнения реакций для *N*-метиланилина: а) с соляной кислотой; б) с 1 моль хлористого метила; в) с азотистой кислотой. Назовите продукты реакций.

### Вариант 11

1. Напишите формулы строения ароматических аминов и укажите, какие из них являются чистоароматическими или жирноароматическими: а) *N,N*-метилизопропиланилин; б) *m*-изопропиланилин; в) *m*-нитроанилин; г) *N*-этиланилин.
2. Напишите уравнения реакций получения из бензола: а) *o*-броманилина; б) *N*-метиланилина.
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия с соляной кислотой следующих ароматических аминов: а)  $(C_6H_5)_2NH$ ; б)  $C_6H_5-NH_2$ ; в)  $C_6H_5-N(CH_3)_2$ . Какие из приведенных аминов являются более сильными, а какие более слабыми основаниями по сравнению с анилином?

### Вариант 12

1. Напишите формулы следующих ароматических аминов: а) дифенилметиламин; б) *N*-изобутиланилин; в) бензиламин. Какие из них являются первичными, вторичными и третичными?
2. Напишите уравнения реакций и назовите образующиеся соединения при взаимодействии *N*-метиланилина: а) с бромом; б) с серной кислотой; в) с уксусным ангидридом; г) с этилбромидом в присутствии аммиака.
3. Напишите уравнения реакций получения *o*-толуидина: а) восстановлением нитросоединения; б) алкилированием аммиака. Назовите исходные соединения.

### Вариант 13

1. Напишите формулы строения ароматических аминов и укажите, какие из них будут первичные, вторичные и третичные: а) 2,4-диаминотолуол; б) *N*-метил-*N*-пропиланилин; в) фенилбензиламин; г) 2,4-динитроанилин.

2. Напишите уравнения реакций получения из бензола: а) дифениламина; б) *n*-аминобензойной кислоты.
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия: а) хлористого фениламмония с раствором NaOH; б) этиланилина с хлористым ацетилом; в) анилина с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с образованием сульфаниловой кислоты; г) анилина с бромом.

#### Вариант 14

1. Напишите формулы следующих ароматических аминов и укажите, какие из них будут изомерами: а) *m*-толуидин; б) фенилметиламин; в) дифенилметиламин; г) *o*-толуидин. Укажите, какие из них будут чистоароматическими и жирноароматическими.
2. Напишите уравнения реакций получения из бензола: а) *o*-броманилина; б) *n*-фенилендиамина.
3. Приведите уравнения реакций для *m*-толуидина: а) алкилирования; б) ацилирования; в) взаимодействия с азотистой кислотой; г) образования соли. Назовите продукты реакций.

### Лабораторная работа № 13

#### Реакционная способность ароматических аминов

##### Опыт 1. *Растворимость анилина в воде*

В пробирку налейте 1 мл анилина C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>, добавьте 3 мл воды и встряхните. Образуется мутная жидкость – эмульсия анилина в воде. Сохраните эмульсию для следующего опыта.

Вопросы:

1. Почему анилин плохо растворяется в воде?

##### Опыт 2. *Доказательство основных свойств анилина и растворение его солей в воде*

а) Опустите красную лакмусовую бумажку в пробирку с эмульсией анилина в воде.

Вопросы:

1. Наблюдается ли посинение лакмусовой бумажки?
2. Охарактеризуйте основные свойства анилина, сравните их с основностью аммиака.

б) В две пробирки налейте по 1 мл эмульсии анилина в воде. В первую пробирку добавьте 1 мл 10% раствора HCl, во вторую – 1 мл 10% раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и встряхните. В первой пробирке эмульсия растворилась, во второй образовался кристаллический осадок. Раствор первой пробирки сохраните для опыта 3.

Вопросы:

1. Какие свойства анилина подтверждаем взаимодействием его с кислотами?
2. Напишите схемы реакций образования фениламмоний хлорида и фениламмоний гидросульфата. Сделайте вывод о растворимости этих солей в воде.

