Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

Факультет технологии и товароведения

Кафедра химии

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы

ВОРОНЕЖ 2018

Печатается по решению редакционно-издательского совета
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный
университет имени императора Петра I»

УДК 547(075)
ББК 24.2я7
Ф 912

Рецензенты:
кандидат с.-х. наук, доцент Гасанова Е.С. (ВГАУ), кандидат с.-х. наук, доцент Королькова Н.В. (ВГАУ), доктор биологических наук, профессор Илларионов А.И. (ВГАУ)

Фролова В.В., Дьяконова О.В., Шапошник А.В.
Органическая химия: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – 140с.

Данное учебно-методическое пособие предназначено для обучающихся по специальности 36.03.01 «Ветеринария» и направлениям подготовки: 35.03.04 «Агрономия», 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», 36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза», 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья», 38.03.07 «Товароведение», 36.03.02 «Зоотехния», 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции».

Пособие состоит из трех разделов. В разделе «Классификация органических соединений. Углеводороды» приведены упражнения, позволяющие освоить основные принципы классификации органических соединений, правила номенклатуры углеводородов, являющихся основой всех классов органических соединений, а также характерные для них типы химических реакций.

В разделе «Кислородсодержащие органические соединения и жиры» обучающимся предлагаются задания по классификации, номенклатуре и основным химическим свойствам важнейших кислородсодержащих органических соединений: спиртов, фенолов, альдегидов, кетонов, карбоновых кислот, а также жиров.

В разделе «Гетерофункциональные и гетероциклические органические соединения» особое внимание уделено изучению природных классов органических соединений: углеводов, азотсодержащих соединений, аминокислот, белков, гетероциклов и нуклеиновых кислот, которые составляют основу жизнедеятельности растительных и животных организмов, пищевых и других продуктов переработки сельскохозяйственного сырья.

Выполнение предлагаемых заданий способствует развитию у обучающихся логического мышления и вырабатывает навыки самостоятельной работы с учебником и другими учебно-методическими материалами.

Табл. 7. Ил. 8. Библиогр. 10 назв.

© Фролова В.В., Дьяконова О.В., Шапошник А.В., 2018
© ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие предназначено для обучающихся по специальности 36.03.01 «Ветеринария» и направлениям подготовки: 35.03.04 «Агрономия», 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», 36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза», 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья», 38.03.07 «Товароведение», 36.03.02 «Зоотехния», 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», в учебных стандартах которых предусмотрено изучение органической химии, и выполняются самостоятельно или под руководством преподавателя.

Целью, преследуемой при выполнении предлагаемых заданий, является проработка и закрепление лекционного материала по разделам: «Классификация органических соединений. Углеводороды», «Кислородсодержащие соединения и жиры», «Гетерофункциональные и гетероциклические органические соединения».

Усвоение основных принципов классификации, овладение правилами номенклатуры органических веществ и ознакомление с основными методами их получения и характерными для них типами химических реакций позволит обучающимся успешно ориентироваться в последующем материале курса биологической химии и других специальных дисциплин.

Выполнение предлагаемых заданий способствует развитию у обучающихся логического мышления и вырабатывает навыки самостоятельной работы с учебником и другими учебно-методическими материалами. Последовательное выполнение заданий с постепенным их усложнением позволит дифференцированно учитывать разный уровень подготовки обучающихся.

Раздел I. «КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. УГЛЕВОДОРОДЫ»

Тема 1. Классификация органических соединений

Классификация органических соединений основана на следующих признаках:

I. Строение углеродного скелета.

II. Тип связи в углеродном скелете.

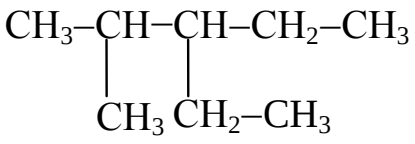
III. Наличие функциональных групп.

Основой всех органических соединений является ***углеродный скелет***, т.е. совокупность соединенных между собой атомов углерода.

I. По строению углеродного скелета органические соединения подразделяют на следующие группы:

1. **Ациклические (**алифатические) содержат открытые цепи нормального или разветвленного строения:

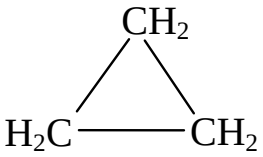
пентан



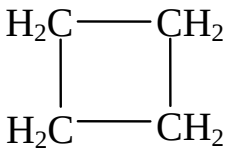
2-метил-3-этилпентан

2. **Циклические**:

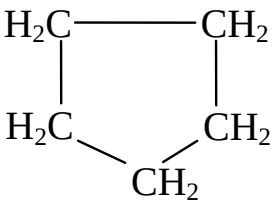
а) ***Карбоциклические,*** содержат углеродные цепи, замкнутые в циклы разной величины.



циклопропан

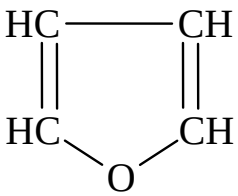


циклобутан

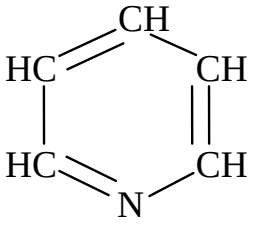


циклопентан

б) ***Гетероциклические***, содержат в цикле кроме атомов углерода атомы других элементов или гетероатомы (N, O, S):



фуран



пиридин

II. Каждый класс соединений делится по **типу связи** в углеводородном радикале на **предельные** (насыщенные), содержащие только одинарные σ-связи, и **непредельные**, или ненасыщенные – с **кратными** (т.е. двойными или тройными) связями, содержащие то или иное количество π-связей. В отдельную группу выделяют **ароматические** соединения, содержащие замкнутую π-электронную систему – так называемую "ароматическую связь".

Так, по строению углеродного скелета и по типам связей классификацию углеводородов можно представить следующим образом:

1. **Предельные углеводороды**:

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$

бутан

2. **Непредельные углеводороды**:

$CH_2=CH–CH_2–CH_3$ $\qquad$ $CH_3–C\equiv C–CH_3$

бутен-1 $\qquad$ бутин-2

3. **Ароматические углеводороды**:

или

бензол

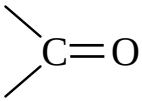
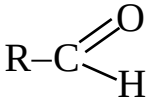
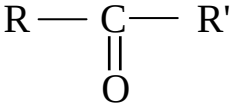
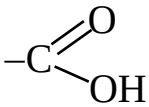
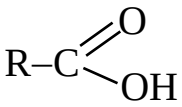
III. **В зависимости от наличия характерной группировки атомов**, т.е. функциональной группы**,** органические соединения подразделяются на классы.

Функциональная группа – это, как правило, наиболее изменяемая часть молекулы, которая обуславливает особенности химического поведения данного класса соединений.

Родоначальным классом являются **углеводороды** – соединения, состоящие из атомов углерода и водорода. Все остальные классы рассматриваются как производные углеводородов. Атомы водорода в молекуле углеводорода могут замещаться на функциональные группы и образовывать соединения других классов.

Основные классы органических соединений представлены в таблице 1.

Таблица 1. **Классы органических соединений**

Функциональная группа	Название класса	Общая формула класса
–Hal (–F,–Cl,–Br,–I) галоген	Галогенопроизводные	R–Hal
–OH гидроксильная (гидроксил)	Спирты, фенолы	R–OH
 карбонильная (карбонил)	Альдегиды	
	Кетоны	
 карбоксильная	Карбоновые кислоты	
$-NH_2$ аминогруппа	Амины	$R-NH_2$
$-NO_2$ нитрогруппа	Нитросоединения	$R-NO_2$
–C≡N нитрильная группа	Нитрилы	R–C≡N
$-SO_3H$ сульфогруппа	Сульфокислоты	$R-SO_3H$

R – это остаток углеводорода без атома водорода, называемый углеводородным радикалом. Важнейшие из них приведены в таблице 2 (стр. 15).

Все классы органических соединений образуют гомологические ряды. **Гомологический ряд** – это ряд соединений, сходных по строению и свойствам, в котором отдельные члены ряда отличаются коли-

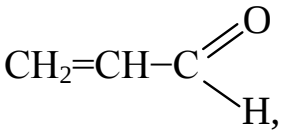
чеством групп $-CH_2-$. Члены такого ряда называются “**гомологами**”.

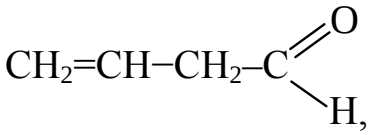
Примеры гомологических рядов:

CH_4 , CH_3-CH_3 , $CH_3-CH_2-CH_3$, … - предельные углеводороды (алканы);

$CH_2=CH_2$, $CH_2=CH-CH_3$, $CH_2=CH-CH_2-CH_3$, … - непредельные углеводороды (алкены);

CH_3OH , CH_3-CH_2OH , $CH_3-CH_2-CH_2OH$, … - предельные одноатомные спирты;



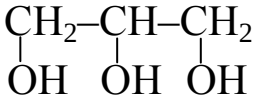


$CH_2=CH-C(=O)H$, $CH_2=CH-CH_2-C(=O)H$, … - непредельные альдегиды;

$HCOOH$, CH_3-COOH , CH_3-CH_2-COOH , … - предельные одноосновные карбоновые кислоты.

Органические вещества, содержащие несколько одинаковых функциональных групп, относятся к **полифункциональным** соединениям**,** например, трехатомный спирт – глицерин:

$$\begin{array}{ccccc} CH_2 & - & CH & - & CH_2 \\ | & & | & & | \\ OH & & OH & & OH \end{array}$$



Соединения с различными функциональными группами называют **гетерофункциональными** или соединениями со смешанными функциями.

Примеры:

$HO-CH_2-COOH$	NH_2-CH_2-COOH
класс оксикислот	***класс аминокислот***
оксиуксусная кислота	аминоуксусная кислота
(гликолевая)	(глицин)

Поли- и гетерофункциональные соединения играют важнейшую роль в биологических процессах.

Наиболее важные представители классов органических соединений приведены в приложении (таблица 3).

Тема № 1

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1

- Дополните формулы **недостающими атомами** водорода.
- Выделите рамками **функциональные группы.**
- Определите, к каким **классам** относятся данные соединения.
- Укажите **тип** каждого вещества:

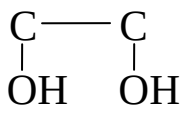
1) по ***строению углеродного скелета*** (ациклический линейный, ациклический разветвленный, карбоциклический, гетероциклический);
2) по ***характеру связей*** в углеродном скелете (предельный, непредельный, ароматический);
3) по ***числу функциональных групп***, если они имеются (монофункциональный, полифункциональный, гетерофункциональный).

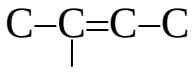
Задание 2

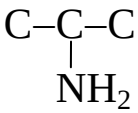
Приведите **сокращенные структурные формулы** *любых соединений*, соответствующих данным определениям.

Вариант 1

Задание 1

а) 

б) 

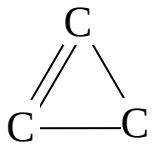
в) 

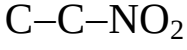
Задание 2

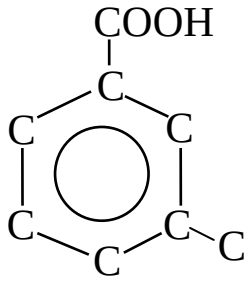
а) Простейший углеводород, содержащий две двойные связи.
б) Трехатомный спирт с пятью атомами углерода в молекуле.
в) Ароматическая аминокислота.

Вариант 2

Задание 1

а) 

б) 

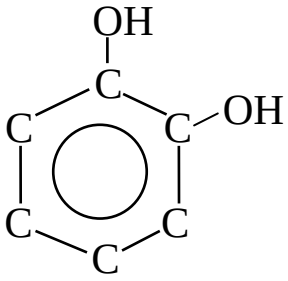
в) 

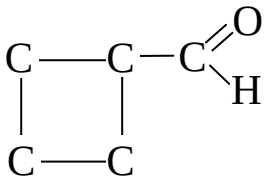
Задание 2

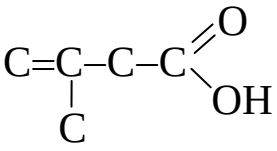
а) Ароматический углеводород.
б) Непредельный кетон.
в) Аминоспирт.

Вариант 3

Задание 1

а) 

б) 

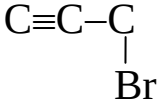
в) 

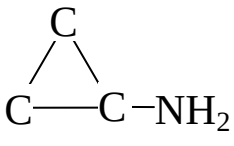
Задание 2

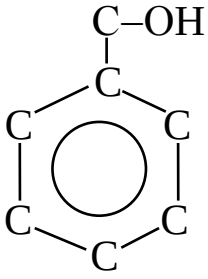
а) Непредельный одноатомный спирт.
б) Ароматический кетон.
в) Циклический углеводород.

Вариант 4

Задание 1

а) 

б) 

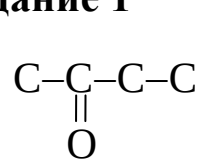
в) 

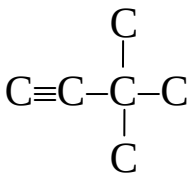
Задание 2

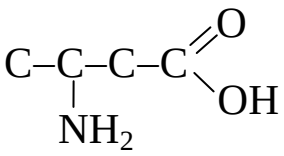
а) Ароматическая сульфокислота.
б) Двухатомный спирт с пятью атомами углерода в молекуле.
в) Пятичленный гетероцикл с атомом кислорода.

Вариант 5

Задание 1

а) 

б) 

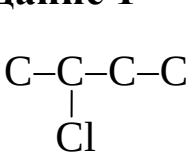
в) 

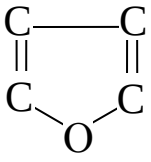
Задание 2

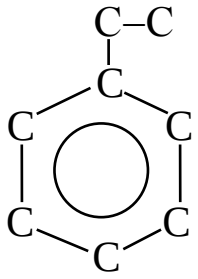
а) Циклический непредельный углеводород.
б) Предельный трехатомный спирт.
в) Ароматическая кислота.

Вариант 6

Задание 1

а) 

б) 

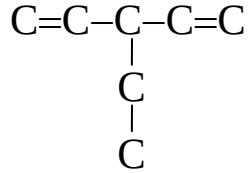
в) 

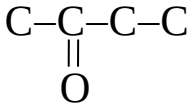
Задание 2

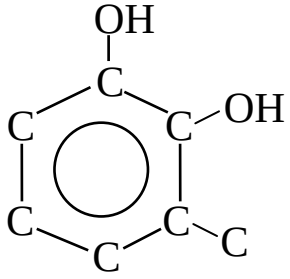
а) Непредельный циклический спирт.
б) Ароматический альдегид.
в) Предельная аминокислота.

Вариант 7

Задание 1

а) 

б) 

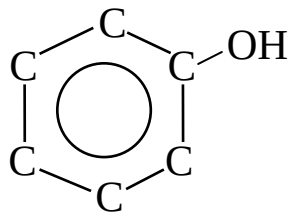
в) 

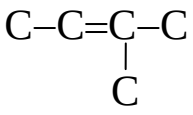
Задание 2

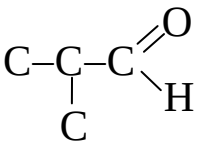
а) Ароматическая одноосновная кислота.
б) Предельный кетон с пятью атомами углерода в молекуле.
в) Непредельный циклический альдегид.

Вариант 8

Задание 1

а) 

б) 

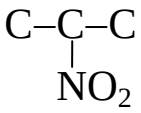
в) 

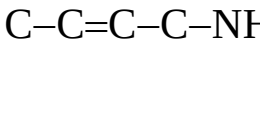
Задание 2

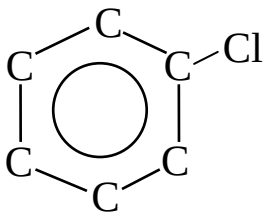
а) Непредельная ациклическая кислота.
б) Галогенпроизводное ароматического углеводорода.
в) Предельный двухатомный спирт с четырьмя атомами углерода в молекуле.

Вариант 9

Задание 1

а) 

б) 

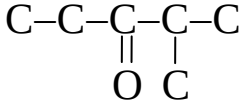
в) 

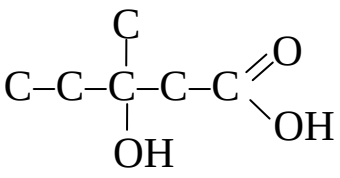
Задание 2

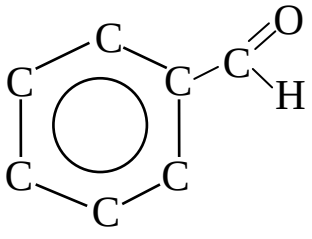
а) Непредельный кетон с тройной связью в главной цепи.
б) Предельный трехатомный спирт.
в) Ароматическое нитросоединение.

Вариант 10

Задание 1

а) 

б) 

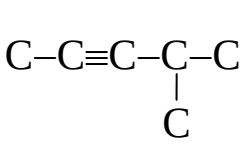
в) 

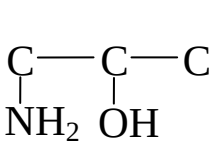
Задание 2

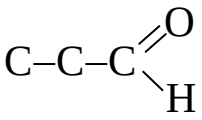
а) Предельный циклический двухатомный спирт.
б) Непредельная одноосновная кислота.
в) Непредельный амин с тройной связью в главной цепи.

Вариант 11

Задание 1

а) 

б) 

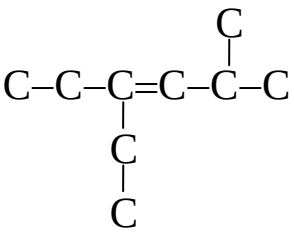
в) 

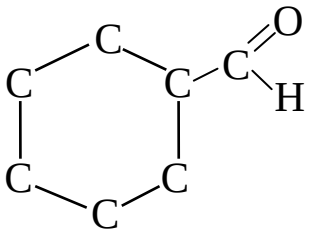
Задание 2

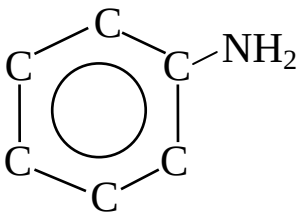
а) Непредельная двухосновная карбоновая кислота.
б) Ароматический кетон.
в) Предельное нитросоединение.

Вариант 12

Задание 1

а) 

б) 

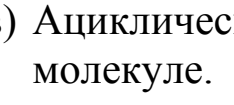
в) 

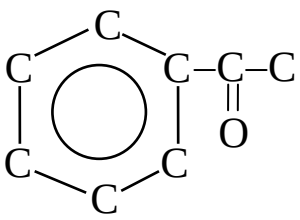
Задание 2

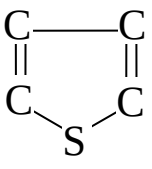
а) Предельный трехатомный спирт с разветвленным углеродным скелетом.
б) Простейшее ароматическое соединение с карбонильной группой.
в) Ациклическое нитросоединение с пятью атомами углерода в молекуле.

Вариант 13

Задание 1

а) 

б) 

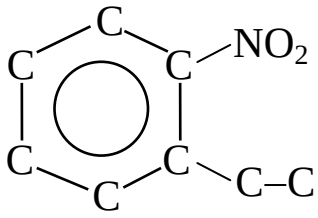
в) 

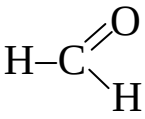
Задание 2

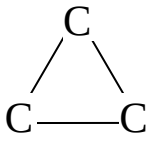
а) Непредельный альдегид.
б) Простейшее соединение, содержащее карбоксильную группу.
в) Нитрофенол.

Вариант 14

Задание 1

а) 

б) 

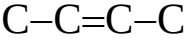
в) 

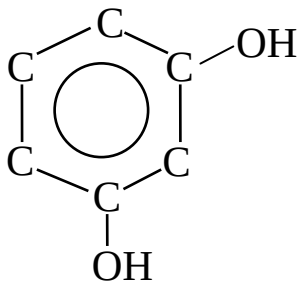
Задание 2

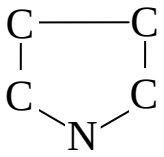
а) Простейший одноатомный спирт.
б) Предельный альдегид с четырьмя атомами углерода в молекуле.
в) Непредельный ациклический амин.