### Опыт 3. *Взаимодействие анилина с бромной водой (качественная реакция)*

В пробирку налейте 1 мл 3,4% раствора бромной воды и добавьте несколько капель раствора фениламмоний хлорида (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>3</sub>)Cl, полученного в опыте 2б. При этом медленно выпадает осадок.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции взаимодействия анилина с бромной водой. Какое вещество выпадает в осадок?
2. Объясните, почему в данной реакции бромирования следует прибавлять анилин к бромной воде, а не наоборот?
3. Заместителем какого рода является аминогруппа в анилине, как она влияет на протекание реакции бромирования с учетом образующегося продукта?
4. Сравните внешний признак реакций бромирования анилина и фенола. какое значение имеют эти реакции?

### Опыт 4. *Цветные реакции солей анилина с K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (бихроматом калия) и с хлорной известью Ca(OCl)<sub>2</sub>*

На предметное стекло дважды нанесите по 1 капле соли фениламмоний хлорида, полученного в опыте 2б. Добавьте к одной – 1 каплю 5% раствора K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, а к другой – 1 каплю насыщенного раствора хлорной извести. Первая капля приобретает темно-синее, а вторая – темно-фиолетовое окрашивание. Эти цветные реакции используют для обнаружения анилина в растворе и основаны они на образовании окрашенных продуктов окисления анилина.

## Техника безопасности

1. Опыты 1,2,4 безопасны в выполнении.
2. Опыт 3 выполняется в вытяжном шкафу из-за использования бромной воды.

## ЗАНЯТИЕ 16

### Тема: Азо- и diaзосоединения

### Вопросы для самоподготовки

1. Диазосоединения ароматического ряда: диазогидрат, диазотат, соль диазония.
2. Реакция диазотирования и её механизм. Таутомерия diaзосоединений, их физические и химические свойства.
3. Реакции diaзосоединений с выделением азота: замещение diaзогруппы на гидроксил, галогены, цианогруппу, взаимодействие со спиртами. Реакции diaзосоединений без выделения азота: образование фенилгидразина, сочетание с ароматическими аминами и фенолами. Азокрасители, понятие о ледяном крашении.
4. Связь между строением и окраской органических соединений. Хромофорные и ауксохромные группы. Виды крашения.

### Индивидуальные задания для самоконтроля

#### Вариант 1

1. Напишите последовательные реакции, протекающие при действии избытка соляной кислоты на *n*-толилдиазотат натрия. Назовите образующиеся соединения.
2. Напишите последовательные реакции получения азокрасителя, используя в качестве азосоставляющей *m*-крезол, а в качестве diaзосоставляющей *n*-нитроанилин. Назовите все промежуточные соединения и краситель.

#### Вариант 2

1. Напишите последовательные реакции, протекающие при действии избытка щёлочи на хлористый *n*-нитрофенилдиазоний. Что представляют собой продукты взаимодействия солей diaзония с 1 и 2 моль NaOH?
2. Какие соединения азосочетаются с diaзосоединениями? Почему? Напишите реакции азосочетания хлористого фенилдиазония:

а) с *N*-метил-*N*-этиланилином; б) с *m*-крезолом.  
Назовите полученные соединения.

### Вариант 3

1. Напишите реакции получения и назовите диазосоединение при действии нитрита натрия ( $\text{NaNO}_2$ ) на растворённый в соляной кислоте *n*-хлоранилин.
2. Для полученного в № 1 диазосоединения напишите следующие уравнения реакций: а) с  $\text{KCN}$  и последующим гидролизом нитрила; б) с водным раствором метилового спирта; в) с *N,N*-диметиланилином. Назовите полученные соединения и укажите азокраситель.

### Вариант 4

1. Какой ароматический амин необходимо взять, чтобы получить хлористый *n*-бромфенилдиазоний? Напишите уравнение реакции диазотирования данного амина и укажите условия.
2. Из *n*-бромфенилдиазоний хлорида получите: а) бромбензол; б) *n*-бромфенол; в) азокраситель. Напишите уравнения реакций и укажите, какие компоненты, участвующие в синтезе азокрасителя, являются азосоставляющей и диазосоставляющей красителя.

### Вариант 5

1. Напишите уравнения реакций диазотирования анилина. Назовите полученное соединение и укажите, в каких температурных условиях проводят реакцию диазотирования. Почему?
2. Напишите последовательные реакции синтеза азокрасителя из *p*-толуидина и *N,N*-диметиланилина. Объясните последовательный ход процессов «холодного» крашения.

### Вариант 6

1. Напишите последовательные реакции, протекающие при действии избытка соляной кислоты на диазотат калия. Назовите образующиеся соединения.
2. Напишите последовательные реакции получения азокрасителя, используя в качестве азосоставляющей фенол, а в качестве диазосоставляющей *m*-нитроанилин. Назовите все промежуточные соединения и краситель.

### Вариант 7

1. Напишите последовательные реакции, протекающие при действии избытка щёлочи на хлористый *m*-нитрофенилдиазоний. Что представляют собой продукты взаимодействия солей диазония с 1 и 2 моль NaOH?
2. Напишите последовательные реакции получения азокрасителя, используя в качестве азосоставляющей фенол, а в качестве диазосоставляющей *n*-толуидин. Назовите все промежуточные соединения и краситель.

### Вариант 8

1. Напишите уравнение реакции диазотирования (в солянокислом растворе) *m*-фенилендиамина. Назовите полученное соединение.
2. Напишите уравнение синтеза метилоранжа и укажите, какие компоненты являются азо- и диазосоставляющими красителя. Покажите, в чём проявляются индикаторные свойства метилоранжа?

### Вариант 9

1. Как называют реакцию получения диазосоединений? В каких температурных условиях её проводят? Почему? Приведите уравнения реакций получения из анилина диазогидрата, диазотата и соли диазония.
2. Напишите последовательные реакции синтеза азокрасителя из *n*-броманилина и *o*-нитрофенола. Укажите азо- и диазосоставляющую.

### Вариант 10

1. Напишите уравнение и назовите диазосоединение, которое получается при реакции диазотирования *m*-нитроанилина.
2. Напишите уравнение реакции азосочетания хлористого *n*-толилдиазония с *n*-бромфенолом. Назовите полученное соединение и объясните последовательный ход процессов «холодного» крашения.

### Вариант 11

1. Напишите уравнение реакции диазотирования соответствующего амина, чтобы получилось диазосоединение хлористый *m*-толилдиазоний.
2. Для хлористого *m*-толилдиазония напишите уравнения реакций: а) получения *m*-крезола; б) получения толуола; в) азосочетания. Назовите краситель.

## Вариант 12

1. Напишите уравнение реакции и назовите диазосоединение, которое получается при действии азотистокислого натрия ( $\text{NaNO}_2$ ) на растворённый в соляной кислоте 2,4-диметиланилин.
2. Какая реакция называется реакцией азосочетания? Напишите последовательные реакции синтеза азокрасителя из *n*-хлоранилина и *o*-нитрофенола.

## Вариант 13

1. Какой ароматический амин надо взять, чтобы получить *n*-нитрофенилдиазония хлорид? Напишите уравнение реакции диазотирования данного амина и укажите условия.
2. Для хлористого *n*-нитрофенилдиазония напишите уравнения реакций:  
а) с  $\text{KJ}$ ; б) с абсолютным спиртом  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ; в) с фенолом в щелочной среде. Назовите полученные соединения и укажите, какое из них является азокрасителем.

## Вариант 14

1. Напишите уравнение реакции и назовите диазосоединения, которые получаются при действии раствора нитрита натрия ( $\text{NaNO}_2$ ) на растворённый в соляной кислоте *n*-толуидин.
2. Напишите уравнения реакций, протекающих: а) при нагревании водного раствора хлористого *n*-бромфенилдиазония; б) при восстановлении хлористого фенилдиазония; в) при взаимодействии хлористого *n*-бромфенилдиазония с *o*-крезолом. Назовите полученные соединения и укажите, какое из них является азокрасителем?

## Лабораторная работа № 14

### Получение солей диазония и изучение их реакционной способности

#### Опыт 1. *Получение соли диазония – реакция диазотирования анилина*

В коническую колбочку поместите 1 мл анилина, добавьте 6 мл 2 н  $\text{HCl}$ . Полученный раствор охладите, поместив колбу в воду со льдом, затем по каплям приливайте 6-8 мл 0,5 н  $\text{NaNO}_2$ , после чего встряхните и следите, чтобы температура смеси не превышала  $3-5^\circ\text{C}$ . Для этого в воду можно время от времени вносить кусочки льда или снега. Окончание диазотирования устанавливают по наличию в растворе избытка азотистой кислоты. Когда добавлено около половины раствора нитрита натрия, смесь встряхните и сделайте пробу на