Вариант 15

Задание 1

а) 

б) 

в) 

Задание 2

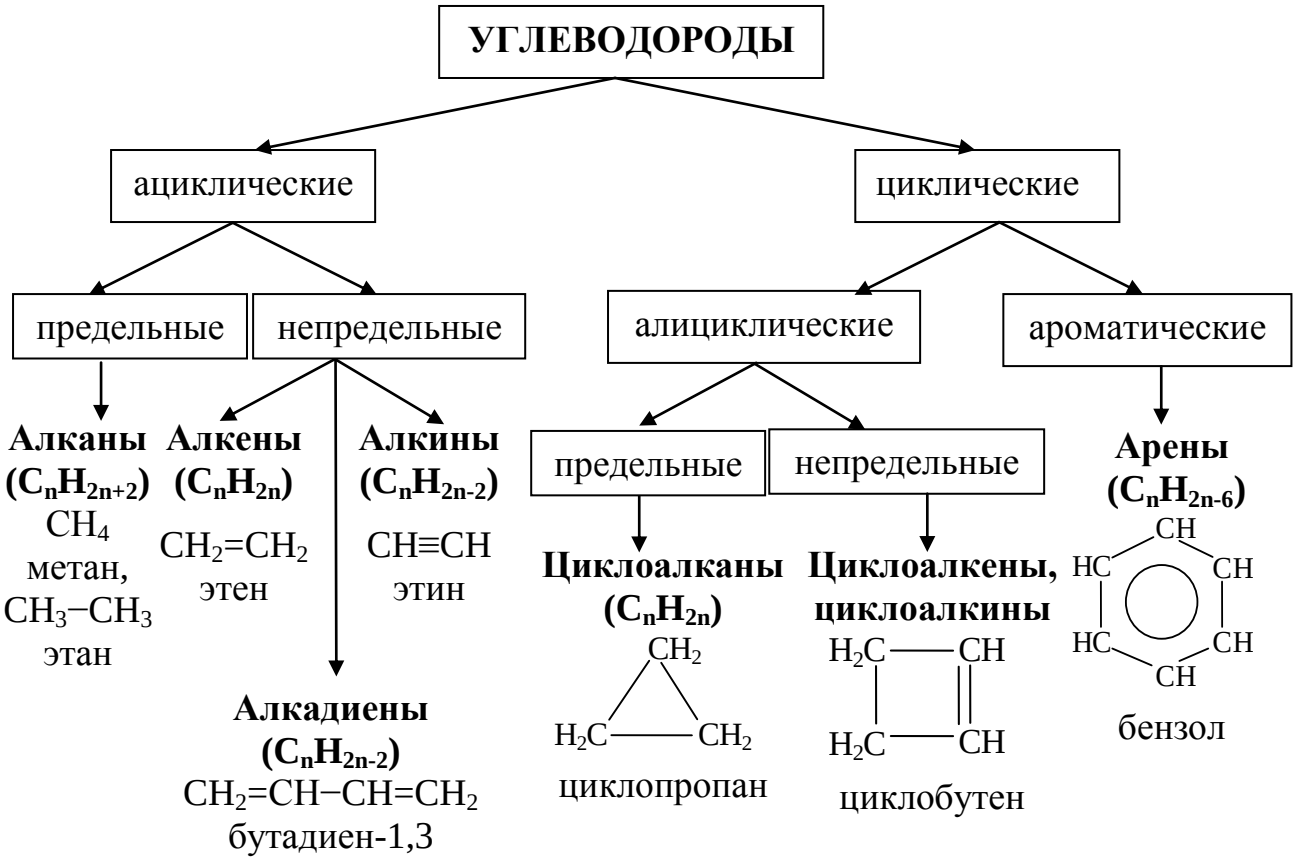
а) Бромпроизводное циклоалкана.
б) Простейший двухатомный спирт.
в) Циклическая карбоновая кислота.

Тема № 2. Изомерия и номенклатура углеводородов

Углеводороды – это органические соединения, состоящие из атомов углерода и водорода, связанных ковалентной связью. Углеводороды являются основой всех органических соединений, в том числе важнейших природных веществ – жиров, белков и углеводов.

Классификация

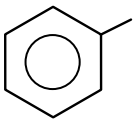
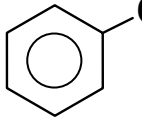
Классификацию углеводородов по строению углеродного скелета и типам связей можно представить следующим образом:



Каждый вид углеводородов образует гомологический ряд, который имеет свою общую формулу.

Остаток углеводорода (без атома водорода) называется **углеводородным радикалом** и обозначается буквой **R** (таблица 2). Углеводородный радикал, соединяясь с функциональной группой, образует соединение, относящееся к тому или иному классу соединений.

Таблица 2. **Названия важнейших радикалов**

Радикал (R)	Название
$CH_3–$	метил
$CH_3–CH_2–$	этил
$CH_3–CH_2–CH_2–$	пропил
$CH_3–\underset{|}{CH}–CH_3$	изопропил
$CH_2=CH–$	винил
 ($C_6H_5–$)	фенил
 $CH_2–$ ($C_6H_5–CH_2–$)	бензил

Изомерия углеводородов

Изомерия – это явление, когда вещества имеют одну общую формулу, т.е. одинаковый состав и молекулярную массу, но разное строение. Для углеводородов характерны следующие виды изомерии:

1. **Структурная изомерия**:

а) изомерия углеродной цепи (скелета):

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$ — н-бутан

$CH_3–\underset{|}{\underset{CH_3}{CH}}–CH_3$ — изобутан

б) изомерия положения кратной (двойной или тройной) связи:

$CH_2=CH–CH_2–CH_3$ — бутен-1

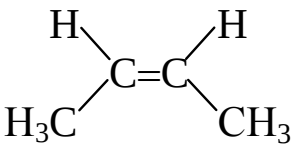
$CH_3–CH=CH–CH_3$ — бутен-2

2. **Пространственная или стереоизомерия**:

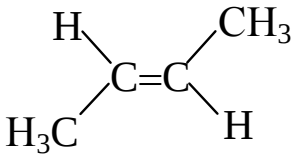
а) геометрическая (цис-, транс-) изомерия, обусловленная различным расположением фрагментов молекулы относительно плоскости двойной связи, находящейся в середине углеродной цепи:

$CH_3–CH=CH–CH_3$

бутен-2



цис-изомер



транс-изомер

Номенклатура углеводородов

Для названия углеводородов используется: **тривиальная** (историческая) номенклатура и **международная** (систематическая) номенклатура **ИЮПАК** (**IUPAC** – *The* ***International Union*** *of* ***Pure*** *and* ***Applied Chemistry*** *–* ***Международный союз теоретической и прикладной химии***), принятая в 1971г в Лондоне Международной комиссией по номенклатуре органических соединений.

Алканы – углеводороды, в молекулах которых атомы углерода связаны между собой σ-связью, а остальные их валентности предельно насыщены атомами водорода. Общая формула гомологического ряда алканов C_nH_{2n+2}. Гомологи алканов приведены в таблице 3.

Таблица 3. **Гомологи метана**

C_nH_{2n+2}	**Алканы**
CH_4	метан
$CH_3–CH_3$	этан
$CH_3–CH_2–CH_3$	пропан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$	бутан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	пентан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	гексан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	гептан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	октан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	нонан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	декан

Названия первых четырех членов гомологического ряда алканов исторически сложились. Начиная с пятого, гомологи называются в соответствии с греческими числительными (например, пента – пять, гекса – шесть, гепта – семь и т.д.) с прибавлением окончания “ан”.

Кроме того, в названиях алканов используются названия углеводородных радикалов – **алкилов**, остатков молекул углеводородов без одного атома водорода: CH_3 – метил; $CH_3–CH_2$ – этил; $CH_3–CH_2–CH_2$ – пропил, $CH_3–\underset{|}{C}H–CH_3$ – изопропил и т.д.

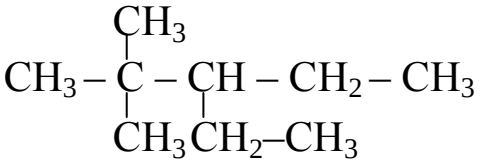
Названия алканов, имеющих разветвленную цепь, даются в соответствии с номенклатурой ИЮПАК.

Принципы международной номенклатуры ИЮПАК для алканов:

1. За основу данного соединения берут название углеводорода, соответствующего числу атомов углерода главной цепи. Главной цепью углеводорода считают: а) самую длинную и б) самую сложную, т.е. имеющую наибольшее число разветвлений.

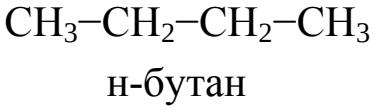
2. Нумеруют атомы углерода главной цепи, начиная с того конца, где ближе разветвление (радикал).

3. Называя соединение, вначале перечисляют радикалы (см. табл. 2), стоящие в боковой цепи, указывая цифры атомов углерода главной цепи, при которых стоят данные радикалы. Одинаковые радикалы обозначают умножающим префиксом – ди (два), три (три), тетра (четыре), пента (пять) и т.д. В конце ставят название алкана, соответствующее числу атомов углерода главной цепи:

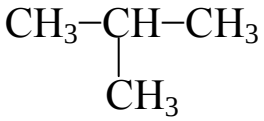


2,2-диметил-3-этилпентан

Начиная с бутана, в ряду алканов наблюдается *изомерия углеродной цепи* (структурная изомерия или изомерия углеродного скелета). Так, для бутана (C_4H_{10}) характерно два изомера:



н-бутан



изобутан

С увеличением числа атомов углерода число изомеров растет. Для пентана – 3 изомера, для гексана – 5 изомеров и т.д.

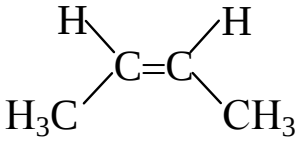
Алкены относятся к непредельным углеводородам, которые кроме σ-связей содержат π-связи. Общая формула гомологического ряда алкенов C_nH_{2n}.

Первые гомологи алкенов:

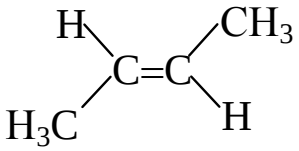
$CH_2=CH_2$	этилен (этен)	
$CH_2=CH–CH_3$	пропилен (пропен)	
$CH_2=CH–CH_2–CH_3$	бутен-1	изомеры
$CH_3–CH=CH–CH_3$	бутен-2	
$CH_2=C(CH_3)–CH_3$	2-метилпропен-1	

В ряду этиленовых углеводородов наблюдается три вида изомерии:

1) *изомерия углеродной цепи* (бутен-1 и 2-метилпропен-1)
2) *изомерия положения двойной связи* (бутен-1 и бутен-2)
3) *геометрическая цис-, транс-изомерия*:



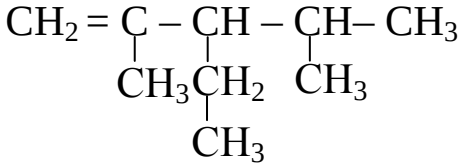
цис-бутен-2



транс-бутен-2

В соответствии с международной номенклатурой ИЮПАК в названии главной цепи алкена окончание «ан» у соответствующего предельного углеводорода (алкана) меняется на «ен».

Нумерация цепи начинается с того конца, к которому ближе двойная связь. Например:



2, 4-диметил-3-этилпентен-1

Остаток этилена без атома водорода ($CH_2=CH–$) называется винил, а остаток пропилена ($CH_2=CH–CH_2–$) – аллил.

Алкинами называются углеводороды, молекулы которых содержат тройную связь. Тройная связь представляет сочетание одной σ-связи и двух π-связей. Гомологический ряд алкинов имеет общую формулу C_nH_{2n-2}.

Первые гомологи алкинов:

$HC{\equiv}CH$	ацетилен (этин)
$HC{\equiv}C–CH_3$	метилацетилен (пропин)
$HC{\equiv}C–CH_2–CH_3$	этилацетилен (бутин-1)
$H_3C–C{\equiv}C–CH_3$	диметилацетилен (бутин-2)

} изомеры

У алкинов наблюдается два вида изомерии:

1) изомерия углеродного скелета;

2) изомерия положения тройной связи.

В соответствии с номенклатурой ИЮПАК окончание «ан» в названии алкана, соответствующего главной цепи, меняется на «ин». Например:

$$CH_3–C{\equiv}C–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–CH_3$$

4-метилпентин-2

Диеновые углеводороды содержат в молекуле две двойные связи. Общая формула C_nH_{2n-2}.

Различают три вида диеновых углеводородов:

1. Диены с кумулированными связями, у которых двойные связи находятся у одного атома углерода.

   Например:

   $CH_2=C=CH_2$ — пропадиен-1,2

   $CH_2=C=CH–CH_3$ — бутадиен-1,2

2. Диены с сопряженными связями, у которых двойные связи между атомами углерода разделены одной простой связью. Например:

   $CH_2=CH–CH=CH_2$

   бутадиен-1,3

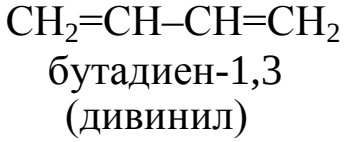
3. Диены с изолированными связями, в молекулах которых двойные связи разделены двумя и более простыми связями. Например:

   $CH_2=CH–CH_2–CH=CH_2$

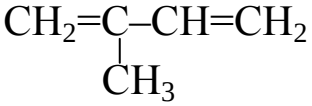
   пентадиен-1,4

По номенклатуре ИЮПАК названия диенов строятся по тому же принципу, что и названия алкенов, но перед окончанием “ен” ставится приставка ди (два), означающая количество двойных связей в молекуле. Цифрами указывается место расположения двойных связей.

Наибольшее практическое значение имеют диены с сопряженными двойными связями, такие как:

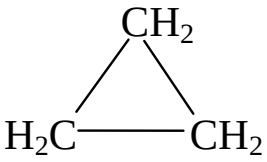


бутадиен-1,3
(дивинил)

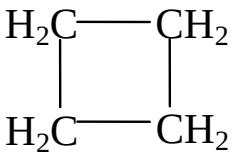


2-метилбутадиен-1,3
(изопрен)

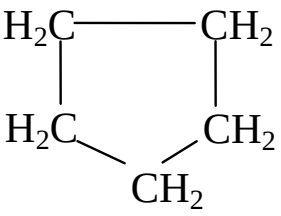
Молекулы **циклоалканов** содержат циклы разной величины. Общая формула C_nH_{2n}.



циклопропан



циклобутан

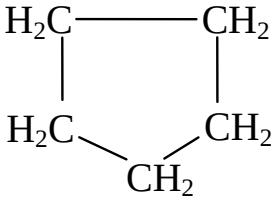


циклопентан

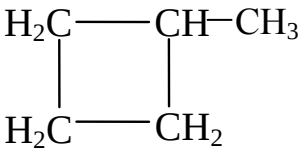
В названиях циклических углеводородов к названию соответствующего алкана прибавляется приставка «цикло-».

В ряду циклоалканов наблюдаются следующие виды изомерии:

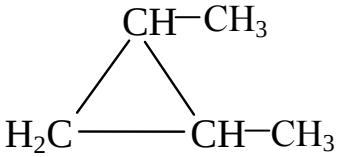
1. Изомерия циклов, например, C_5H_{10}:



циклопентан

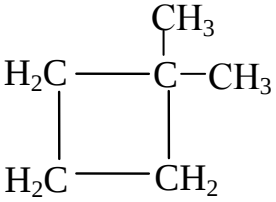


метилциклобутан

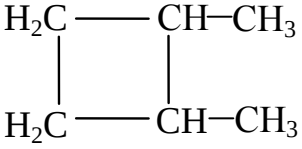


1,2-диметилциклопропан

2. Изомерия положения заместителей в цикле, например:

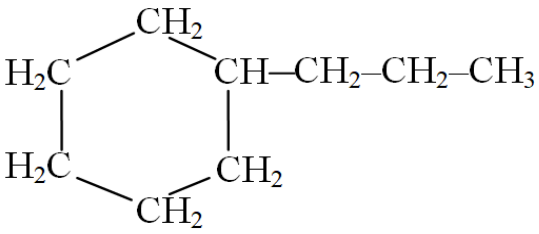


1,1-диметилциклобутан

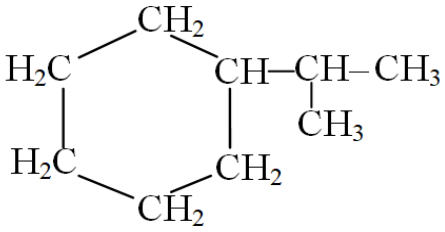


1,2-диметилциклобутан

3. Изомерия боковых цепей, например:

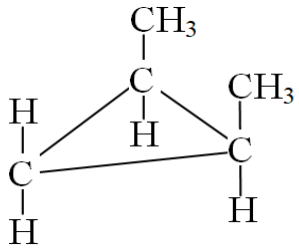


пропилциклогексан

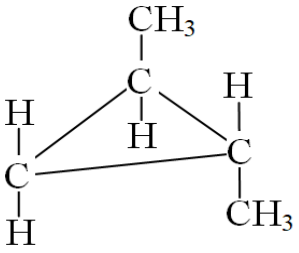


изопропилциклогексан

4. Геометрическая цис-, транс-изомерия (относительно плоскости кольца), например:

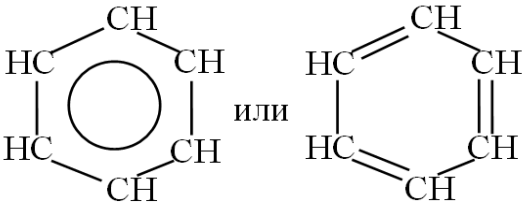


цис-1,2-диметилциклопропан

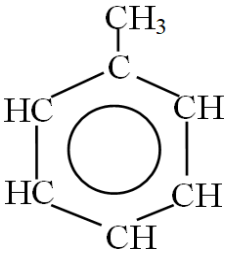


транс-1,2-диметилциклопропан

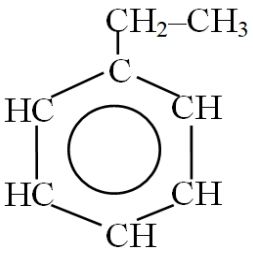
Арены содержат шестичленное кольцо и три сопряженные двойные связи. Гомологический ряд аренов начинается с бензола и имеет формулу C_nH_{2n-6}:



бензол



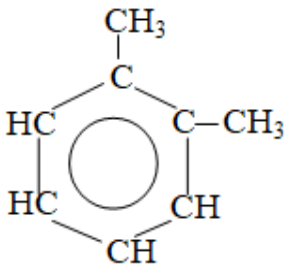
метилбензол (толуол)



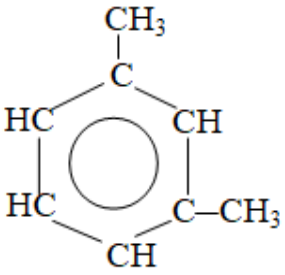
этилбензол

Для наименования аренов часто используются тривиальные названия: ***бензол, толуол*** и т.д. По международной номенклатуре ИЮПАК арены рассматриваются как производные бензола, в которых положение заместителей указывается цифрами, при этом номера атомов углеродов, у которых расположены заместители, должны быть наименьшими.

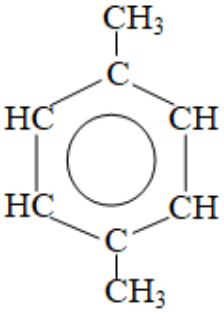
При наличии двух заместителей возможно три изомера:



1,2-диметилбензол
(орто-ксилол)

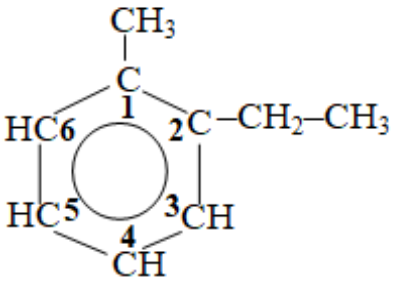


1,3-диметилбензол
(мета-ксилол)

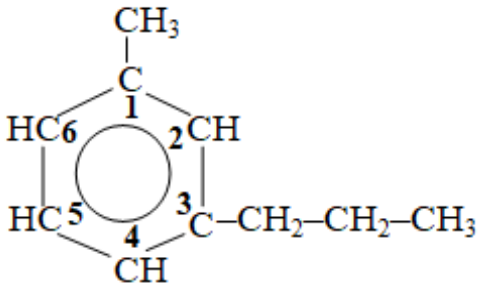


1,4-диметилбензол
(пара-ксилол)

В случае двух неодинаковых заместителей, нумерацию определяет младший заместитель:

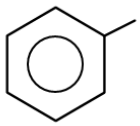


1-метил-2-этилбензол

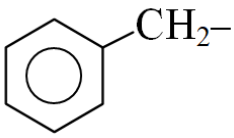


1-метил-3-пропилбензол

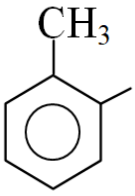
Наиболее распространены ароматические радикалы (арилы):



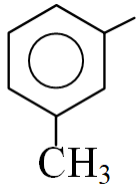
(C_6H_5–)
фенил



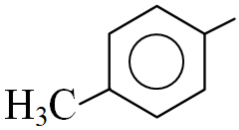
(C_6H_5–CH_2–)
бензил



(CH_3–C_6H_4–)
орто-толил



(CH_3–C_6H_4–)
мета-толил



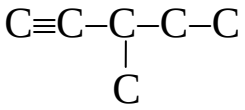
(CH_3–C_6H_4–)
пара-толил

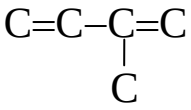
Тема № 2

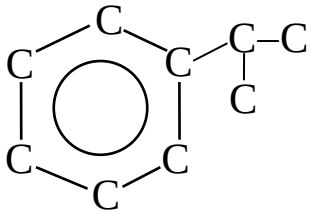
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

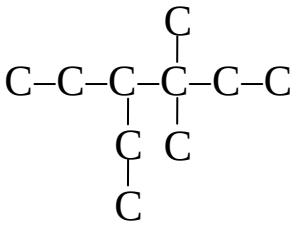
Вариант 1

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

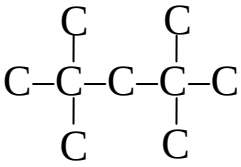
в) 

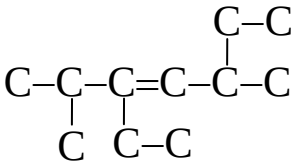
г) 

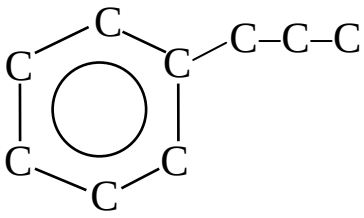
2. Напишите формулы следующих соединений:
   а) 1,2-диметилциклопропан;
   б) 2-метил-4-этилгексен-3.
3. Составьте сокращенные структурные формулы всех изомерных соединений состава C_5H_8, относящихся к алкадиенам и алкинам. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

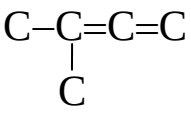
Вариант 2

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

в) 

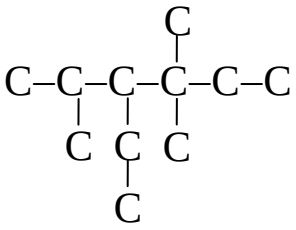
г) 

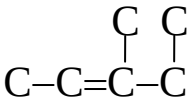
2. Напишите формулы следующих соединений:
   а) 1,3-диэтилциклопентан;
   б) 3-метил-4,4-диэтилгексин-1.

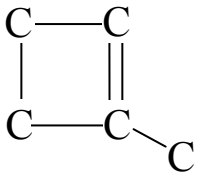
3. Напишите сокращенные структурные формулы изомеров состава C_7H_{16}, главная цепь которых состоит из пяти атомов углерода. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

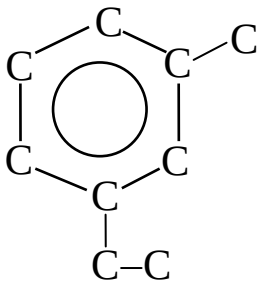
Вариант 3

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

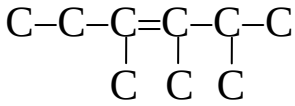
в) 

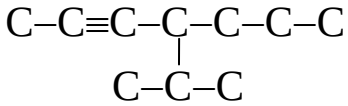
г) 

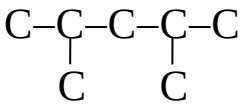
2. Составьте формулы следующих соединений:
   а) 3-метил-3-этилпентан;
   б) 3,4-диэтилгексин-1.
3. Составьте сокращенные структурные формулы алканов состава C_5H_{12} и назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Отметьте в них первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода.

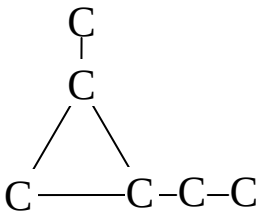
Вариант 4

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

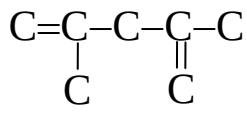
в) 

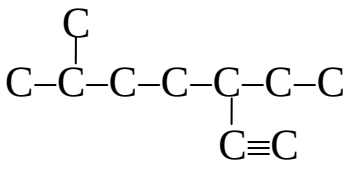
г) 

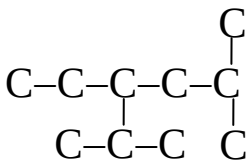
2. Напишите формулы следующих соединений:
   а) 1-метилциклогексен-1;
   б) 2,5-диметил-4-пропил-4-изопропилгептан.
3. Составьте формулы пентадиенов с изолированными, кумулированными и сопряженными двойными связями. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

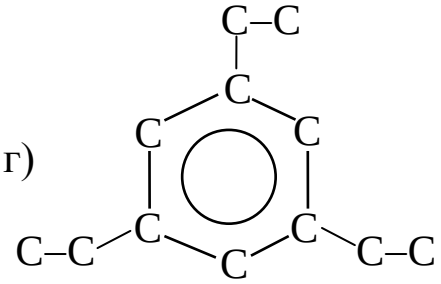
Вариант 5

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

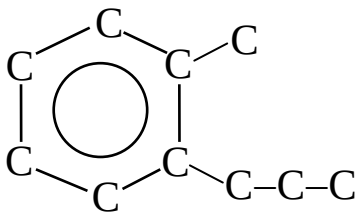
в) 

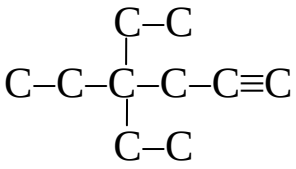
г) 

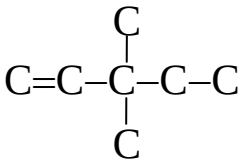
2. Составьте формулы следующих соединений:
   а) 1,3-диэтилциклопентан;
   б) 2,5-диметилгексен-3.
3. Напишите сокращенные структурные формулы изомеров гомолога бензола состава C_8H_{10} и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

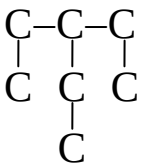
Вариант 6

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

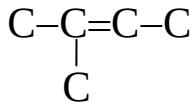
в) 

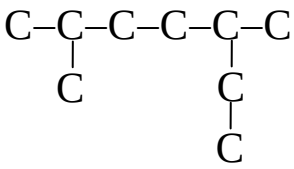
г) 

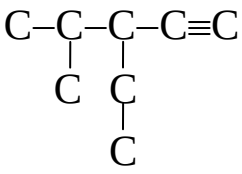
2. Составьте формулы следующих соединений:
   а) 3-этилциклогексен-1;
   б) 2,4,5-триметил-4-изопропилгептан.
3. Приведите сокращенные структурные формулы изомерных циклоалканов состава C_5H_{10}. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

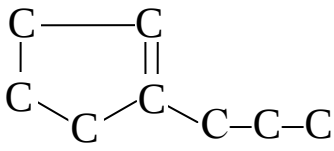
Вариант 7

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

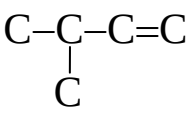
в) 

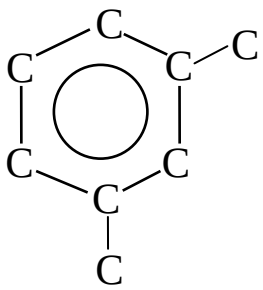
г) 

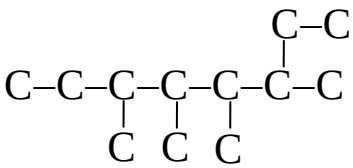
2. Напишите формулы следующих соединений:
   а) этилциклогексан;
   б) 3,4-диметилпентадиен-1,3.
3. Составьте сокращенные структурные формулы всех возможных алкенов и циклоалканов состава C_4H_8. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

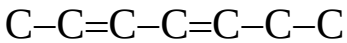
Вариант 8

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

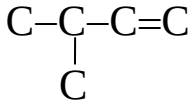
в) 

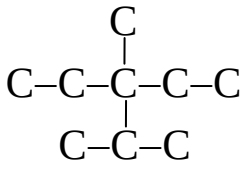
г) 

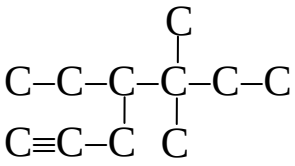
2. Составьте формулы следующих соединений:
   а) *пара*-этилпропилбензол;
   б) 1,2,3-триметилциклопропан.
3. Возможна ли *цис-транс*-изомерия у следующих соединений:
   а) пентен-2; б) бутин-2? Напишите структурные формулы изомеров.

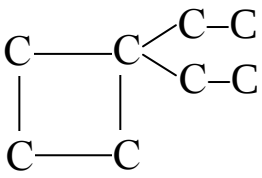
Вариант 9

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

   а) 

   б) 

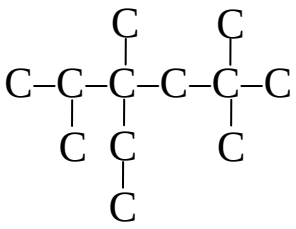
   в) 

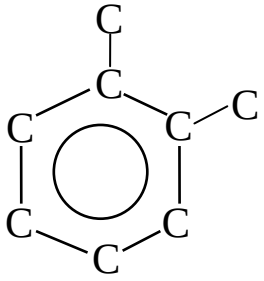
   г) 

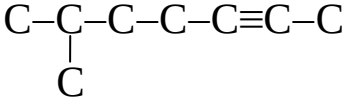
2. Напишите формулы следующих соединений:
   а) 1,5-дифенилгексан;
   б) 2,3-диметилгексадиен-2,4.
3. Приведите сокращенные структурные формулы изомерных циклоалканов состава C_6H_{12} с шестью-, пятью- и четырехчленным кольцом. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

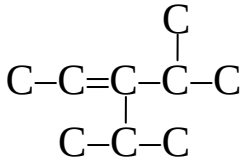
Вариант 10

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

   а) 

   б) 

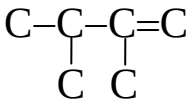
   в) 

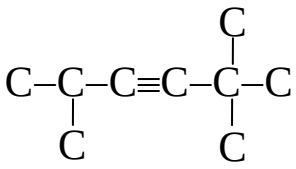
   г) 

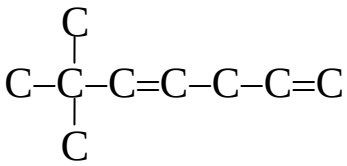
2. Составьте формулы следующих соединений:
   а) 1,3-диметилциклобутан;
   б) 2,2,5-триметилгексин-3.
3. Напишите сокращенные структурные формулы изомерных углеводородов разных гомологических рядов, имеющих молекулярную формулу C_5H_{10}, и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

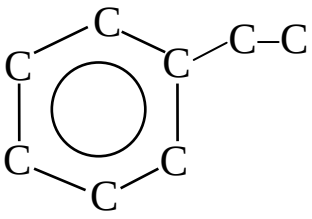
Вариант 11

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

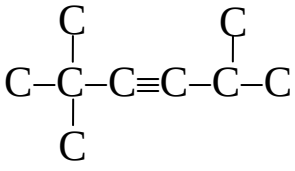
в) 

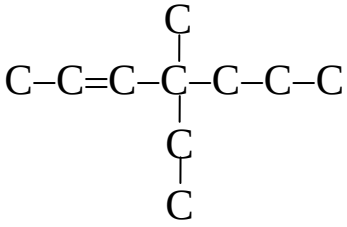
г) 

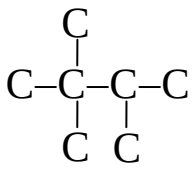
2. Составьте формулы следующих соединений:
   а) 1,2-диметилциклопентан;
   б) 2,5-диметил-3-изопропилгексан.
3. Напишите сокращенные структурные формулы всех изомерных алкенов состава C_6H_{12}. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

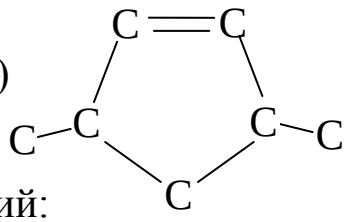
Вариант 12

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

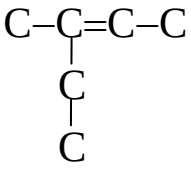
в) 

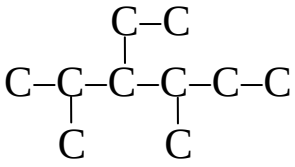
г) 

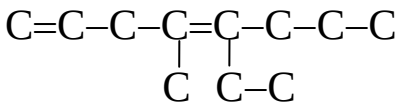
2. Составьте формулы следующих соединений:
   а) 1,1,2-триметилциклопентан;
   б) 2,5-диметил-3-этилгексадиен-1,4.
3. Напишите сокращенные структурные формулы всех изомерных алкинов состава C_6H_{10} . Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

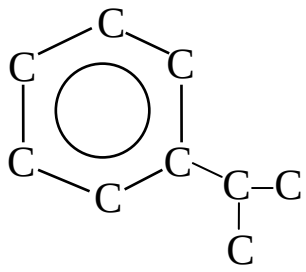
Вариант 13

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

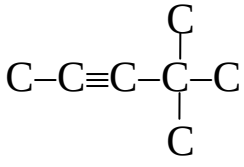
в) 

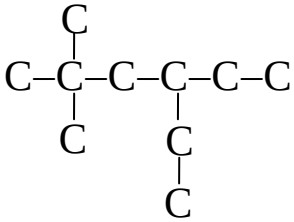
г) 

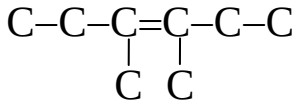
2. Напишите формулы следующих соединений:
   а) 1,3-диметилциклогексан;
   б) 2,2,6,6-тетраметилгептин-3.
3. Напишите сокращенные структурные формулы всех изомерных аренов состава C_9H_{12} . Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

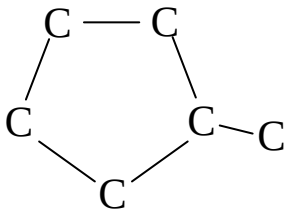
Вариант 14

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

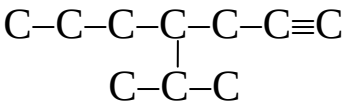
в) 

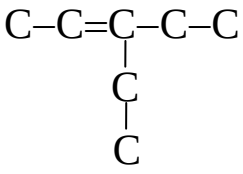
г) 

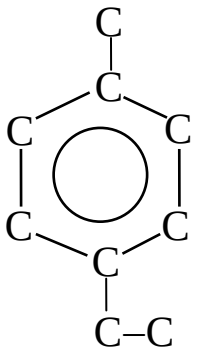
2. Составьте формулы следующих соединений:
   а) 1,2-диметилциклопропен-1;
   б) 4,5-диэтилоктадиен-1,4.
3. Для каких углеводородов состава C_5H_{10} характерно явление *цис-транс*-изомерии? Приведите структурные формулы всех изомеров и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

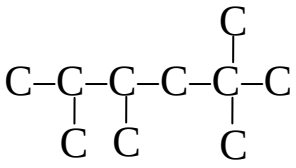
Вариант 15

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

в) 

г) 

2. Составьте формулы следующих соединений:
   а) 1-пропилциклопентен-1;
   б) 1-метил-3-этил-4-изопропилбензол.
3. Напишите сокращенные структурные формулы алкинов состава C_7H_{12} с пятью атомами углерода в главной цепи и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

Тема № 3. Химические свойства и способы получения углеводородов

Для углеводородов в зависимости от строения и вида связей характерны следующие типы реакций:

1) Замещение:

$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$ (***реакция хлорирования***)
метан хлорметан

$C_6H_6 + HO{-}NO_2 \rightarrow C_6H_5{-}NO_2 + H_2O$ (***реакция нитрования***)
бензол нитробензол

2) Присоединение:

$CH_2{=}CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3{-}CH_3$ (***реакция гидрирования***)
этен этан

$CH_2{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2Br{-}CH_2Br$ (***реакция бромирования***)
этен 1,2-дибромэтан

3) Отщепление (элиминирование):

$CH_3{-}CH_3 \rightarrow CH_2{=}CH_2 + H_2$ (***реакция дегидрирования***)
этан этен

$CH_3{-}CH_2OH \rightarrow CH_2{=}CH_2 + H_2O$ (***реакция дегидратации***)
этанол этен

4) Изомеризация:

$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \rightarrow CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3$
н-бутан изобутан

5) Окисление:

$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ (***реакция горения***)

$CH_2{=}CH_2 \xrightarrow[KMnO_4]{[O]+HOH} \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}} - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}$ (***реакция окисления по Вагнеру***)
этилен этиленгликоль

6) Полимеризация:

$n\ CH_2{=}CH_2 \xrightarrow[\text{кат-р}]{t^\circ,p} -(CH_2{-}CH_2)-_n$
этилен полиэтилен

Тема № 3

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант 1

1. Пропан подвергли хлорированию. Смесь монохлорпроизводных обработали металлическим натрием. Какие углеводороды получены? Приведите схемы реакций и назовите полученные вещества.
2. Напишите схемы реакций взаимодействия бутина-1:
   а) с водой;
   б) с водородом.
3. Приведите схемы реакций полимеризации:
   а) пропена;
   б) 2-хлорбутадиена-1,3.
4. Осуществите превращения:

$$\text{бензол} \xrightarrow[AlCl_3]{+\ CH_3Cl} ? \xrightarrow[H_2SO_4]{+\ HNO_3} ?$$

Вариант 2

1. Напишите схему реакции взаимодействия металлического натрия с 2-хлорбутаном. Назовите полученный углеводород.
2. Приведите схемы реакций взаимодействия 3-метилбутена-1:
   а) с бромом;
   б) с водным раствором $KMnO_4$.
3. Получите соответствующие дигалогенпроизводные из:
   а) 1,2-диметилциклобутана;
   б) циклогексана.
4. Осуществите превращения:

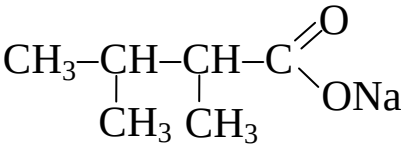
$$CH{\equiv}CH \xrightarrow{+\ CH{\equiv}CH} ? \xrightarrow{+\ H_2} ? \xrightarrow{+\ Br_2}$$

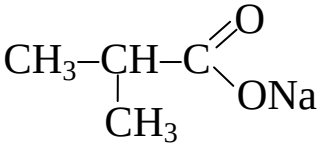
Вариант 3

1. Получите соответствующие алкены из:
   а) 2-бром-3-метилбутана;
   б) 3-метилпентина-1.
2. Напишите схемы реакций и назовите полученные соединения:
   а) монохлорирования 2-метилбутана;
   б) нитрования пентана.
3. Составьте схемы реакций полимеризации:
   а) бутена-2;
   б) 2,3-диметилбутадиена-1,3.
4. Осуществите превращения:

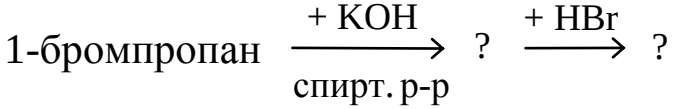
Вариант 4

1. Какие углеводороды получаются при сплавлении со щелочью данных солей? Приведите схемы реакций и назовите продукты.

а) 

б) 

2. Напишите схемы реакций взаимодействия:
   а) 2-метилпропена с хлороводородом;
   б) бутена-2 с бромом.
3. Приведите схемы реакций полимеризации:
   а) этена;
   б) 1-хлорбутадиена-1,3.
4. Осуществите превращения:



Вариант 5

1. Из каких дигалогенпроизводных можно получить указанные ниже углеводороды? Приведите схемы реакций.
   а) бутин-2;
   б) 3-метилгексин-1?
2. Какие соединения образуются при нитровании и хлорировании данных алканов? Напишите схемы реакций и назовите продукты.
   а) пропан;
   б) 2,2-диметилбутан.
3. Приведите схемы реакций гидратации:
   а) 3,4-диметилпентена-2;
   б) 2-метилбутена-1.
4. Осуществите превращения:

$$\text{этен} \longrightarrow \text{1,2-дихлорэтан} \longrightarrow \text{этин} \xrightarrow{\text{полимеризация}} ?$$

Вариант 6

1. Какие углеводороды получатся при действии металлического натрия на смесь иодметана и 2-иодбутана? Приведите схемы реакций и назовите полученные вещества.
2. Приведите схемы реакций гидратации следующих веществ:
   а) бутен-2;
   б) 2-метилпропен.
3. С какими из перечисленных ниже веществ может взаимодействовать циклопропан: водород, хлор, бромоводород, азотная кислота? Приведите схемы реакций.
4. Осуществите превращения:

$$\text{карбид кальция} \xrightarrow{+\,HOH} ? \xrightarrow{+\,CH{\equiv}CH} ? \xrightarrow{+\,H_2} ? \xrightarrow{+\,HBr} ?$$

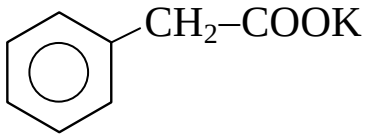
Вариант 7

1. Приведите схемы двух способов получения бутана.
2. Для бутена-1 и бутена-2 составьте схемы реакций:
   а) полимеризации;
   б) окисления по Вагнеру.
3. Составьте схемы реакций взаимодействия циклобутана:
   а) с водородом;
   б) с бромоводородом.
4. Осуществите превращения:

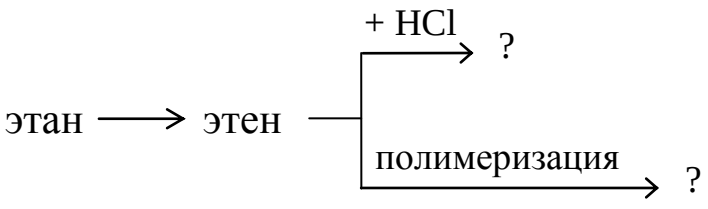
$$\text{этин} \longrightarrow \text{бензол} \longrightarrow \text{циклогексан}$$

Вариант 8

1. Какие вещества образуются при сплавлении с гидроксидом калия данных солей? Приведите схемы реакций и назовите продукты.