наличие в растворе свободной азотистой кислоты. Для этого каплю жидкости из колбы стеклянной палочкой нанесите на йодокрахмальную бумажку. Если йодокрахмальная бумажка не окрашивается, продолжайте прибавлять раствор  $\text{NaNO}_2$ , повторяя время от времени пробу. Посинение или побурение йодокрахмальной бумажки указывает на наличие в смеси свободной  $\text{HNO}_2$ . При действии  $\text{HNO}_2$  на  $\text{KI}$ , которым смочена бумага с примесью крахмального клейстера, происходит окисление его с выделением свободного йода –  $\text{I}_2$ , который и вызывает посинение (почернение) крахмала. При диазотировании следите также за тем, чтобы реакционная смесь сохраняла кислую реакцию (лакмусовая бумажка). Диазотирование прекращайте, если в смеси появится избыток азотистой кислоты, не исчезающий в течение нескольких минут. Избыток  $\text{HNO}_2$  уничтожайте добавлением мочевины.

Полученный прозрачный светло-желтый раствор соли фенилдиазония используйте для последующих опытов.

Вопросы:

1. Дайте определение реакции диазотирования.
2. Какие амины дают устойчивые соли диазония?
3. Какие условия необходимо строго соблюдать при проведении реакции диазотирования?
4. Напишите схему реакции образования соли диазония из анилина, укажите условия реакции.

**Опыт 2. Реакции солей диазония, идущие с выделением азота.  
Разложение соли фенилдиазоний хлорида при нагревании**

В пробирку поместите 2 мл раствора соли фенилдиазония, полученного в опыте 1, и слегка нагрейте над пламенем спиртовки. Наблюдается бурное выделение пузырьков газа – азота, которое продолжается далее и без нагревания. По окончании реакции пробирку закройте пробкой с газоотводной трубкой, свободный конец которой опустите в пустую пробирку. Раствор нагрейте над пламенем спиртовки, держа рукой пустую пробирку так, чтобы пробирка с раствором находилась почти в горизонтальном положении. Достаточно отогнать 2-3 капли жидкости в пустую пробирку, чтобы убедиться, что при разложении соли диазония при нагревании образуется фенол. Для этого к перегнанной жидкости добавьте насыщенный раствор бромной воды. При этом появляется белый осадок.

Вопросы:

1. Напишите схему реакции фенилдиазоний хлорида с водой при нагревании, учтите, что реакция идет с выделением азота и замещением диазогруппы на гидроксильную с образованием фенола.
2. Перечислите качественные реакции на фенол.
3. Напишите схему реакции взаимодействия фенола с бромной водой.



4. Какие функциональные производные можно получить из солей диазония по реакции, идущей с выделением азота?

### Опыт 3. *Реакция азосочетания – получение азокрасителей*

В две пробирки поместите соль фенилдиазония, полученную в опыте 1, и прибавьте в первую пробирку щелочной раствор фенола, а во вторую – щелочной раствор  $\beta$ -нафтола. Отметьте, какого цвета образуются азосоединения, и как изменяется цвет азосоединения при замене в реакции азосочетания фенола на  $\beta$ -нафтол.

Вопросы:

1. Дайте определение реакции азосочетания.
2. Назовите диазо- и азосоставляющие в данном опыте.
3. Напишите схему реакции азосочетания соли фенилдиазоний хлорида с фенолятом натрия, отметьте цвет полученного азокрасителя.
4. Напишите схему реакции азосочетания соли фенилдиазоний хлорида с натриевой солью  $\beta$ -нафтола, отметьте цвет полученного азокрасителя.
5. Почему изменяется цвет азокрасителя при замене в реакции азосочетания фенола на  $\beta$ -нафтол.

### Опыт 4. *«Ледяное» крашение – образование азокрасителей на хлопчатобумажной ткани*

Налейте в стаканчик или пробирку щелочной раствор  $\beta$ -нафтола и разбавьте тремя частями холодной воды. Погрузите в него на несколько минут полоску белой ткани. В другой стаканчик или пробирку налейте раствор соли фенилдиазония, полученного в опыте 1, добавьте несколько кусочков льда и 1-2 мл раствора ацетата натрия ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ). Выньте кусочек ткани, погружённый в щелочной раствор  $\beta$ -нафтола, отожмите его между листами фильтровальной бумаги и погрузите в подготовленный раствор соли диазония. Через 1-2 минуты достаньте окрашенную полоску ткани, хорошо промойте водой и высушите. Укажите, в какой цвет окрасился образец.