а) $CH_3–CH_2–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–COOK$ б) 

2. Напишите схемы реакций взаимодействия пропина:
   а) с водой;
   б) с одной и двумя молекулами бромоводорода.
3. Напишите схемы взаимодействия:
   а) бутен-1 + бромоводород;
   б) бутен-2 + р-р перманганата калия.
4. Осуществите превращения:



Вариант 9

1. Какие углеводороды получатся при взаимодействии металлического натрия со смесью бромэтана и 1-бромпропана? Назовите их, приведите схемы реакций.
2. Составьте схемы реакций:
   а) гидратации пентина-1;
   б) окисления 2-метилбутена-2 по Вагнеру.
3. Приведите схемы реакций полимеризации:
   а) пентена-1;
   б) 2,3-диметилбутадиена-1,3.
4. Осуществите превращения:

$$\text{этен} \xrightarrow{+\,Cl_2} ? \xrightarrow[\text{спирт. р-р}]{+\,KOH} ? \xrightarrow{+\,HOH} ?$$

Вариант 10

1. Исходя из 1-бромпропана получите:
   а) алкен с тем же числом атомов углерода;
   б) алкан с удвоенным числом атомов углерода.
2. Составьте схемы следующих реакций:
   а) 3-метилбутин-1 + HBr $\rightarrow$
   б) 4-этилгексин-1 + HOH $\xrightarrow[H_2SO_4]{Hg^{2+}}$
3. Для бутадиена-1,3 составьте схемы реакций:
   а) полного и частичного гидрирования;
   б) полимеризации.
4. Осуществите превращения:

$$\text{бензол} \xrightarrow[AlCl_3]{+\,C_2H_5Br} ? \xrightarrow[\text{конц. } H_2SO_4]{+\,HNO_3} ?$$

Вариант 11

1. Какие углеводороды образуются при действии металлического натрия на смесь 1-бромпропана и бромбензола? Приведите схемы реакций.
2. Напишите схемы реакций:
   а) полимеризации 2-метилбутадиена-1,3;
   б) пропина с хлором.
3. Какие продукты могут быть получены при действии брома на данные углеводороды? Составьте схемы реакций.
   а) циклопропан;
   б) циклогексан.
4. Осуществите превращения:

$$CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{+\,Cl_2} ? \xrightarrow[\text{спирт. р-р}]{+\,KOH} ? \xrightarrow{+\,H_2} ? \xrightarrow[\text{водн. р-р}]{+\,KMnO_4} ?$$

Вариант 12

1. Используя галогенпроизводные и металлический натрий, получите с помощью реакции Вюрца-Фиттига следующие углеводороды:
   а) этилбензол;
   б) изопропилбензол.
2. Напишите схемы реакций, нитрования и хлорирования 2-метилбутана. Назовите полученные соединения.
3. Приведите схемы реакций гидрирования:
   а) циклопропана;
   б) бутена-2.
4. Осуществите превращения:

$$\text{пропин} \xrightarrow{+\,H_2} ? \xrightarrow{+\,H_2} ? \xrightarrow{+\,HNO_3} ?$$

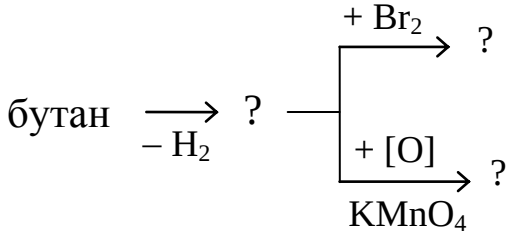
Вариант 13

1. Какой углеводород получится при действии спиртового раствора щелочи на 2-бром-2-метилбутан? Приведите схему реакции. Для полученного соединения составьте схемы реакций гидратации и гидробромирования.
2. Напишите схемы реакций полимеризации:
   а) бутена-1;
   б) бутена-2.
3. Приведите схемы реакций:
   а) нитрования 3-этилпентана;
   б) гидробромирования 2-метил-3-этилпентена-1.
4. Осуществите превращения:

$$CH{\equiv}CH \longrightarrow CH_2{=}CH_2 \longrightarrow CH_3{-}CH_2{-}OH$$

Вариант 14

1. Составьте схемы реакций получения пропена:
   а) из моногалогеналкана;
   б) из спирта.
2. Составьте схемы реакций гидратации следующих углеводородов:
   а) 3-метилбутен-1;
   б) пентин-2.
3. В какие положения будет преимущественно осуществляться нитрование данных соединений? Составьте схемы реакций и назовите продукты.
   а) метилбензол;
   б) нитробензол.
4. Осуществите превращения:



Вариант 15

1. Напишите схемы реакций получения алканов, при которых число атомов углерода:
   а) увеличивается вдвое;
   б) остается прежним.
2. Составьте схемы реакций полимеризации:
   а) бутадиена-1,3;
   б) 2-метилбутадиена-1,3 (изопрена).
3. Составьте схемы реакций гидратации следующих веществ:
   а) 3-метилбутена-1;
   б) гексина-2.
4. Осуществите превращения:

пропин $\longrightarrow$ пропен $\longrightarrow$ пропан $\longrightarrow$ 2-нитропропан

Раздел II. «КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ»

Тема 4. Спирты и фенолы

Спирты – это производные углеводородов, содержащие гидроксильную группу –ОН.

Классификация

1. *По типу углеводородного радикала R*, связанного с гидроксильной группой, различают: предельные, непредельные и ароматические спирты. Например:

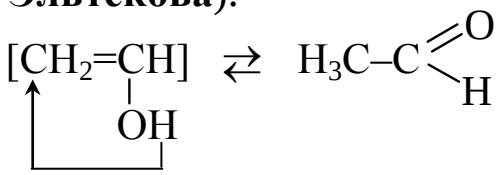
Предельные спирты. Общая формула $C_nH_{2n+1}OH$:

CH_3OH	метиловый спирт (метанол)
$CH_3–CH_2OH$	этиловый спирт (этанол)
$CH_3–CH_2–CH_2OH$	н-пропиловый спирт (пропанол-1) (первичный)
$CH_3–CH(OH)–CH_3$	изопропиловый спирт (пропанол-2) (вторичный)

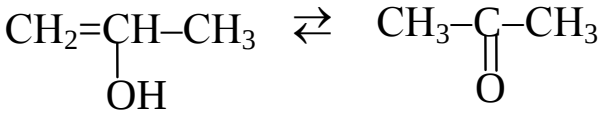
Непредельные спирты:

$CH_2=CHOH$	виниловый спирт (этенол)
$CH_2=CH–CH_2OH$	аллиловый спирт (пропенол)

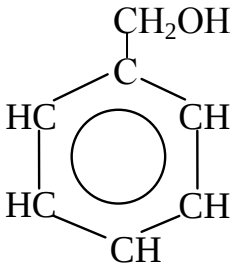
Этенол (виниловый спирт) – неустойчив, т.к. содержит гидроксильную группу при двойной связи, легко изомеризуется в уксусный альдегид (**правило Эльтекова**):



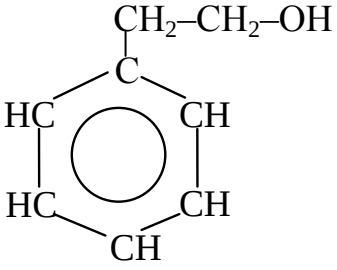
Пропен-2-ол-1 (аллиловый спирт) содержит –ОН группу, изолированную от двойной связи, поэтому устойчив, а пропен-1-ол-2 содержит гидроксильную группу при двойной связи, поэтому легко изомеризуется в ацетон:



Ароматические спирты:

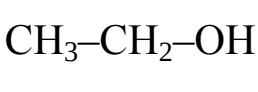


бензиловый спирт
(фенилметанол)

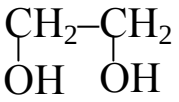


фенилэтиловый
спирт

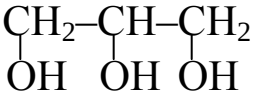
2. *По атомности*, т.е. по числу гидроксильных групп, спирты делятся на одноатомные, двухатомные (гликоли), трехатомные (глицерины) и многоатомные. Например:



<u>одноатомный</u>
этиловый спирт
(этанол)

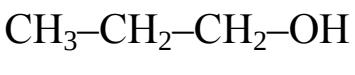


<u>двухатомный</u>
этиленгликоль
(этандиол-1,2)

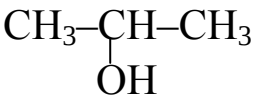


<u>трехатомный</u>
глицерин
(пропантриол-1,2,3)

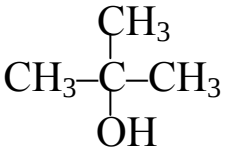
3. *По расположению гидроксильной группы* в углеродной цепи спирты принято делить на первичные (–CH_2–OH), вторичные (>CH–OH) и третичные ( ). Например:



<u>первичный</u>
пропиловый спирт
(пропанол-1)



<u>вторичный</u>
изопропиловый спирт
(пропанол-2)

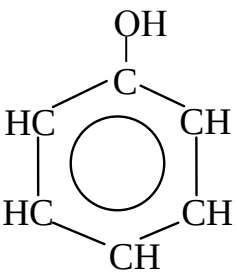


<u>третичный</u>
трет-бутиловый спирт
(2-метилпропанол-2)

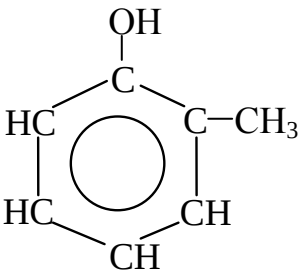
Наиболее важные представители спиртов приведены в приложении (таблица 3).

Фенолы (оксибензолы) – производные ароматических углеводородов, в молекулах которых атомы водорода при углероде ароматического кольца замещены на гидроксильные группы. Различают одноатомные, двухатомные и трехатомные фенолы.

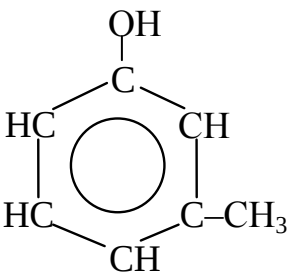
Одноатомные фенолы:



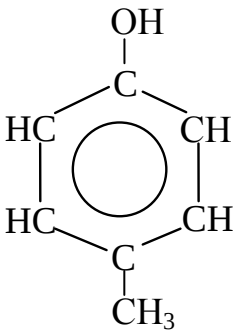
фенол (оксибензол)



орто(1,2)-крезол



мета(1,3)-крезол

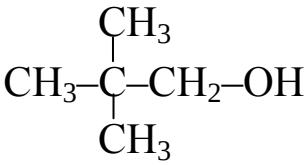


пара(1,4)-крезол

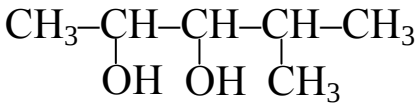
Наиболее важные представители фенолов приведены в приложении (таблица 3).

Номенклатура

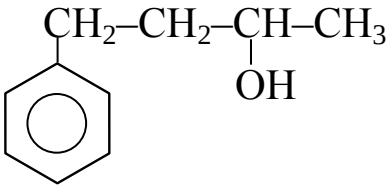
В соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК названия спиртов складываются из названия соответствующего углеводорода, к которому прибавляется окончание «-ол». Например:



2,2-диметилпропанол-1

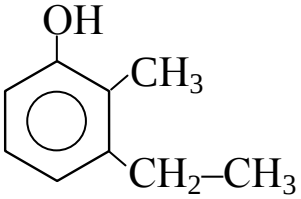


4-метилпентандиол-2,3

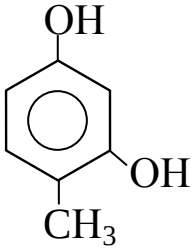


4-фенилбутанол-2

По системе ИЮПАК фенолы называют как гидроксилсодержащие производные бензола. К названию бензол добавляется приставка «окси-» («гидрокси-»). Например:



2-метил-1-окси-3-этилбензол
(2-метил-3-этилфенол)



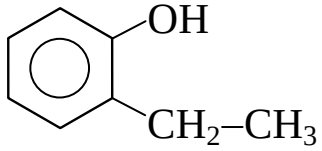
4-метил-1,3-диоксибензол

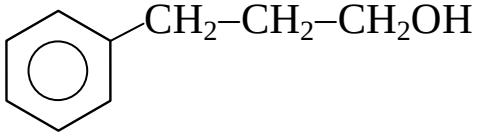
Тема № 4

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант 1

1. Напишите следующие формулы:
   а) 2-метилпропанол-1; б) гександиол-3,4.
2. К каким классам относятся данные соединения? Назовите их по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

3. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) пропанол-1 + Na →
   б) метанол + CH_3COOH →
   в) пропантриол-1,2,3 (глицерин) + $3HNO_3$ →
4. Осуществите превращения:

1-бром-3-метилбутан $\xrightarrow{+KOH}$? $\xrightarrow{+[O]}$?

Вариант 2

1. Напишите следующие формулы:

а) этенол (виниловый спирт); б) пропандиол-1,2.

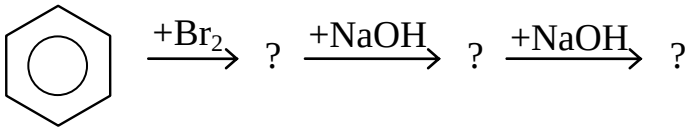
2. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК, укажите, какое из них является третичным спиртом:

а) $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}–CH_2–CH_3$

б) $CH_3–CH_2–\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}–OH$

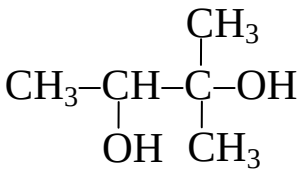
3. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) пропанол-2 + пропанол-2 →
   б) пропен-2-ол-1 + р-р $KMnO_4$ →
   в) внутримолекулярная дегидратация бутанола-2 →

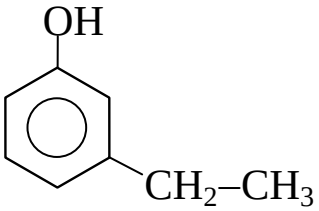
4. Осуществите превращения:



Вариант 3

1. Напишите следующие формулы:
   а) пропенол (аллиловый спирт); б) 2-метилбутанол-2.
2. К каким классам относятся данные соединения? Назовите их по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

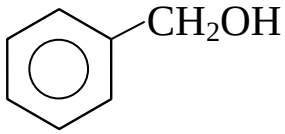
б) 

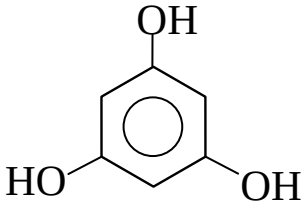
3. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) пропанол-2 + Na →
   б) этанол + [O] →
   в) гидроксибензол (фенол) + CH_3OH →
4. Осуществите превращения:

1-хлорбутан $\xrightarrow[\text{спирт. р-р}]{+KOH}$? $\xrightarrow[\text{водн. р-р}]{+KMnO_4}$? $\xrightarrow{+CH_3CH_2COOH}$?

Вариант 4

1. К каким классам относятся данные соединения? Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

а) 

б) 

2. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) метанол + Na →

б) пропанол-2 + $CH_3COOH \rightarrow$

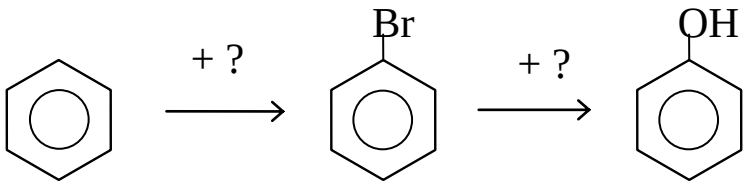
в) этанол + $NH_3 \rightarrow$

3. Какая реакция называется реакцией этерификации? Приведите примеры.
4. Осуществите превращения:

$$\text{бутен-1} \xrightarrow[\text{водн. р-р}]{+KMnO_4} ? \xrightarrow{+Cu(OH)_2} ?$$

Вариант 5

1. Напишите следующие формулы:
   а) 2-метилпропандиол-1,3; б) 1,3,5-тригидроксибензол.
2. Какой из данных спиртов устойчив и может быть получен в свободном виде: а) пропен-1-ол-2; б) пропен-2-ол-1? Обоснуйте свой ответ.
3. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) метанол + [O] $\rightarrow$
   б) пропанол-1 + HCOOH $\rightarrow$
   в) фенилметанол (бензиловый спирт) + этанол $\rightarrow$
4. Осуществите превращения:



Вариант 6

1. Назовите следующие спирты по номенклатуре ИЮПАК. Укажите какой из данных спиртов является первичным?

а) $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–CH_2OH$

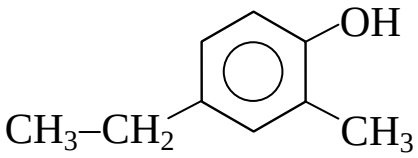
б) $CH_3–\underset{\displaystyle CH_2–CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}–OH$

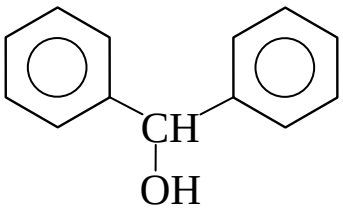
2. Напишите следующие формулы:
   а) 3,3-диметилбутанол-2; б) этенол (виниловый спирт).
   Какое из этих соединений неустойчиво и почему?
3. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) пентанол-3 + [O] →
   б) бутанол-1 + CH_3COOH →
   в) пропен-2-ол-1 + H_2 →
4. Осуществите превращения:

1-бромбутан → бутанол-1 → бутен-1 → бутанол-2

Вариант 7

1. Определите класс приведенных соединений и назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите, какие спиртовые группы (первичные, вторичные или третичные) они содержат:

а) 

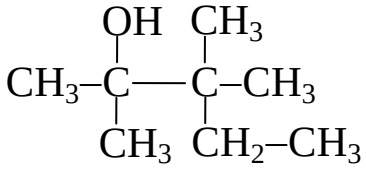
б) 

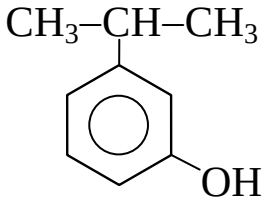
2. Напишите формулы спиртов:
   а) 2-метилбутандиол-2,3; б) пропандиол-1,1.
   Какой из них неустойчив и почему?
3. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) пропенол (аллиловый спирт) + H_2 →
   б) гидроксибензол (фенол) + Br_2 →
   в) бутанол-1 + метанол →
4. Осуществите превращения:

2-хлорпропан $\xrightarrow{+NaOH}$? $\xrightarrow{+[O]}$?

Вариант 8

1. Назовите по номенклатуре ИЮПАК данные соединения.
   К каким классам они относятся?

а) 

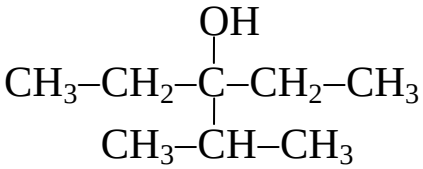
б) 

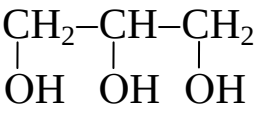
2. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) этандиол-1,2 + Na →
   б) пропанол-2 + этанол →
   в) метанол + HCOOH →
3. Какой реакцией можно отличить фенол от ароматического спирта?
4. Осуществите превращения:

этен → этанол → этаналь

Вариант 9

1. Назовите данные соединения по номенклатуре ИЮПАК.
   Укажите, какое из них является многоатомным спиртом?

а) 

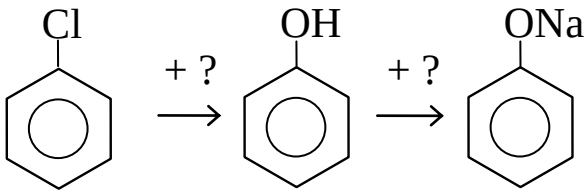
б) 

2. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) фенилметанол (бензиловый спирт) + Na →
   б) этанол + CH_3COOH →
   в) этандиол-1,2 (этиленгликоль) + $Cu(OH)_2$ →
3. Что такое простые эфиры? Приведите схему образования простого эфира на примере пропанола-1.
4. Осуществите превращения:

пропен $\xrightarrow{+Cl_2}$? $\xrightarrow{+KOH}$?

Вариант 10

1. Напишите формулы, соответствующие названиям:
   а) 2,3-диметилбутанол-1; б) 2-этил-1-гидроксибензол.
2. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) фенилметанол (бензиловый спирт) + HCOOH →
   б) гидроксибензол (фенол) + $3HNO_3$ →
   в) пропанол-2 + [O] →
3. Напишите схему реакции образования тринитроглицерина. Где применяется это соединение?
4. Осуществите превращения:



Вариант 11

1. Назовите данные соединения по номенклатуре ИЮПАК. Укажите, к какой группе спиртов они относятся:

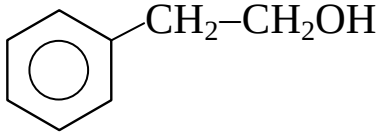
   а) $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–CH_3$ б) $CH_2=CH–CH_2–OH$

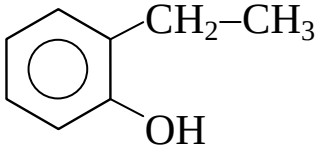
2. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) гидроксибензол (фенол) + CH_3COOH →
   б) метанол + пропанол-1 →
   в) окисление бутанола-1 →
3. Какой реакцией можно отличить многоатомный спирт от одноатомного? Приведите схему соответствующей реакции.
4. Осуществите превращения:

1,4-дибромбутан $\xrightarrow{+KOH}$? $\xrightarrow{+[O]}$?

Вариант 12

1. Укажите, к каким классам относятся представленные здесь соединения. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

2. Напишите формулы, соответствующие названиям:
а) 2-метилбутандиол-1,4; б) 2-метилбутен-3-ол-1.
3. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) пропанол-2 + HCOOH →
   б) бутен-3-ол-2 + р-р $KMnO_4$ →
   в) пропантриол-1,2,3 (глицерин) + $3HNO_3$ →
4. Осуществите превращения:

$$CH_3–CH_2OH \xrightarrow[-H_2O]{} ? \xrightarrow{+Cl_2} ? \xrightarrow[\text{водн. р-р}]{+2KOH} ? \xrightarrow{+Cu(OH)_2} ?$$

Вариант 13

1. Напишите формулы ароматического спирта и фенолов общей формулы C_7H_8O. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК.
2. Напишите следующие формулы:
   а) 2,3-диметилпетандиол-2,3; б) бутандиол-2,2.
   Какой из этих спиртов неустойчив и почему?
3. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) пропантриол-1,2,3 (глицерин) + $Cu(OH)_2$ →
   б) межмолекулярная дегидратация метанола →
   в) фенилметанол (бензиловый спирт) + CH_3COOH →
4. Осуществите превращения:

бутен-1 → бутанол-2 → бутанон-2

Вариант 14

1. Назовите данные соединения по номенклатуре ИЮПАК. Укажите, к какой группе спиртов они относятся:

   а) $CH_3–CHOH–CH_3$ б) $CH_2OH–CH_2–CH_2OH$

2. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) гидроксибензол (фенол) + NaOH →
   б) пропен-2-ол-1 + HCl →
   в) этандиол-1,2 + этандиол-1,2 →

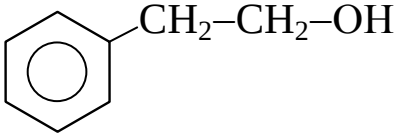
3. Какими реакциями можно доказать наличие двойной связи в пропеноле (аллиловом спирте)?