### Техника безопасности

1. Опыты 1,4 безопасны в выполнении.
2. Опыт 2 выполняется в вытяжном шкафу, т.к. используется насыщенный раствор брома, пары которого ядовиты.
3. Опыт 3 требует осторожного обращения с фенолом.

## ЗАНЯТИЕ 17

### Тема: Многоядерные ароматические соединения

#### Вопросы для самоподготовки

1. Понятие о многоядерных ароматических углеводородах с неконденсированными и конденсированными ядрами.
2. Дифенил. Строение дефинила. Бензидин. Получение бензидина из нитробензола (реакция И.Н. Зинина). Использование бензидина для получения бис-азокрасителей.
3. Дифенилметан. Строение дифенилметана. Бензофенон и его производные. Кетон Михлера и его применение для синтеза трифенилметановых красителей.
4. Трифенилметан. Строение трифенилметана и его свойства: а) реакция окисления (образование карбинольного основания); б) образование карбкатиона; в) образование карбаниона трифенилметана.  
Трифенилметановые красители. Основные ТФМ-красители (розанилины): а) фуксин; б) малахитовый зелёный; в) бриллиантовый зелёный; г) кристаллический фиолетовый.  
Кислые ТФМ-красители (аурины). Фенолфталеин.  
Изменение окраски ТФМ-красителей в кислой и щелочной средах. Понятие о прямом (субстантивном) крашении.
5. Многоядерные ароматические углеводороды с конденсированными ядрами. Нафталин, его строение. Изомерия монозамещённых нафталина. Номенклатура. Физические свойства. Химические свойства нафталина: а) гидрирование; б) окисление; в) галоидирование; г) нитрование; д) сульфирование; е) алкилирование (реакция Фриделя-Крафтса). Правило ориентации в нафталиновом ядре. Нафтолы и нафтиламины. Значение производных нафталина в анилинокрасочной промышленности.
6. Антрацен. Строение антрацена. Антрахинон. Синтез ализарина. Понятие об антрахиноновых красителях. Протравное крашение.

#### Индивидуальные задания для самоконтроля

##### Вариант 1

1. Напишите структурные формулы следующих соединений:  
а) 4-бром-2-нитродифенил; б) 3,4-дихлор-2-метилдифенил;  
в) 1-хлор-4-нитронафталин; г) 1-амино-8-нафтол-3,6-дисульфокислота.
2. Получите трифенилкарбинол по следующей схеме:  
$$\begin{array}{ccccccc} \text{PCl}_5 & & \text{C}_6\text{H}_6 & & \text{C}_6\text{H}_5\text{MgBr} & & \text{H}_2\text{O} \\ \text{бензойная} & \rightarrow \text{A} & \rightarrow \text{B} & & \rightarrow \text{C} & \rightarrow & \text{трифенилкарбинол} \\ \text{кислота} & & & & \text{AlCl}_3 & & \end{array}$$

Напишите уравнение взаимодействия трифенилкарбинола с соляной кислотой. Назовите образующееся соединение. Чем оно отличается от трифенилкарбинола?

3. Какие вещества получатся при действии на нафталин: а) брома (1 моль); б) концентрированной  $H_2SO_4$  (при  $160^{\circ}C$ )? Напишите уравнения реакций и назовите полученные продукты.

### Вариант 2

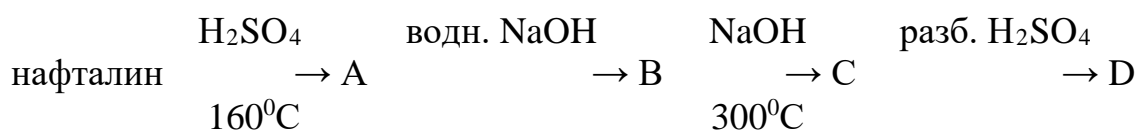
1. Напишите структурные формулы соединений: а)  $\beta$ -нафтиламин; б)  $\beta$ -антрахинонсульфокислота; в) 4, 4', 4''-триаминотрифенилметан; г)  $\beta$ -хлорнафталин.
2. Напишите уравнения реакций получения дифенилметана: а) по реакции Фриделя-Крафтса; б) по реакции Вюрца-Фиттига.
3. Какой краситель получается при окислительной конденсации в кислой среде смеси анилина, *o*- и *n*-толуидинов? Напишите соответствующие уравнения реакций и укажите окраску красителя в кислой и щелочной средах.

### Вариант 3

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: а)  $\beta$ -хлорнафталин; б) 4-этил-4'-нитродифенил; в) 1,4-дибромнафталин; г) 9-нитроантрацен.
2. Из нафталина получите  $\alpha$ -нафтол, а затем введите его в реакции: а) с йодопропаном; б) с азотной кислотой.
3. Напишите последовательные уравнения реакций получения красителей: а) кислотного оранжевого светопрочного из анилина и 2-нафтол-6,8-дисульфокислоты; б) малахитового зелёного путём конденсации бензальдегида с 2 молями диметиланилина. Назовите промежуточные продукты и укажите, к какой группе красителей они относятся.

### Вариант 4

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) 2, 2'-динитро-5,5'-дигидроксидифенилметан; б) 1-бромантроцен; в) 1-амино-2-хлор-4-бромантрахинон; г)  $\alpha$ -нафтиламин.
2. Какие вещества можно получить в результате следующих превращений:



Назовите промежуточные и конечный продукты реакций.

3. Напишите последовательные уравнения реакций получения азокрасителя из  $\alpha$ -нафтиламина (диазосоставляющая) и  $\beta$ -нафтола (азосоставляющая). Укажите хромофор и ауксохромы.

#### Вариант 5

1. Составьте структурные формулы возможных изомеров дихлорпроизводных нафталина и назовите их.
2. Напишите уравнения реакций получения  $\beta$ -нафтола:  
а) из  $\beta$ -нафталинсульфонокислоты; б) из  $\beta$ -изопропилнафталина (кумольным методом).
3. Напишите уравнения реакций синтеза красителя малахитового зелёного конденсацией бензальдегида с 2 молями диметиланилина. Укажите бесцветные и окрашенные формы красителя.

#### Вариант 6

1. Приведите структурные формулы следующих соединений:  
а) 2-гидрокси-8-сульфонафталин; б) 1-амино-4-сульфонафталин;  
в)  $\gamma$ -антрахинон; г) дифенил-*o*-толилметан.
2. Напишите уравнения реакций: а) сульфирования  $\alpha$ - и  $\beta$ -нафтолов;  
б) окисления нафталина; в) гидрирования нафталина. Назовите продукты реакций и укажите тип реакции.
3. Из антрацена получите антрахинон, а затем ализарин. В чём сущность протравного крашения?

#### Вариант 7

1. Напишите структурные формулы следующих соединений и укажите, к какому классу многоядерных соединений они относятся:  
а) 4,4',4''-три-амино-3-метилтрифенилметан; б) 2-метилдифенил;  
в)  $\beta$ -изопропилнафталин; г)  $\alpha$ -нафтиламин.
2. Напишите уравнения реакций  $\alpha$ -нафтиламина со следующими веществами: а) метилйодидом; б) нитритом натрия и избытком соляной кислоты; в) 1 моль  $\text{Br}_2$ ; г) с 1 моль  $\text{HNO}_3$  (в виде нитрующей смеси). Объясните реакции, назовите образующиеся соединения.
3. Какой краситель получается при конденсации фталевого ангидрида с фенолом (2 моль) в присутствии концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Напишите уравнения реакций превращения бесцветной формы его в окрашенную и окрашенной в бесцветную. Укажите в окрашенной форме хромофор и ауксохромные группы.

#### Вариант 8

1. Напишите структурные формулы следующих соединений:  
а)  $\alpha$ -хлорнафталин; б) 1-аминоантрахинон-2-карбоновая кислота;

- в) 1,4-дигидроксинафталин.
- Приведите схемы синтезов из нафталина: а) 4-бром-1-нитронафталина; б) 1-бром-2-сульфонафталина.
  - Напишите уравнение реакции конденсации бензальдегида с 2 моль диэтиланилина в присутствии концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Назовите полученный краситель. Какую окраску имеет краситель в кислой и щелочной средах? Почему?