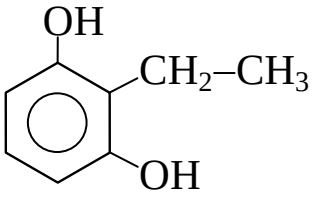
4. Осуществите превращения:

$$\text{1,3-дибромпропан} \xrightarrow{+KOH} ? \xrightarrow{+2CH_3OH} ?$$

Вариант 15

1. Укажите, к каким классам относятся представленные здесь соединения. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК:

   а) 

   б) 

2. Напишите схемы реакций и назовите продукты:
   а) метанол + пропанол-2 →
   б) этанол + HCOOH →
   в) 1,3-дигидроксибензол (резорцин) + NaOH →

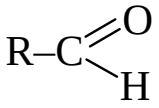
3. Как называется реакция образования сложного эфира? Приведите пример этой реакции.

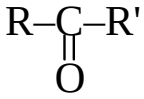
4. Осуществите превращения:

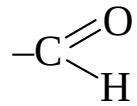
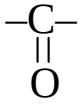
$$\text{пропен} \xrightarrow{+HBr} ? \xrightarrow{+H_2O} ? \xrightarrow{+Na} ?$$

Тема № 5. Альдегиды и кетоны

Альдегиды и кетоны являются производными углеводородов, которые содержат карбонильную (оксо-) группу >C=O. В альдегидах углерод карбонильной группы связан с атомом водорода и углеводородным радикалом, а в кетонах – с двумя углеводородными радикалами.


альдегид

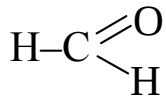

кетон

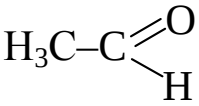
Группа  называется альдегидной группой, а группа  называется кетонной группой.

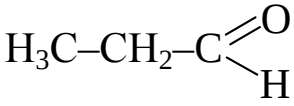
Классификация

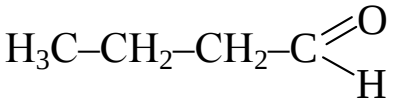
Альдегиды и кетоны различают по типу углеводородного радикала R. Они делятся на предельные, непредельные и ароматические:

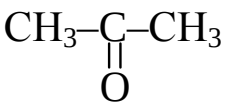
Предельные альдегиды и кетоны:

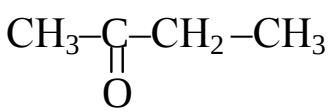
 муравьиный альдегид (метаналь)

 уксусный альдегид (этаналь)

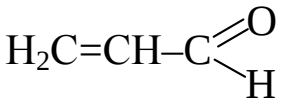
 пропионовый альдегид (пропаналь)

 масляный альдегид (бутаналь)

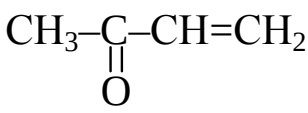
 ацетон, диметилкетон (пропанон)

 метилэтилкетон (бутанон)

Непредельные альдегиды и кетоны:

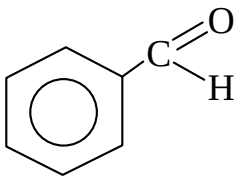


акролеин (пропеналь)

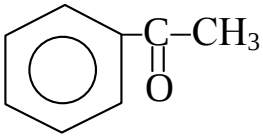


метилвинилкетон (бутенон)

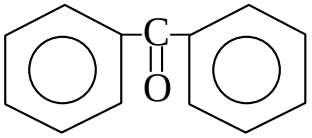
Ароматические альдегиды и кетоны:



бензойный альдегид (бензальдегид)

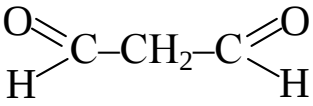


ацетофенон (метилфенилкетон)

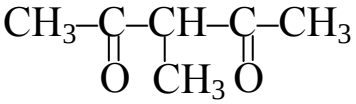


бензофенон (дифенилкетон)

Кроме того, по числу карбонильных групп оксосоединения подразделяются на моно-, ди- и поликарбонильные (например, диальдегид, дикетон и т.д.). Например:



пропандиаль



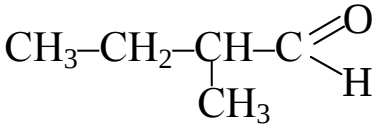
3-метилпентандион-2,4

Наиболее важные представители альдегидов и кетонов приведены в приложении (таблица 3).

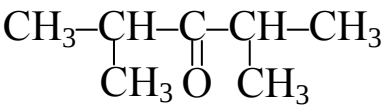
Номенклатура

Тривиальные названия альдегидов соответствуют названиям кислот, в которые они окисляются. Названия кетонов складываются из названий радикалов и слова «кетон» (рациональная номенклатура).

По номенклатуре ИЮПАК карбонильная группа называется оксо-группой, а альдегиды и кетоны – оксосоединениями, но чаще наличие альдегидной группы обозначается окончанием «-аль», а наличие кетонной группы – окончанием «-он». Например:



2-метилбутаналь



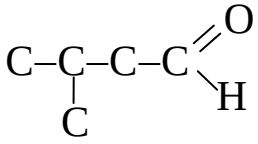
2,4-диметилпентанон-3

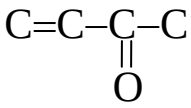
Тема № 5

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант 1

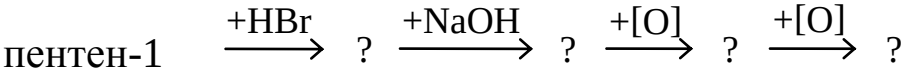
1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

2. Напишите схемы реакций взаимодействия метаналя (формальдегида): а) с водородом; б) с хлоридом фосфора (V); в) с оксидом серебра. Назовите полученные соединения.

3. Осуществите превращения:

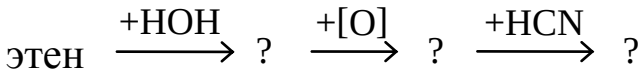


Вариант 2

1. Напишите структурные формулы соединений:
а) 2-метилпропаналь; б) 4-метилпентен-3-он-2.

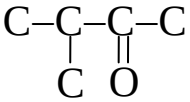
2. Для бутанона запишите схемы реакций: а) с хлоридом фосфора (V); б) с циановодородной кислотой; в) с гидроксиламином. Назовите полученные соединения.

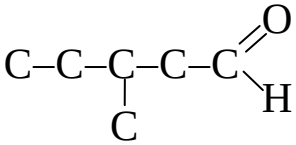
3. Осуществите превращения:



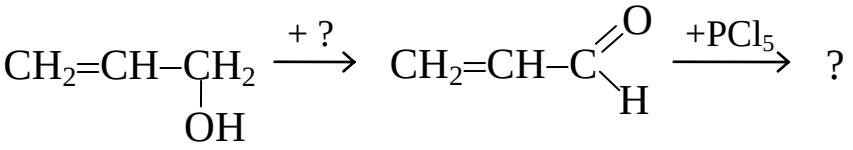
Вариант 3

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

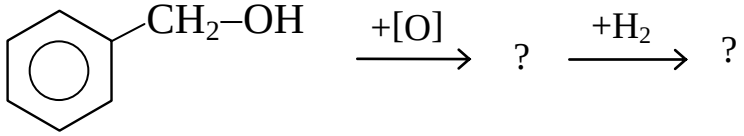
б) 

2. Напишите схемы реакций взаимодействия этаналя: а) с водородом; б) с гидроксиламином; в) с циановодородной кислотой. Назовите полученные соединения.
3. Осуществите превращения:



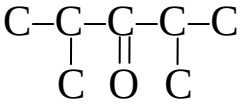
Вариант 4

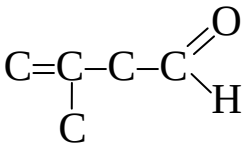
1. Напишите структурные формулы изомерных альдегидов и кетонов состава C_4H_8O и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
2. Напишите схемы реакций пропеналя (акролеина): а) с хлоридом фосфора (V); б) с бромом; в) с оксидом серебра. Назовите полученные соединения.
3. Осуществите превращения:



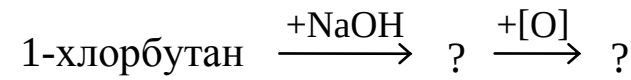
Вариант 5

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

2. Из пропина получите пропанон (ацетон) и напишите для него схемы реакций: а) с циановодородной кислотой; б) хлоридом фосфора (V); в) гидроксиламином. Назовите полученные соединения.
3. Осуществите превращения:



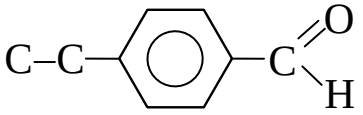
Вариант 6

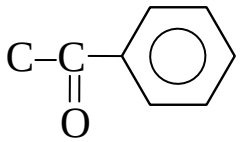
1. Напишите формулы следующих соединений:
   а) пропеналь; б) 3-метилбутаналь.
2. Напишите схемы реакций бензальдегида: а) с азотной кислотой; б) хлоридом фосфора (V); в) с оксидом серебра. Назовите полученные соединения.
3. Осуществите превращения:

$$\text{пентанол-1} \xrightarrow{+\,?} \text{пентен-1} \xrightarrow{+\,?} \text{пентанол-2} \xrightarrow{+\,?} \text{пентанон-2}$$

Вариант 7

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

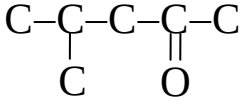
б) 

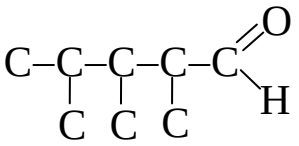
2. Напишите схемы реакций взаимодействия пропаналя: а) с водородом; б) с хлоридом фосфора (V); в) с циановодородной кислотой.
3. Осуществите превращения:

$$\text{этин} \rightarrow ? \rightarrow \text{уксусная кислота}$$

Вариант 8

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

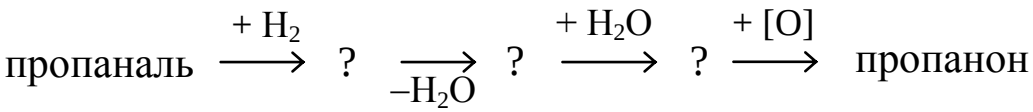
2. Напишите схемы реакций бутаналя: а) с циановодородной кислотой; б) с оксидом серебра; в) с хлоридом фосфора (V).

3. Осуществите превращения:

пропен $\rightarrow$ пропанол $\rightarrow$ пропанон

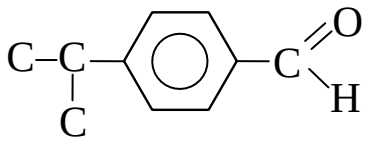
Вариант 9

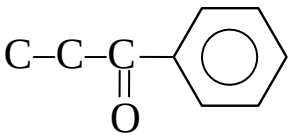
1. Напишите структурные формулы следующих соединений:
   а) 2,2,6-триметилгептанон-4; б) 3-метилбутен-2-аль.
2. Напишите для 3-метилпентаналя схемы реакций: а) с хлоридом фосфора (V); б) с водородом; в) с циановодородной кислотой.
3. Осуществите превращения:



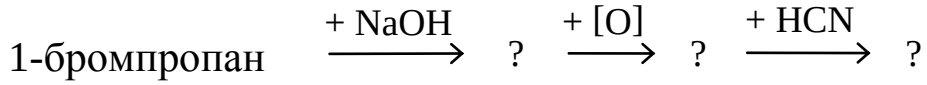
Вариант 10

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

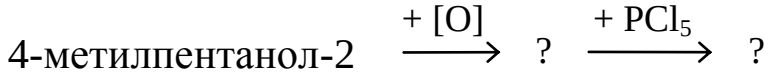
2. Напишите схемы реакций взаимодействия бутанона:
   а) с окислителем; б) с водородом; в) с хлоридом фосфора (V).
3. Осуществите превращения:



Вариант 11

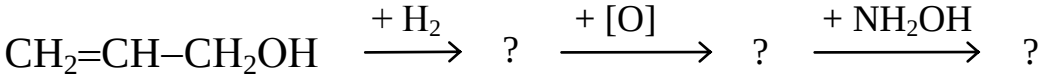
1. Напишите формулы всех изомерных альдегидов состава $C_5H_{10}O$ и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
2. Напишите схемы реакций взаимодействия 2-метилпропаналя: а) с водородом; б) с гидроксиламином; в) с циановодородной кислотой. Назовите полученные соединения.

3. Осуществите превращения:



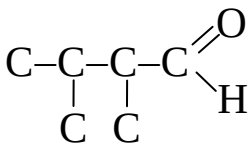
Вариант 12

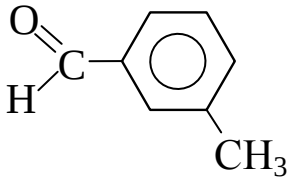
1. Напишите формулы всех изомерных кетонов состава $C_5H_{10}O$ и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
2. Напишите схемы реакций взаимодействия пропеналя (акролеина): а) с водородом; б) с циановодородной кислотой; в) с хлором. Назовите полученные соединения.
3. Осуществите превращения:



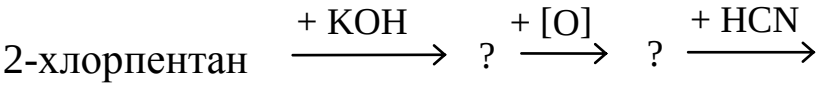
Вариант 13

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

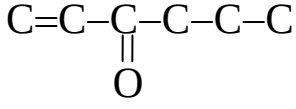
б) 

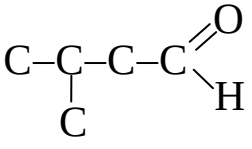
2. Напишите схемы реакций пропаналя: а) с водородом; б) с гидроксиламином; в) с оксидом серебра. Назовите полученные соединения.
3. Осуществите превращения:



Вариант 14

1. Дополните формулы атомами водорода и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

2. Напишите для метаналя (формальдегида) схемы реакций:
   а) с циановодородной кислотой; б) с гидроксиламином; в) с оксидом серебра. Назовите полученные соединения.
3. Осуществите превращения:

$$\text{3-метилбутанол-2} \longrightarrow \text{3-метилбутанон-2} \xrightarrow{+\ PCl_5} \ ?$$

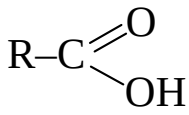
Вариант 15

1. Напишите структурные формулы соединений:
   а) 3,3-диметилбутанон-2; б) 2-метилпропаналь.
2. Напишите схемы реакций бензальдегида: а) с циановодородной кислотой; б) с водородом; в) с оксидом серебра.
3. Осуществите превращения:

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow[h\nu]{+\ Cl_2} \ ? \xrightarrow{+\ NaOH} \ ? \xrightarrow{+\ [O]} \ ? \xrightarrow{+\ HCN} \ ?$$

Тема № 6. Карбоновые кислоты, оксикислоты и жиры

Органическими или карбоновыми кислотами называются соединения, содержащие карбоксильную группу –COOH:



Классификация

1. *По типу углеводородного радикала R* различают предельные, непредельные и ароматические кислоты.

2. *По основности*, т.е. по числу карбоксильных групп, кислоты делятся на одноосновные, двухосновные и многоосновные.

3. *По наличию другой функциональной группы*, например, оксикислоты содержат группы –COOH и –OH, а оксокислоты содержат –COOH и >C=O.

Одноосновные кислоты:

Предельные одноосновные кислоты имеют формулу гомологического ряда $C_nH_{2n+1}COOH$:

H–COOH	муравьиная (метановая) кислота
CH_3–COOH	уксусная (этановая) кислота
CH_3–CH_2–COOH	пропионовая (пропановая) кислота
CH_3–CH_2–CH_2–COOH	масляная (бутановая) кислота
$C_{15}H_{31}$–COOH	пальмитиновая (гексадекановая) кислота
$C_{16}H_{33}$–COOH	маргариновая (гептадекановая) кислота
$C_{17}H_{35}$–COOH	стеариновая (октадекановая) кислота

Непредельные одноосновные кислоты – это кислоты, содержащие двойную связь. Формула гомологического ряда $C_nH_{2n-1}COOH$.

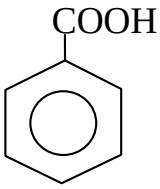
CH_2=CH−COOH	акриловая (пропеновая) кислота
CH_2=C(−CH_3)−COOH	метакриловая (2-метилпропеновая) кислота
CH_3−CH=CH−COOH	кротоновая (бутен-2-овая) кислота

$C_{17}H_{33}COOH$: $(CH_3{-}(CH_2)_7{-}CH{=}CH{-}(CH_2)_7{-}COOH)$
олеиновая (октадецен-9-овая) кислота

$C_{17}H_{31}COOH$: $(CH_3{-}(CH_2)_4{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}(CH_2)_7{-}COOH)$
линолевая (октадекадиен-9,12-овая) кислота

$C_{17}H_{29}COOH$: $(CH_3{-}(CH_2{-}CH{=}CH)_3{-}(CH_2)_7{-}COOH)$
линоленовая (октадекатриен-9,12,15-овая) кислота

Ароматические одноосновные кислоты**:**



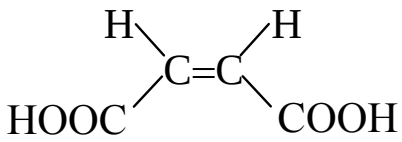
бензойная
кислота

Двухосновные кислоты также могут быть предельными, непредельными и ароматическими.

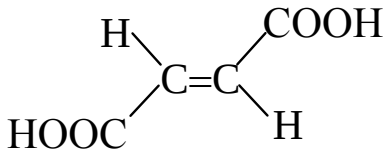
Предельные двухосновные кислоты имеют общую формулу $HOOC{-}(CH_2)_n{-}COOH$ (n = 0, 1, 2, 3 …)

$HOOC{-}COOH$	щавелевая (этандиовая) кислота
$HOOC{-}CH_2{-}COOH$	малоновая (пропандиовая) кислота
$HOOC{-}CH_2{-}CH_2{-}COOH$	янтарная (бутандиовая) кислота
$HOOC{-}(CH_2)_3{-}COOH$	глутаровая (пентандиовая) кислота
$HOOC{-}(CH_2)_4{-}COOH$	адипиновая (гександиовая) кислота

К **непредельным** двухосновным кислотам относится бутен-2-диовая кислота ($HOOC{-}CH{=}CH{-}COOH$), которая существует в виде двух геометрических изомеров:

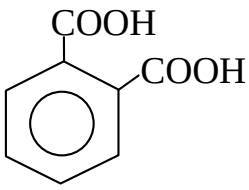


цис-изомер
(малеиновая кислота)

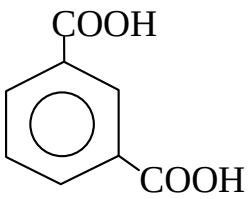


транс-изомер
(фумаровая кислота)

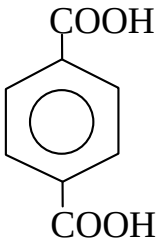
Ароматические двухосновные кислоты:



фталевая кислота (бензол-дикарбоновая-1,2)

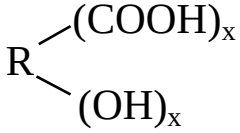


изофталевая кислота (бензол-дикарбоновая-1,3)



терефталевая кислота (бензол-дикарбоновая-1,4)

Оксикислоты содержат в молекуле и –OH, и –COOH, поэтому являются гетерофункциональными соединениями. Общая формула оксикислот следующая:

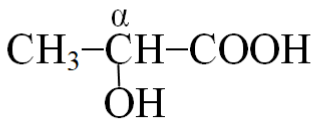


Для оксикислот различают понятия «атомность» и «основность». **Основность** оксикислот определяется числом карбоксильных групп, **атомность** – числом гидроксильных групп, включая гидроксил карбоксила.

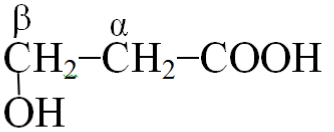
Кроме того, оксикислоты различаются положением гидроксильных групп в углеродной цепи (α, β, γ и т.д.).

Примеры **одноосновных двухатомных оксикислот**:

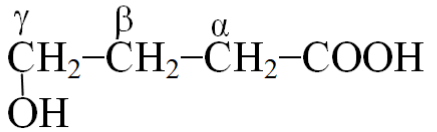
гликолевая (оксиуксусная) кислота



молочная (α-оксипропионовая) кислота



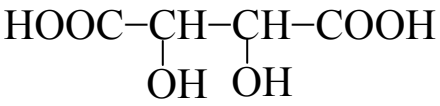
β-оксипропионовая кислота

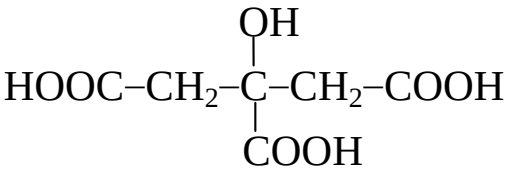


γ-оксимасляная кислота

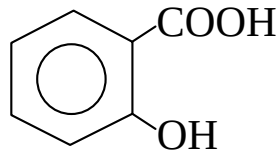
Многоосновные многоатомные оксикислоты:

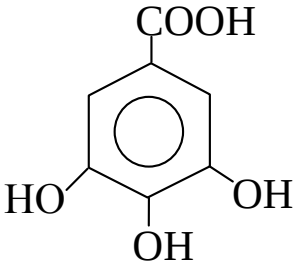
яблочная (оксиянтарная) кислота
(двухосновная, трехатомная)


винная (диоксиянтарная) кислота
(двухосновная, четырехатомная)

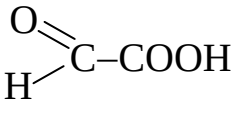

лимонная кислота
(трехосновная, четырехатомная)

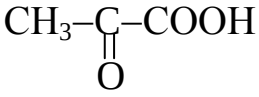
Ароматические оксикислоты:

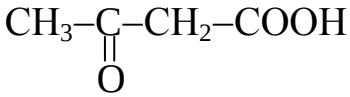

салициловая кислота
(2-оксибензойная)


галловая кислота
(3,4,5-триоксибензойная)

Альдегидо- и кетокислоты (оксокислоты) содержат альдегидную или кетонную группу:


глиоксалевая
кислота
(2-оксоэтановая)


пировиноградная
кислота
(2-оксопропановая)

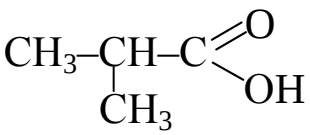

ацетоуксусная
кислота
(3-оксобутановая)

Номенклатура

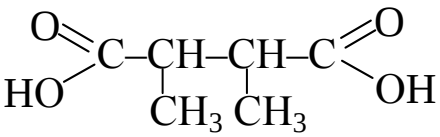
Наиболее употребляемые тривиальные названия кислот часто соответствуют природным источникам.

В соответствии с номенклатурой ИЮПАК к названию углеводорода с тем же числом атомов углерода добавляется окончание «-овая кислота».

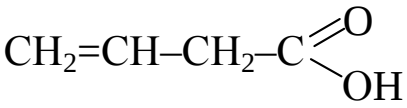
Например:



2-метилпропановая кислота

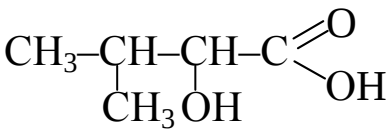


2,3-диметилбутандиовая кислота

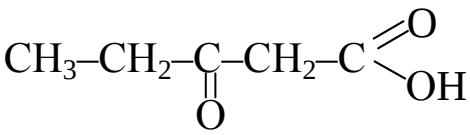


бутен-3-овая кислота

Гидроксильную группу в оксикислотах называют с помощью приставки «окси-», а карбонильную группу – «оксо-»:



3-метил-2-оксибутановая кислота



3-оксопентановая кислота

Важнейшие представители карбоновых кислот, окси- и оксокислот, а также жиров приведены в приложении (таблица 3).

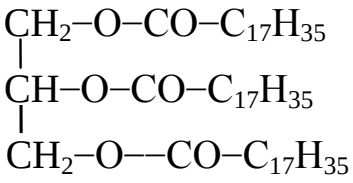
Жиры – смеси сложных эфиров трехатомного спирта глицерина и высших карбоновых кислот, называемые триглицеридами или ацилглицеринами.

***Схема образования жира*:**

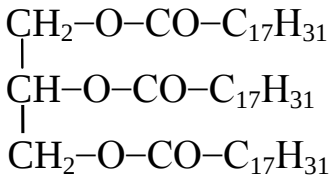
Классификация

1. **По происхождению** жиры делятся на ***животные*** и ***растительные*** (***масла***). К животным жирам относятся говяжий, бараний жир, свиное сало, сливочное масло. Растительными жирами являются подсолнечное, оливковое, соевое, кукурузное, льняное, конопляное и др.

2. **По физическому состоянию** различают ***твердые*** и ***жидкие жиры или масла***. Животные жиры, как правило, твердые, а растительные – жидкие. Исключением является жидкий рыбий жир и твердое масло какао. Например:



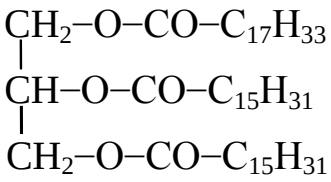
твердый жир
тристеарин
(тристеарат глицерина)



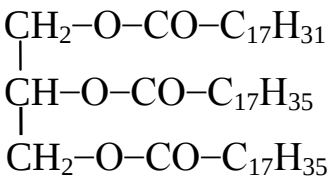
жидкий жир
трилинолеин
(трилинолеат глицерина)

3. **По кислотному составу** жиры очень разнообразны. Кислоты, содержащиеся в жирах, имеют четное число атомов углерода. Кислоты с нечетным числом углеродных атомов практически в жирах не встречаются.

В состав <u>твердых жиров</u> (животного происхождения) в большем количестве входят ***предельные*** высшие кислоты ($C_{15}H_{31}$–COOH пальмитиновая кислота, $C_{17}H_{35}$–COOH стеариновая кислота):



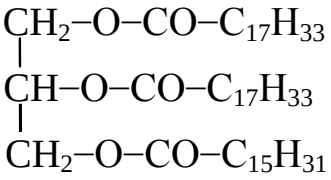
твердый жир
олеодипальмитин
(олеодипальмитат глицерина)



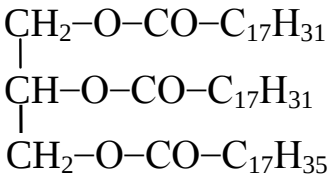
твердый жир
линолеодистеарин
(линолеодистеарат глицерина)

В <u>жидких жирах</u> (растительного происхождения) в большем количестве содержатся ***непредельные*** кислоты ($C_{17}H_{33}$–COOH олеиновая кислота содержит 1 двойную связь, $C_{17}H_{31}$–COOH линолевая кислота со-

держит 2 двойные связи, $C_{17}H_{29}$–COOH линоленовая кислота содержит 3 двойные связи):



жидкий жир
диолеопальмитин
(диолеопальмитат глицерина)



жидкий жир
дилинолеостеарин
(дилинолеостеарат глицерина)

Тема № 6

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант 1

1. Приведите формулы следующих кислот: муравьиная, бензойная, фумаровая, стеариновая, яблочная. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Приведите для пропионовой (пропановой) кислоты схемы реакций: а) образования ангидрида; б) этерификации; в) образования амида.
3. Напишите уравнения реакций омыления и гидрирования диолеостеарата глицерина.
4. Осуществите превращения:

$$\text{этанол} \xrightarrow{+\,?} \text{этаналь} \xrightarrow{+\,?} \text{этановая кислота} \xrightarrow{+\,?} \text{ацетат кальция}$$

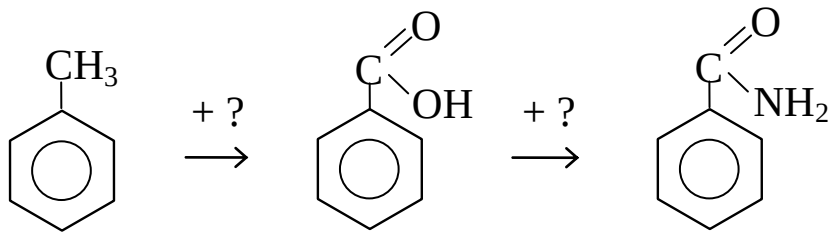
Вариант 2

1. Приведите формулы следующих кислот: уксусная, акриловая, малеиновая, пальмитиновая, винная. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Приведите для бензойной (бензолкарбоновой) кислоты схемы реакций: а) образования соли двухвалентного металла; б) галогенирования; в) образования ангидрида.
3. Напишите уравнения реакций получения и омыления олеодипальмитата глицерина.
4. Осуществите превращения:

$$CH_3{-}CH_2{-}Br \xrightarrow{+\,KOH} ? \xrightarrow{+\,[O]} ? \xrightarrow{+\,[O]} ? \xrightarrow{+\,C_2H_5OH} ?$$

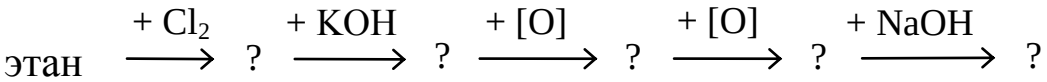
Вариант 3

1. Приведите формулы следующих кислот: масляная, фталевая, кротоновая, щавелевая, молочная. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Составьте схемы реакций: а) образования кислой и средней солей винной кислоты; б) окисления молочной кислоты перманганатом калия; в) образования сложного эфира метилацетата.
3. Напишите уравнение реакции получения смешанного триглицерида, содержащего остатки следующих кислот: стеариновой, масляной и олеиновой.
4. Осуществите превращения:



Вариант 4

1. Приведите формулы следующих кислот: валериановая, салициловая, терефталевая, капроновая, метакриловая. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Приведите для акриловой (пропеновой) кислоты схемы реакций: а) полимеризации; б) галогенирования; в) этерификации.
3. Напишите уравнения реакций получения и гидрирования диолеопальмитата глицерина.
4. Осуществите превращения:



Вариант 5

1. Приведите формулы пропионовой, лимонной, терефталевой, янтарной, акриловой кислот. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Приведите для гликолевой (2-гидроксиэтановой) кислоты схемы реакций: а) этерификации по спиртовой группе; б) образования лактида; в) окисления.
3. Запишите химические формулы триглицеридов, входящих в состав оливкового масла: триолеина, пальмитодиолеина и линолеодиолеина.
4. Осуществите превращения:

$$\text{1-хлорпропан} \xrightarrow{+\ NaOH} ? \xrightarrow{+\ [O]} ? \xrightarrow{+\ [O]} ? \xrightarrow{+\ C_2H_5OH} ?$$

Вариант 6

1. Приведите формулы муравьиной, янтарной, изофталевой, пировиноградной, линолевой кислот. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Приведите для изомасляной (2-метилпропановой) кислоты схемы реакций: а) образования соли; б) образования ангидрида; в) этерификации.
3. Напишите уравнение реакции получения мыла из любого триглицерида. Приведите схему реакции полученного мыла с гидрокарбонатом кальция.
4. Осуществите превращения:

$$\text{этин} \xrightarrow{+\ HCN} ? \xrightarrow[H^+]{+\ 2H_2O} ? \xrightarrow{+\ H_2} ? \xrightarrow{+\ NH_3} ?$$

Вариант 7

1. Приведите формулы метакриловой, адипиновой, яблочной, бензойной, масляной кислот. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Приведите для фталевой (бензол-1,2-дикарбоновой) кислоты схемы реакций: а) образования ангидрида; б) образования кислого и среднего эфира; в) образования диамида.
3. Запишите формулу смешанного триглицерида, образованного пальмитиновой, олеиновой и масляной кислотами. Составьте уравнение реакции его гидрирования.
4. Осуществите превращения:

$$\text{пропен-2ол-1} \xrightarrow{+\,H_2} ? \xrightarrow{+\,[O]} ? \xrightarrow{+\,[O]} ? \xrightarrow{+\,NaOH} ?$$

Вариант 8

1. Приведите формулы фталевой, пропионовой, щавелевой, олеиновой, лимонной кислот. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Напишите схемы реакций: а) получения изопропилового эфира молочной кислоты; б) окисления β-оксипропионовой (3-гидроксипропановой) кислоты; в) нитрования бензойной кислоты.
3. С помощью каких реактивов можно доказать непредельность олеодипальмитата глицерина? Приведите схемы реакций.
4. Осуществите превращения:

$$\text{этен} \xrightarrow{+\,Br_2} ? \xrightarrow{+\,2KCN} ? \xrightarrow[H^+]{+\,4H_2O} ? \xrightarrow{+\,2NH_3} ?$$

Вариант 9

1. Приведите формулы капроновой, акриловой, молочной, щавелевой, фенилуксусной кислот. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.

2. Составьте схемы реакций: а) получения амида бензойной кислоты; б) взаимодействия молочной кислоты с этанолом; в) окисления фумаровой кислоты перманганатом калия.
3. Составьте уравнение реакции получения диолеопальмитата глицерина. Какова консистенция полученного жира? Напишите схему гидрогенизации этого жира.
4. Осуществите превращения:

$$\text{этен} \xrightarrow{+\,Br_2} ? \xrightarrow{+\,NaOH} ? \xrightarrow{+\,[O]} ? \xrightarrow{+\,[O]} ? \xrightarrow{+Ca(OH)_2} ?$$

Вариант 10

1. Приведите формулы уксусной, фумаровой, изофталевой, винной, глутаровой кислот. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Приведите для муравьиной (метановой) кислоты схемы реакций: а) этерификации; б) окисления; в) образования соли двухвалентного металла.
3. Напишите уравнение реакции превращения диолеостеарата глицерина в твердый жир. Приведите уравнение реакции.
4. Осуществите превращения:

$$\text{этин} \xrightarrow[Hg^{2+},\,H^{+}]{+\,H_2O} ? \xrightarrow{+\,[O]} ? \xrightarrow{+\,NH_3} ?$$

Вариант 11

1. Приведите формулы терефталевой, малеиновой, малоновой, салициловой, пальмитиновой кислот. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Составьте схемы реакций: а) получения ацетилсалициловой кислоты (аспирина); б) гидрирования акриловой (пропеновой) кислоты; в) декарбоксилирования щавелевой кислоты.
3. Известно, что масла какао содержит олеопальмитостеарат, три-

пальмитат и тристеарат глицерина. Какова его консистенция? Приведите формулы перечисленных соединений.

4. Осуществите превращения:

$$\text{бензол} \xrightarrow[AlCl_3]{+\ CH_3Cl} ? \xrightarrow{+\ [O]} ? \xrightarrow{+\ \text{пропанол-2}} ?$$

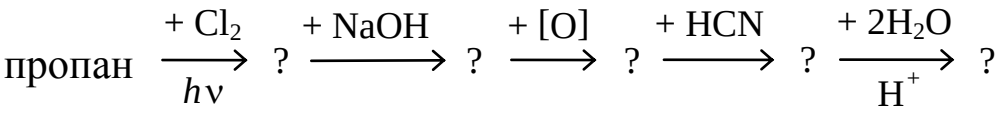
Вариант 12

1. Приведите формулы стеариновой, кротоновой, фенилуксусной, яблочной, малоновой кислот. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Приведите для масляной (бутановой) кислоты схемы реакций: а) этерификации; б) галогенирования; в) образования галогенангидрида.
3. Напишите схемы реакций получения: а) дипальмитостеарата глицерина; б) триолеата глицерина. Как различаются физические свойства этих веществ?
4. Осуществите превращения:

$$\text{1-хлорпропан} \xrightarrow{+\ NaOH} ? \xrightarrow{+\ [O]} ? \xrightarrow{+\ [O]} ? \xrightarrow{+\ NaOH} ?$$

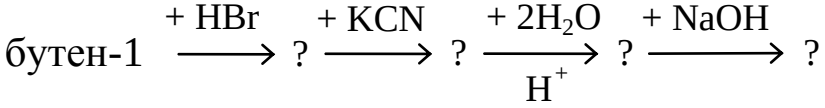
Вариант 13

1. Приведите формулы валериановой, метакриловой, щавелевой, винной, терефталевой кислот. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Приведите для янтарной (бутандиовой) кислоты схемы реакций: а) образования кислого и среднего эфира; б) образования диамида; в) образования ангидрида.
3. Составьте уравнение реакции получения диолеостеарата глицерина. Какова консистенция полученного жира? Приведите схему иодирования этого жира.
4. Осуществите превращения:



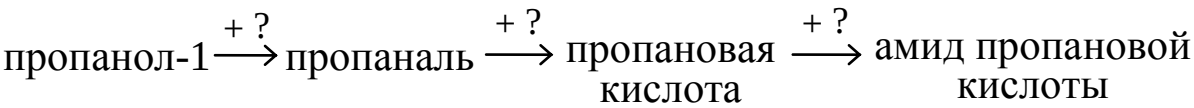
Вариант 14

1. Приведите формулы капроновой, метакриловой, пировиноградной, бензойной, фумаровой кислот. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу и ее основность.
2. Приведите для кротоновой (бутен-2-овой) кислоты схемы реакций: а) этерификации; б) гидрирования; в) полимеризации.
3. Составьте уравнения реакций: а) гидрирования линолеодиолеата глицерина; б) щелочного гидролиза полученного продукта.
4. Осуществите превращения:



Вариант 15

1. Приведите формулы муравьиной, акриловой, глутаровой, фталевой, молочной кислот. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите тип кислоты по углеводородному радикалу, ее основность, для оксикислот – атомность.
2. Приведите для фталевой (бензолдикарбоновой-1,2) кислоты схемы реакций: а) образования кислой и средней соли; б) этерификации; в) образования ангидрида.
3. Напишите уравнение реакции кислотного гидролиза диолеобутирата глицерина. Какой реакцией можно доказать непредельность этого жира? Приведите схему реакции.
4. Осуществите превращения:



Раздел III. «ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ»

Гетерофункциональными называются органические соединения, содержащие разные функциональные группы. Наиболее важными из этих соединений являются углеводы, аминокислоты, белки.

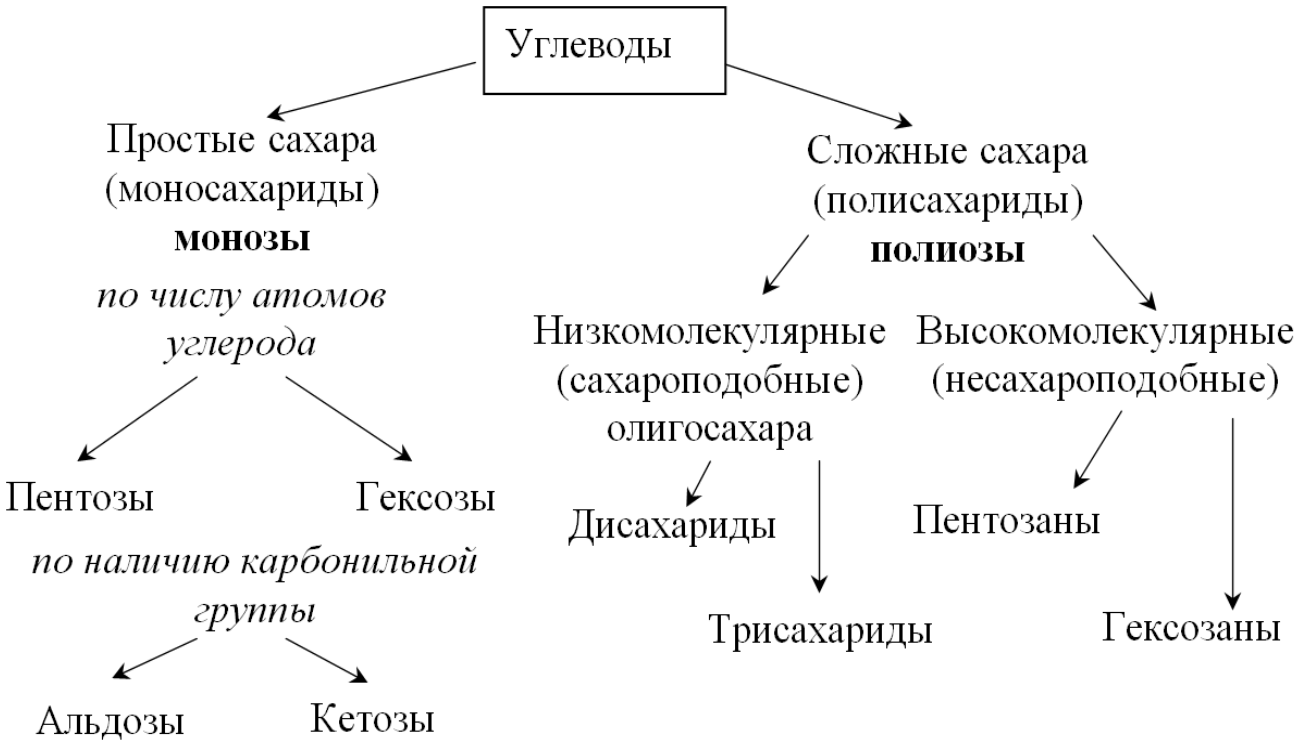
Тема № 7

Углеводы (сахара)

Углеводы – это гетерофункциональные соединения, являющиеся многоатомными альдегидо- или кетоноспиртами.