#### Вариант 9

- Сколько изомеров могут иметь монобромпроизводные: а) дифенила; б) дифенилметана. Приведите их структурные формулы и назовите эти соединения.
- Напишите уравнения реакций взаимодействия  $\alpha$ -нафтиламина: а) с  $\text{HCl}$ ; б) с  $\text{CH}_3\text{J}$  в присутствии  $\text{NH}_3$ ; в) с хлорангидридом уксусной кислоты; г) с  $\text{NaNO}_2$  в кислой среде (2  $\text{HCl}$ ). Назовите продукты реакций.
- Напишите уравнения реакций получения красителя из диазотированного бензидина и нафтионовой кислоты (1-амино-4-сульфонафталин). Как называется этот краситель и к какой группе красителей он относится?

#### Вариант 10

- Приведите структурные формулы следующих соединений: а) ализарин (1,2-диоксиантрахинон); б) 1-нитро-5,8-дибромнафталин; в) нафтионовая кислота (1-амино-4-сульфонафталин); г) 4,6'-диметил-6-бром-4'-нитродифенил.
- Напишите уравнения реакций согласно схеме:
 

$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{NaOH}$ (водн. р-р)	$\text{NaOH}$ (сплав.)
нафталин	→ А	→ В
$160^\circ\text{C}$		→ С

Назовите промежуточные и конечный продукты реакций.

- Напишите реакцию окисления 4, 4', 4''-триаминотрифенилметана. На полученное соединение подействуйте соляной кислотой. Назовите полученное соединение. Какое из веществ в этой задаче является лейкооснованием, а какое карбинольным основанием? Какое будет окрашено?

#### Вариант 11

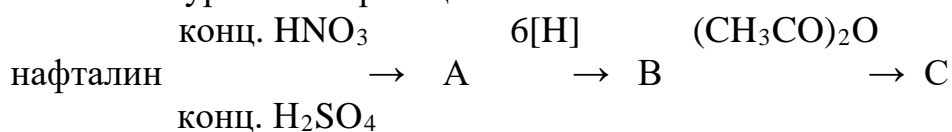
- Напишите структурные формулы следующих соединений: а) 1,6-диметилнафталин; б) нафтионовая кислота; в) 1,5-динитро-антрахинон; г) гидроантрахинон.
- Для нафталина напишите следующие уравнения реакций: а) восстановления; б) нагревание его с концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при  $t = 80^\circ\text{C}$ ;

- в) нагревание его с концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при  $t = 160^\circ\text{C}$ ; г) окисления. Назовите продукты реакций.
3. Напишите уравнения реакций синтеза фуксина из анилина и *o*- и *n*-толуидинов окислительной конденсацией в кислой среде. В окрашенной форме фуксина покажите хромофоры и ауксохромы.

### Вариант 12

1. Напишите структурные формулы следующих веществ:  
 а) 2,2'-дибромдифенилметан; б) 2-нафтол-6-сульфо кислота;  
 в) 1,2-диоксиантрахинон; г) 4-бром-2-нитродифенил.

2. Напишите уравнения реакций согласно схеме:



Назовите промежуточные и конечный продукты реакций.

3. Напишите формулы: а) 1,2-диоксиантрахинона; б) 1,2,6-триоксиантрахинона; в) 1,2,7-триоксиантрахинона. Какое из них представляет собой краситель ализарин? В чём заключается способ протравного крашения? Приведите пример.

### Вариант 13

1. Пронумеруйте атомы углерода в формуле антрацена. Составьте структурные формулы и назовите изомерные метилантрацены.
2. Приведите уравнения реакций синтеза 1-амино-4-сульфонафталина (нафтионовой кислоты) из следующих веществ: а) 1-нитронафталина; б) 1-бромнафталина.
3. Какие соединения образуются при действии на окрашенную форму малахитового зеленого: а) щёлочи; б) избытка  $\text{HCl}$ ? Напишите уравнения реакций и назовите образующиеся соединения.

### Вариант 14

1. Приведите структурные формулы следующих соединений:  
 а) трифенилбромметан; б) 1-сульфо-9-хлорантрацен;  
 в) *n,n'*-(бис)диметил-аминодифенил; г) *n,n'*-диаминодифенилметан.
2. Как можно получить: а) *n,n'*-диаминодифенил (бензидин) из нитробензола; б) 1-нитро-8-бромнафталин из нафталина. Напишите уравнения соответствующих реакций.
3. Напишите схему получения красителя путём конденсации фталевого ангидрида с 2 молекулами фенола. Назовите его и укажите, к какой группе красителей он относится.