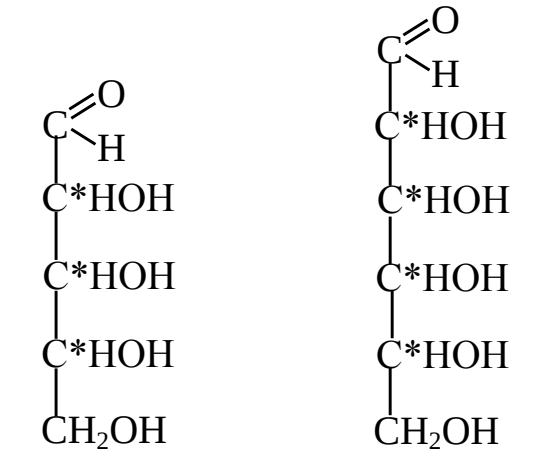
Классификация

Классификация углеводов может быть представлена в виде схемы:



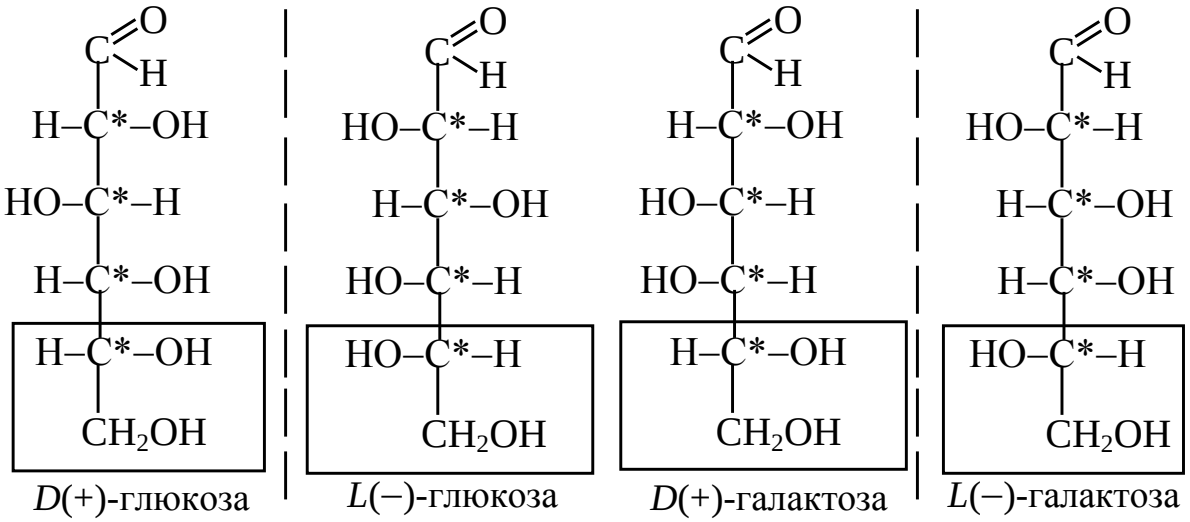
Моносахариды содержат асимметрические атомы углерода (С*) и обладают оптической изомерией. Число оптических изомеров N определяется по формуле Фишера: $N=2^n$, где n – число асимметрических атомов углерода.

Для альдопентоз $N=2^3=8$, для альдогексоз $N=2^4=16$. Половина из них – правовращающие, половина – левовращающие.



альдопентоза альдогексоза

Оптические изомеры наиболее важных альдогексоз глюкозы и галактозы изображаются следующим образом:



Оптические изомеры D- и L-ряда называются ***антиподами*** и имеют все одинаковые свойства, в том числе углы вращения плоскополяризованного света, только разные знаки.

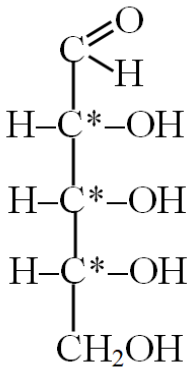
D-глюкоза и D-галактоза отличаются расположением гидроксила только при одном асимметрическом атоме углерода (при четвертом) и являются «***диастереомерами***». Они различаются углом вращения, температурой плавления, растворимостью и другими свойствами.

Большинство природных моносахаридов относятся к D-ряду, L-формы животным организмом не усваиваются.

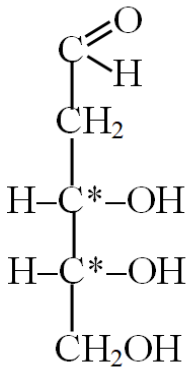
К важнейшим представителям углеводов относятся:

1. Моносахариды:

а) альдопентозы:

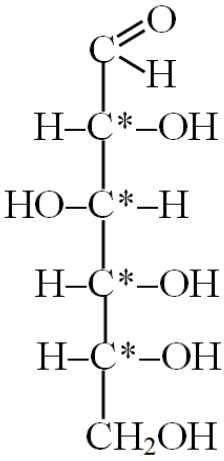


D-рибоза

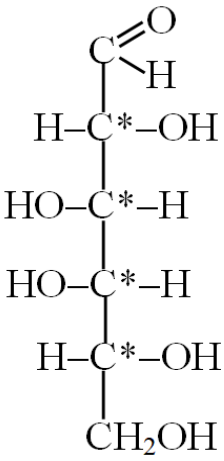


D-дезоксирибоза

б) альдогексозы:

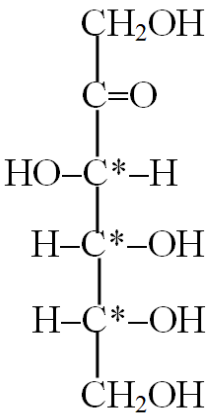


D-глюкоза



D-галактоза

в) кетогексоза:



D-фруктоза

Моносахариды в растворе способны существовать в пяти формах – открытой (альдегидной или кетонной) и циклических полуацетальных, находящихся в равновесии.

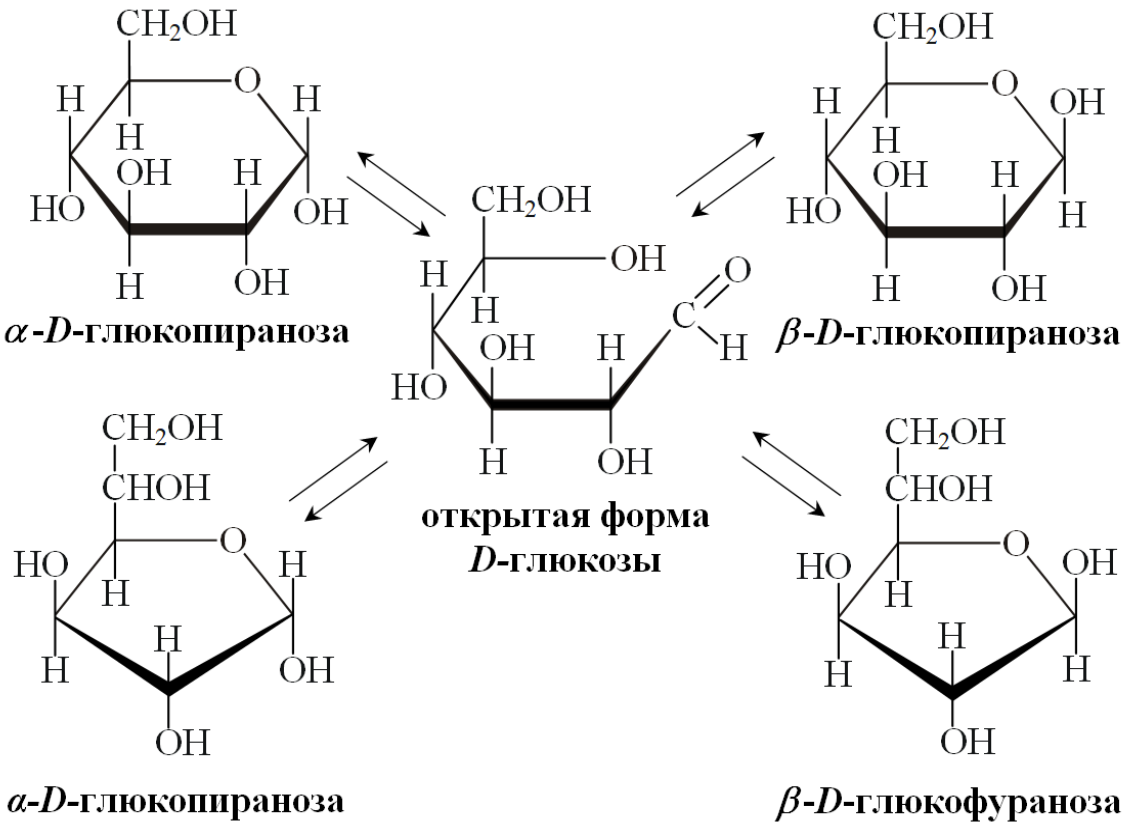


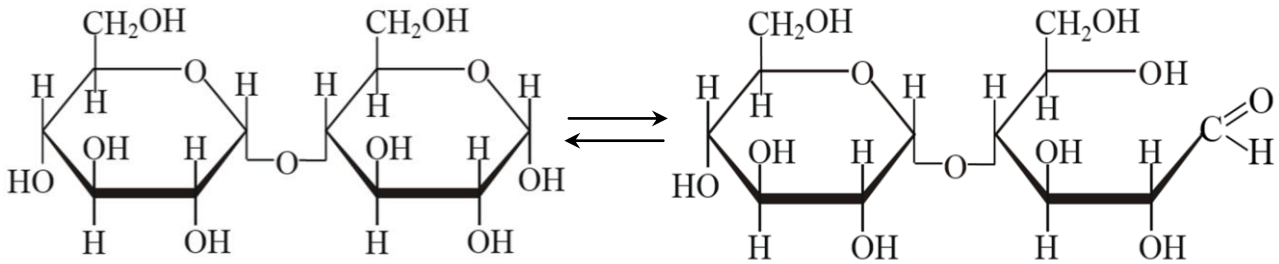
Рис. 1. Таутомерные превращения глюкозы

Таутомерные превращения фруктозы представлены в приложении (рис. 2).

2. Дисахариды:

а) Восстанавливающие:

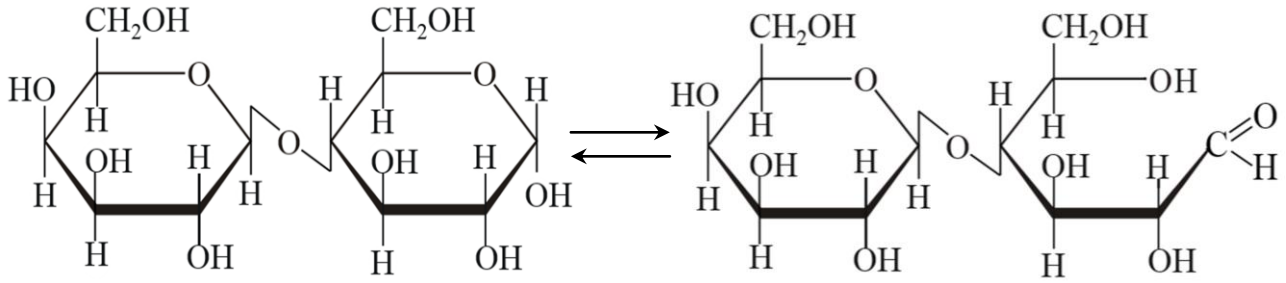
Мальтоза (солодовый сахар) состоит из двух остатков молекул α-D-глюкопиранозы. В растворе циклическая форма мальтозы находится в равновесии с таутомерной альдегидной формой:



Мальтоза

(***циклическая форма***) (***альдегидная форма***)

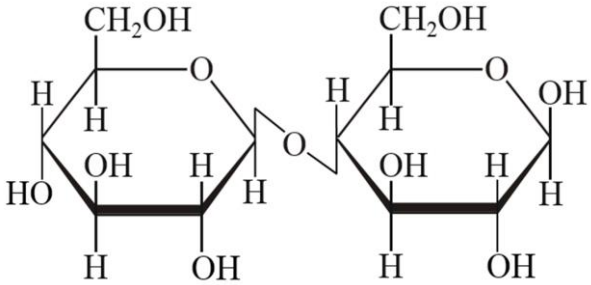
Лактоза (молочный сахар) состоит из остатков β-D-галактопиранозы и α-D-глюкопиранозы. Подобно мальтозе в растворе лактоза существует в виде двух таутомерных форм:



Лактоза

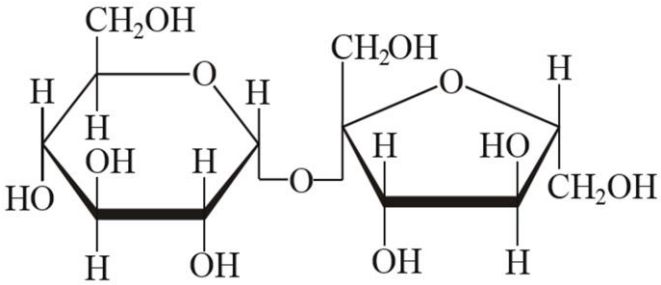
(***циклическая форма***) (***альдегидная форма***)

Целлобиоза (продукт неполного гидролиза целлюлозы) состоит из двух остатков молекул β-D-глюкопиранозы:



б) Невосстанавливающие:

Сахароза (свекловичный и тростниковый сахар) состоит из остатков α-D-глюкопиранозы и β-D-фруктофуранозы:

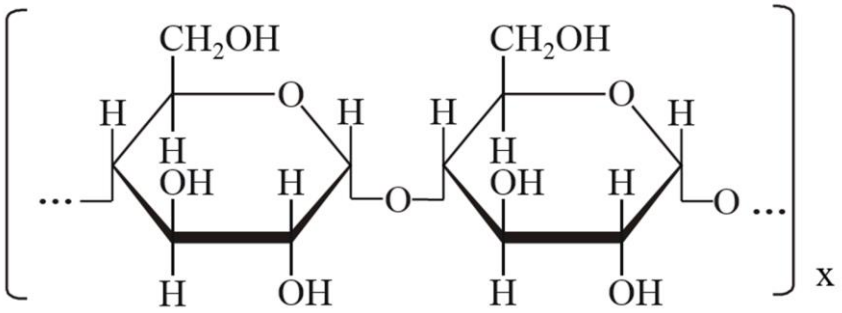


3. Полисахариды:

а) крахмал:

В состав крахмала входят остатки α-D-глюкопиранозы, соединенные по мальтозному типу.

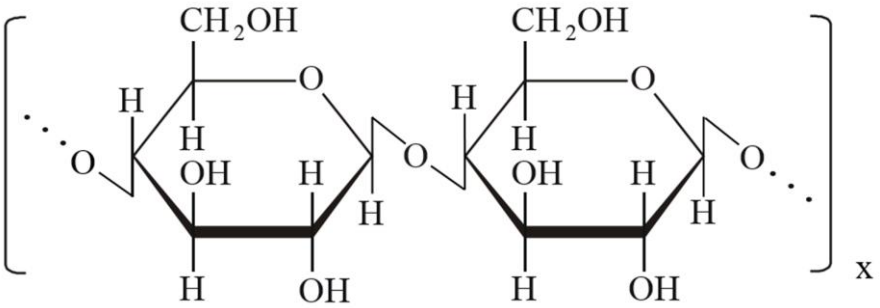
Крахмал состоит из двух фракций: амилоза (15-25%) – это линейные цепи, состоящие из 200-1000 остатков α-D-глюкопиранозы; амилопектин (75-85%). Цепи амилопектина разветвлены, число звеньев составляет 600-6000 остатков α-D-глюкопиранозы.



Амилоза

б) клетчатка (целлюлоза):

Целлюлоза – это полисахарид, молекулы которого состоят из 1800-36000 остатков β-D-глюкопиранозы, связанных между собой по типу целлобиозы, и имеющий линейное строение:



Тема № 7

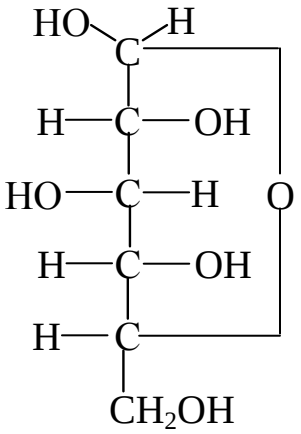
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант 1

1. Приведите структурную формулу *D*-рибозы (в открытой форме). Укажите, сколько асимметрических атомов углерода содержится в молекуле рибозы.
2. Напишите формулу α-*D*-глюкопиранозы. Выделите гликозидный гидроксил.
3. С помощью, какой реакции можно отличить глюкозу от фруктозы? Напишите схему реакции.
4. Сколько форм мальтозы находится в растворе? Напишите схему таутомерного равновесия.
5. Из остатков какого моносахарида построена клетчатка? Приведите схему гидролиза клетчатки.

Вариант 2

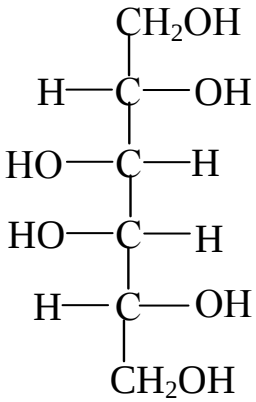
1. Что называется оптической изомерией? Сколько может быть стереоизомеров кетогексоз? Приведите примеры.
2. Укажите, формула какого соединения записана, напишите рядом формулу другого аномера. Что такое мутаротация?



3. Напишите схему реакции полного метилирования α-*D*-галактопиранозы.
4. Что такое невосстанавливающие дисахариды? Приведите примеры.
5. Из остатков, какого моносахарида построен крахмал? Приведите структурную формулу соответствующего таутомера.

Вариант 3

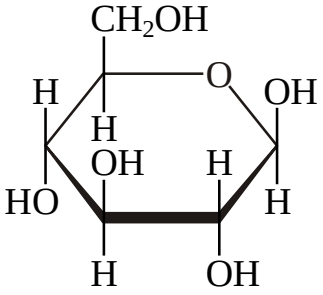
1. Приведите формулы *D*- и *L*-изомеров глюкозы (в открытой форме). Сколько асимметрических атомов углерода они содержат?
2. Запишите формулу *β-D*-фруктопиранозы, выделите гликозидный гидроксил.
3. Из какого моносахарида можно получить следующий многоатомный спирт? Напишите схему реакции.



4. Какие моносахариды образуются при гидролизе сахарозы? Какой оптический эффект при этом наблюдается?
5. Напишите схему гидролиза крахмала.

Вариант 4

1. Дайте полное название приведенного соединения. Приведите формулу другого аномера.

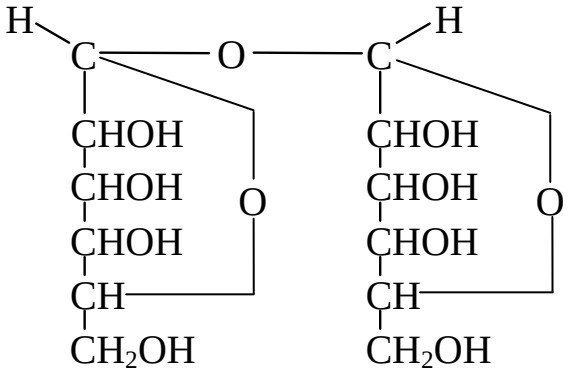


2. Запишите все таутомерные формы фруктозы. Назовите их, выделите гликозидный гидроксил.
3. С помощью какого реактива можно отличить альдозу от кетозы? Напишите схему реакции.

4. Напишите структурную формулу лактозы. К какому типу дисахаридов относится лактоза?
5. Из молекул какого моносахарида построен животный крахмал? Какова его роль в организме?

Вариант 5

1. Приведите формулы *D*- и *L*-изомеров галактозы (в открытой форме). Сколько асимметрических атомов углерода они содержат?
2. Какой атом углерода называется асимметрическим? Укажите, сколько таких атомов имеется в молекуле *β-D*-фруктофуранозы.
3. Какой продукт получится при ацилировании *α-D*-глюкопиранозы? Приведите схему реакции.
4. Укажите, какой моносахарид образуется при гидролизе клетчатки. Напишите схему гидролиза.
5. К какому типу дисахаридов относится следующее соединение:

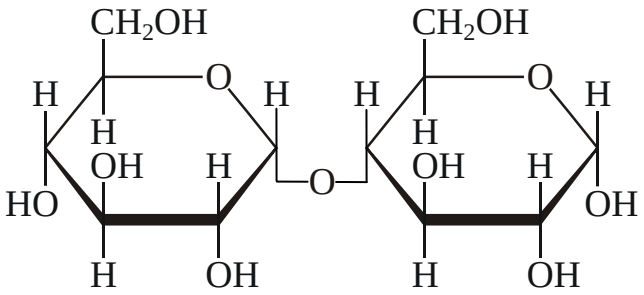


Ответ обоснуйте.

Вариант 6

1. Какой вид изомерии называется оптической или зеркальной? Чем он обусловлен? Приведите примеры зеркальных изомеров из класса углеводов.
2. Напишите формулу *α-D*-глюкофуранозы. Сколько асимметрических атомов углерода она содержит?
3. Напишите схему реакции образования *β-D*-рибофуранозо-5-фосфата. Какова роль сахарофосфатов в природе?

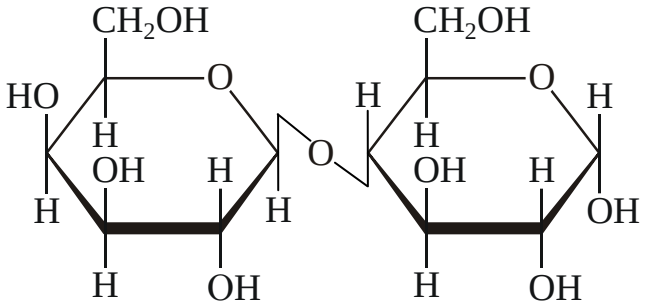
4. Дайте название следующего дисахарида. К какому типу дисахаридов он относится?



5. В чем состоит различие и сходство крахмала и целлюлозы? Приведите структурные формулы линейных фрагментов молекул этих полисахаридов.

Вариант 7

1. Сколько стереоизомеров может быть у кетогексоз? Как определить принадлежность моноз к *D*- или *L*-ряду?
2. Что такое таутомерия? Приведите формулы и названия всех таутомерных форм глюкозы.
3. Что такое гликозиды? Напишите схему реакции образования метилгликозида *β*-*D*-фруктофуранозы.
4. Дайте название следующего дисахарида. Какие моносахариды входят в его состав?

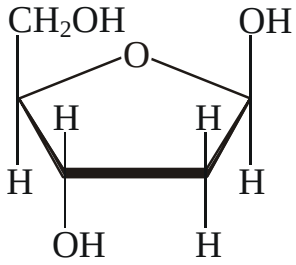


5. Приведите схему гидролиза целлюлозы. Какой дисахарид образуется при ее неполном гидролизе?