## Лабораторная работа № 15

### Реакционная способность многоядерных ароматических соединений

#### Опыт 1. *Нитрование нафталина*

В пробирку налейте 2 мл концентрированной азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ) и добавьте 0,5 г порошка нафталина, хорошо встряхните и нагрейте смесь на водяной бане в течение 3-5 мин, постоянно встряхивая пробирку. Затем вылейте содержимое пробирки в стакан с водой. Воду взять в четырёхкратном объёме. Что наблюдаете?

Вопросы:

1. Напишите уравнение реакции нафталина с азотной кислотой.

#### Опыт 2. *Сульфирование нафталина*

В сухую пробирку поместите 1 г порошка нафталина и нагрейте до плавления, затем охладите и добавьте 1 мл концентрированной серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), несколько кипячительных камешков и осторожно нагрейте в течение 2-3 мин, до достижения однородной массы. После остывания добавьте к содержимому пробирки 2 мл воды и снова нагрейте, а затем охладите. При этом образуются кристаллы нафталинсульфокислоты. Если к кристаллам добавить ещё воды, то наблюдается их растворение.

Вопросы:

1. Напишите уравнение реакции нафталина с концентрированной серной кислотой и сделайте вывод о растворимости его сульфозамещённого соединения.

#### Опыт 3. *Восстановление антрахинона*

В сухую пробирку поместите несколько кристалликов антрахинона, добавьте 2-3 мл разбавленного раствора  $\text{NaOH}$  и нагрейте смесь до кипения. Затем добавьте сюда же порошка алюминия и нагрейте ещё 2-3 мин. По окончании выделения пузырьков водорода образуется окрашенная жидкость. Отметьте, в какой цвет окрашивается жидкость и что происходит с окраской, если встряхнуть содержимое пробирки.

Вопросы:

1. Напишите уравнение реакции восстановления антрахинона.

#### Опыт 4. *Реакция ализарина (протравное крашение)*

В пробирку поместите 1 г ализарина и прилейте 8-10 мл воды, хорошо встряхните и добавьте 1-2 мл 10% раствора NaOH. Отметьте, в какой цвет окрасился раствор.

В другую пробирку или стаканчик налейте 4 мл насыщенного раствора алюмокалиевых квасцов, погрузите туда полоску белой ткани, отожмите от избытка жидкости и погрузите её в приготовленный раствор ализарина, предварительно нагрев его до кипения. Помешивая палочкой, выдержите ткань в этом растворе 2-3 мин, а затем достаньте её стеклянной палочкой, промойте проточной водой и высушите. Отметьте, в какой цвет окрасилась ткань.

Вопросы:

1. Напишите уравнение реакции получения ализаринового красителя.

#### **Техника безопасности**

1. Опыт 1 требует осторожного обращения с концентрированной  $\text{HNO}_3$ .
2. Опыт 2 требует осторожного нагревания смеси, т.к. она содержит концентрированную  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
3. Опыты 3,4 требуют соблюдения правила нагревания жидкостей.

### **ЗАНЯТИЕ 18**

#### **Тем: Гетероциклические соединения**

#### **Вопросы для самоподготовки**

1. Понятие о гетероциклических соединениях, распространение их в природе и роль в биологических процессах (хлорофилл, гемоглобин). Классификация гетероциклических соединений, номенклатура.
2. Пятичленные ароматические гетероциклические соединения: фуран, пиррол, тиофен. Влияние гетероатомов на их ароматичность. Общая характеристика свойств.
3. Индол, индоксил. Синтез индиго. Понятие о кубовом крашении.
4. Шестичленные ароматические гетероциклические соединения: пиридин,  $\alpha$ - и  $\gamma$ -пираны. Пиридин, его строение, ароматичность, основность, особенность распределения электронной плотности. Реакции нуклеофильного и электрофильного замещения. Понятие об активных красителях. 1,3,5-Триазин. Хлористый цианур (2,4,6-трихлортриазин), его значение для синтеза активных красителей.