Вариант 8

1. Напишите структурную формулу *α*-*D*-глюкопиранозы. Сколько асимметрических атомов углерода она содержит?

2. Назовите следующее соединение:

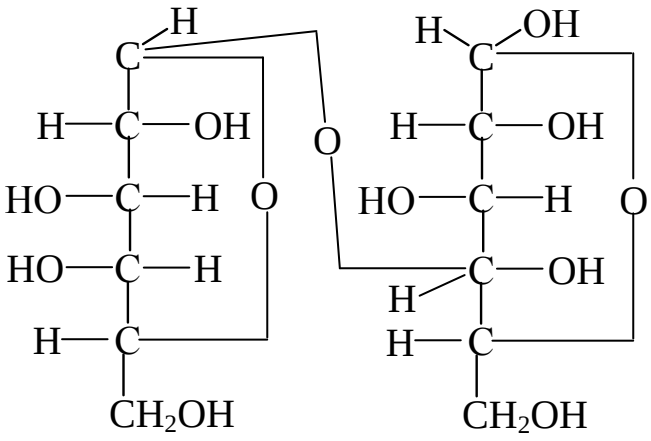


В состав, каких природных органических соединений оно входит? Напишите таутомерную формулу этого вещества в открытой (альдегидной или кетонной) форме.

3. В какой форме глюкоза взаимодействует с оксидом серебра? Напишите схему реакции, назовите продукт превращения глюкозы.
4. Что такое инверсия, для какого дисахарида она характерна? Напишите схему соответствующей реакции.
5. Как можно получить взрывчатое вещество из клетчатки? Приведите схему реакции.

Вариант 9

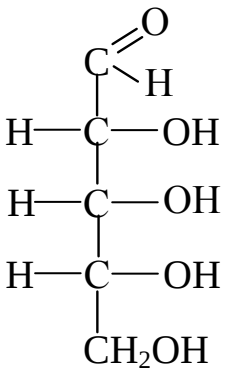
1. Сколько стереоизомеров может быть у альдопентоз? Приведите примеры.
2. Напишите формулу *β-D*-глюкопиранозы. Выделите гликозидный гидроксил.
3. В какой форме фруктоза может взаимодействовать с метанолом с образованием гликозида? Напишите схему реакции.
4. К какому типу дисахаридов относится следующее соединение? Ответ обоснуйте. Назовите его.



5. Какой сложный эфир клетчатки применяется в производстве ацетатного шелка? Напишите схему реакции его образования.

Вариант 10

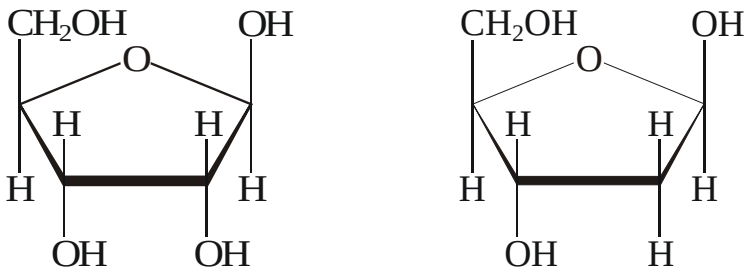
1. Назовите следующее соединение, напишите формулу его зеркального изомера, отметьте асимметрические атомы углерода:



2. Напишите схему таутомерного превращения ациклической формы глюкозы в циклические. Как изменяется при этом число асимметрических атомов углерода?
3. Напишите схемы реакций окисления и восстановления глюкозы.
4. Как идет усвоение сахарозы в организме, с какой реакции начинается этот процесс? Приведите схему этой реакции, используя структурные формулы.
5. Из какого полисахарида можно получить вискозное волокно? Составьте схемы реакций, лежащих в основе производства вискозы.

Вариант 11

1. Дайте полные названия следующим циклическим формам. В состав каких важных природных соединений они входят?

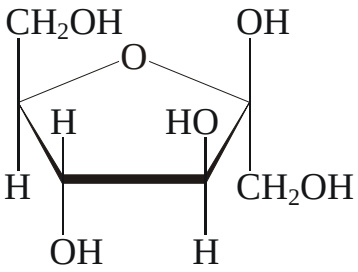


2. Приведите формулы α- и β-*D*-фруктофуранозы. Выделите гликозидный гидроксил.

3. Составьте схему реакции образования *β-D*-глюкопиранозо-6-фосфата.
4. Какие дисахариды могут быть образованы из двух молекул глюкозы? Напишите их структурные формулы.
5. Из остатков, какого моносахарида построен полисахарид инулин? Запишите его структурную формулу.

Вариант 12

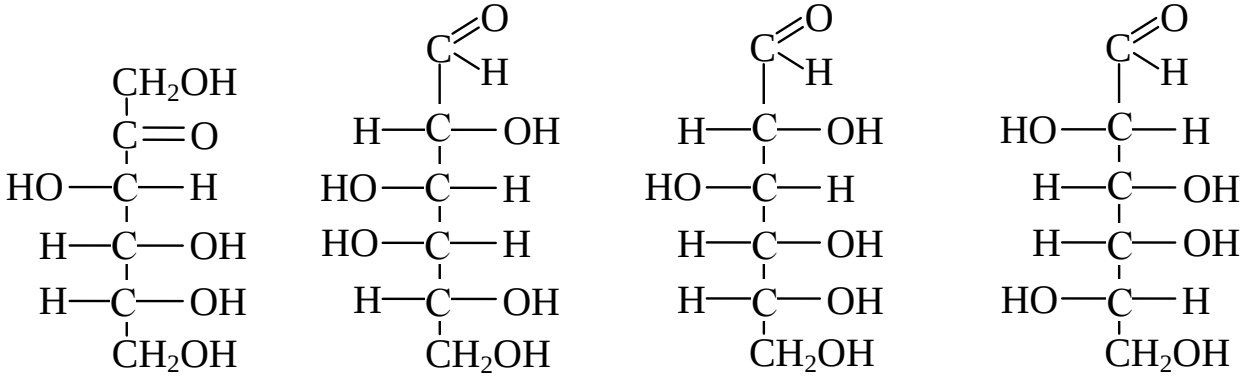
1. Что называется оптической изомерией? Сколько оптических изомеров возможно для альдогексоз?
2. Дайте название следующего соединения, выделите гликозидный гидроксил.



3. Какое значение имеют процессы брожения сахаров? При каком типе брожения образуется молочная кислота? Приведите схему этой реакции.
4. При гидролизе какого дисахарида образуется галактоза? Напишите схему реакции гидролиза, используя структурные формулы.
5. Где применяется клетчатка? Приведите схему образования триацетат целлюлозы.

Вариант 13

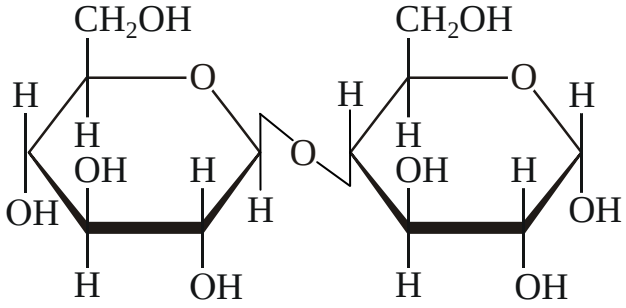
1. Назовите приведенные ниже моносахариды. Укажите, какие из них являются оптическими (зеркальными) изомерами.



2. Напишите формулу *β-D*-глюкопиранозы. Выделите гликозидный гидроксил.
3. Составьте схемы реакций, характерных для спиртовых групп моноз.
4. С помощью, какой качественной реакции можно отличить мальтозу от сахарозы? Приведите схему реакции.
5. Приведите структурные формулы линейных фрагментов молекул крахмала и клетчатки.

Вариант 14

1. Напишите формулы *D*- и *L*-фруктозы. Отметьте асимметрические атомы углерода.
2. Что такое мутаротация? Приведите формулы *α*- и *β-D*-глюкопиранозы.
3. Какое из перечисленных веществ (запишите их формулы) будет взаимодействовать с оксидом серебра: *D*-фруктоза, *L*-глюкоза, *α-D*-рибофураноза? Как называется эта реакция? Составьте ее схему.
4. Назовите следующий дисахарид. Из остатков, каких моносахаридов он состоит? Запишите схему его гидролиза, используя структурные формулы.

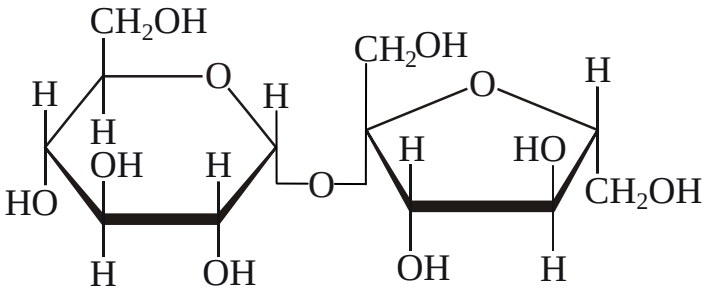


5. Какой полисахарид образован остатками *α-D*-глюкопиранозы? Приведите структурную формулу линейного фрагмента молекулы этого полисахарида.

Вариант 15

1. Напишите формулы *D*- и *L*-рибозы. Отметьте асимметрические атомы углерода.

2. Напишите формулу *β-D*-глюкофуранозы, выделите гликозидный гидроксил.
3. Что получается при восстановлении моносахаридов? Запишите схемы реакций восстановления *D*-глюкозы и *D*-фруктозы.
4. Как называется следующий дисахарид? К какому типу дисахаридов он относится?

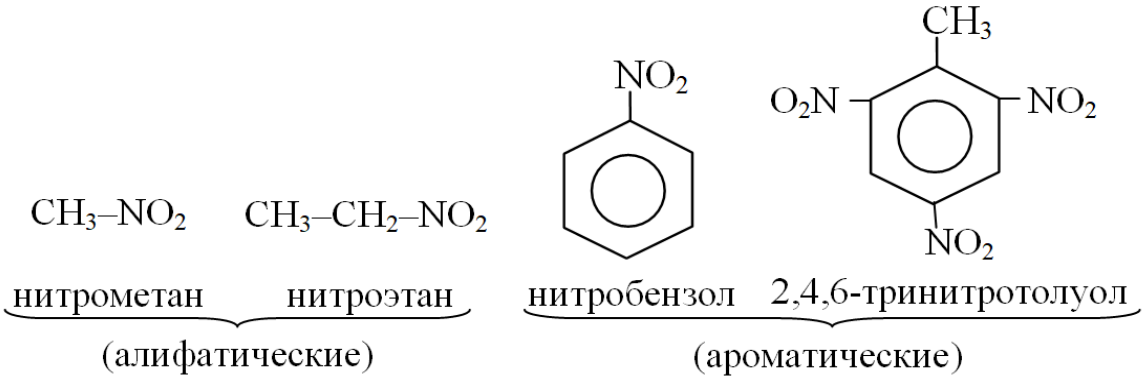


5. Какой моносахарид образуется при гидролизе гликогена? Напишите его структурную формулу.

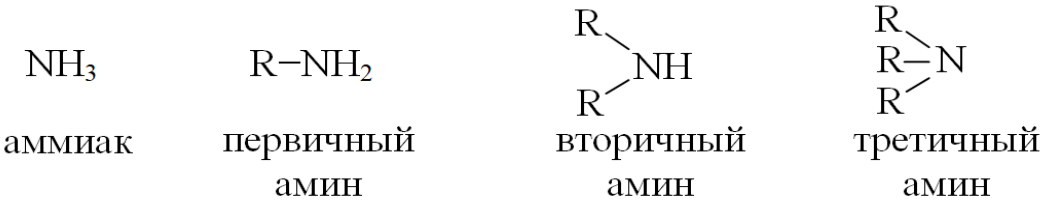
Тема № 8. Азотсодержащие органические соединения. Аминокислоты. Белки

Органические соединения, содержащие в молекулах атом азота, широко представлены в природе и играют большую роль в промышленности. К ним относятся белковые вещества, многие важнейшие физиологически активные соединения, красители, лекарственные препараты, пестициды. К азотсодержащим органическим веществам относятся: нитросоединения, амины, аминоспирты, аминокислоты и др. (приложение табл. 3).

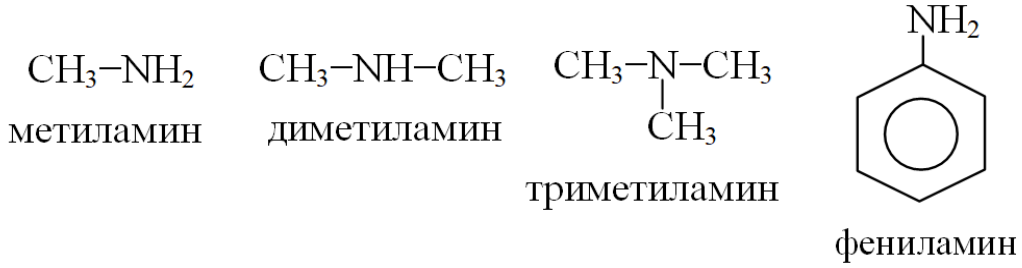
Нитросоединения – это производные углеводородов, содержащие одну или несколько нитрогрупп ($-NO_2$). Они могут быть алифатическими или ароматическими. Например:



Аминами называются производные аммиака, в молекуле которого атомы водорода замещены на углеводородные радикалы. Они могут быть первичные, вторичные и третичные:



Различают алифатические и ароматические амины, например:



Названия аминов строятся из названия радикалов с прибавлением слова «амин» в конце, либо из названия углеводородов с приставкой «амино», а цифрой указывается место аминогруппы в углеродной цепи. Например:

$CH_3{-}CH_2{-}NH_2$ этиламин (аминоэтан)

$CH_3{-}CH(NH_2){-}CH_2{-}CH_3$ 2-аминобутан

Аминокислоты – гетерофункциональные соединения, содержащие карбоксильную и аминогруппу. По положению аминогрупп в углеродной цепи различают α, β, γ и т.д. аминокислоты. Наибольшее значение имеют α-аминокислоты, так как из них построены белки.

Классификация α-аминокислот

1. *По числу карбоксильных групп* (моно-, дикарбоновые).
2. *По числу аминогрупп* (моноамино- и диаминокарбоновые).
3. *По характеру радикала* (алифатические, ароматические, гетероциклические).
4. *По наличию другой функциональной группы* (например: оксиаминокислоты).
5. *По биологической роли* (заменимые и незаменимые).

Заменимые аминокислоты могут синтезироваться в живом организме, незаменимые вносятся с пищей животного и растительного происхождения.

Примеры α-аминокислот:

Моноаминомонокарбоновые кислоты содержат одну аминогруппу и одну карбоксильную группу.

$NH_2{-}CH_2{-}COOH$ **глицин** или гликокол (аминоуксусная кислота)

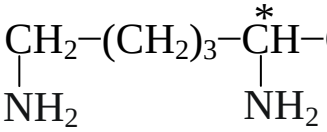
$CH_3{-}\overset{*}{C}H(NH_2){-}COOH$ **аланин** (α-аминопропионовая кислота)

Моноаминодикарбоновые кислоты содержат одну аминогруппу и две карбоксильные группы.

$HOOC{-}CH_2{-}\overset{*}{C}H(NH_2){-}COOH$ **аспарагиновая** (аминоянтарная) кислота

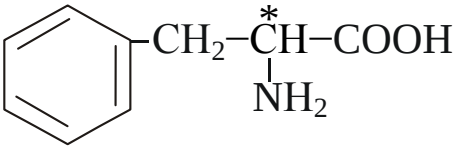
$HOOC{-}CH_2{-}CH_2{-}\overset{*}{C}H(NH_2){-}COOH$ **глутаминовая** (аминоглутаровая) кислота

Диаминомонокарбоновые кислоты содержат две амино-группы и одну карбоксильную группу.

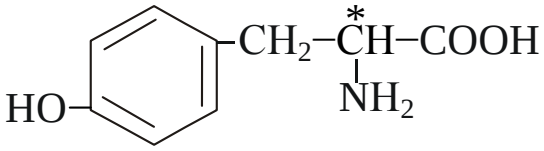


лизин (α,ε –диаминокапроновая кислота)

К ***ароматическим аминокислотам*** относят аминокислоты, содержащие ароматическое кольцо.

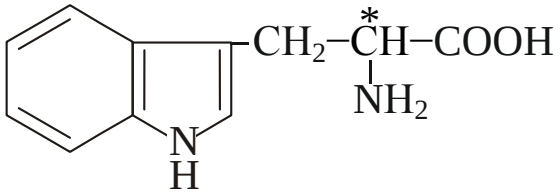


фенилаланин (α-амино-β-фенил-пропионовая кислота)

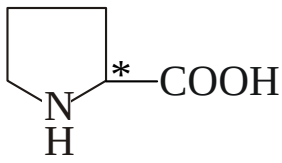


тирозин (n-оксифенилаланин)

Гетероциклические аминокислоты содержат гетероциклический фрагмент.

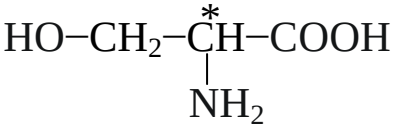


триптофан (α-амино-β-индолил-пропановая кислота)

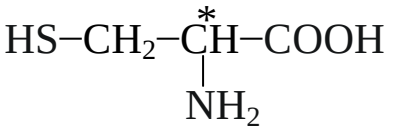


пролин (пирролидин-α-карбоновая кислота)

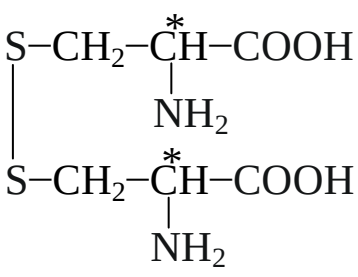
Аминокислоты с другими функциональными группами чаще всего содержат гидроксильную и меркапто-группу.



серин (α-амино-β-оксипропионовая кислота)



цистеин (α-амино-β-тиопропионовая кислота)



цистин

Белки – это высокомолекулярные азотсодержащие органические соединения, молекулы которых построены из остатков α-аминокислот, соединенных пептидными связями. В состав белков входят 20 аминокислот и 2 амида.

Классификация белков

1. *По качеству*:

- полноценные (содержат все аминокислоты);
- неполноценные белки.

2. *По составу*:

- простые – протеины, состоящие только из α-аминокислот;
- сложные – протеиды, построенные из α-аминокислот и небелковой части (простетической группы).

3. *По форме молекул* белки подразделяются на:

- фибриллярные (волокнистые). Например, белки сухожилий, волос, шерсти;
- глобулярные (клубкообразные). Например, белки куриного яйца.

Протеины (простые белки) различаются по растворимости:

• ***альбумины*** растворимы в воде, свертываются при нагревании, нейтральны, высаливаются насыщенным раствором сульфата аммония. К ним относятся альбумин белка куриного яйца, альбумин кровяной сыворотки, альбумин мышечной ткани, а также молочный альбумин, который содержится в молоке наряду с казеином, а также в пенке на кипяченом молоке;

• ***глобулины*** нерастворимы в воде, но растворяются в разбавленных растворах солей. Эти белки проявляют очень слабые кислотные свойства. Они наиболее распространены в природе. Например, глобулин кровяной сыворотки, глобулин мышечной ткани, глобулин белка куриного яйца. К глобулинам также относятся и многие растительные белки;

• ***гистоны,*** белки основного характера, входят в состав нуклеопротеидов лейкоцитов и красных кровяных шариков;

• ***протамины*** не содержат серы, являются сравнительно сильными основаниями, образуют соли, содержатся в сперматозоидах рыб, считаются простейшими из белковых веществ;

• ***проламины*** растворимы в спирте, содержатся в зернах различных хлебных злаков;

• ***склеропротеины*** – нерастворимые белки. К ним относятся кератин – серосодержащий белок кожи, рогов, копыт, перьев; эластин – нитевидный белок сухожилий, связок;

Протеиды различают по небелковой части их молекул (по простетической группе):

• ***фосфопротеиды*** содержат остатки фосфорной кислоты, например козеин молока;

• ***хромопротеиды*** представляют собой сочетания простых белков и красящих веществ пигментов, определяющих цвет крови, кожи, волос, глаз. Так, гемоглобин крови состоит из простого белка глобина и красящего вещества гемма, который содержит катион железа (II) и обуславливает алый цвет крови (см. приложение рис. 4).

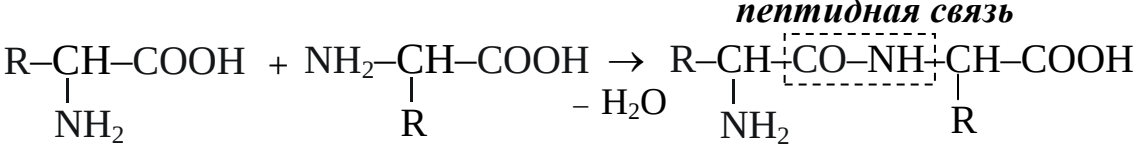
• ***гликопротеиды***. При гидролизе гликопротеиды распадаются на протеины и углеводы (олиго- и полисахариды), они содержатся в слизистых выделениях животных организмов, образуются в слюнных железах, в печени, железах желудка и кишечника, а также содержатся в хрящах, яичном белке и т. д.;

• ***липопротеиды*** представляют собой сочетание простых белков с жирами и сложными липидами (фосфатидами), содержатся в протоплазме клеток, в хлорофилле;

• ***нуклеопротеиды*** содержат нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК), входят в состав ядер растительных и животных клеток, являются самыми сложными органическими соединениями.

Виды связей в молекуле белка

1. *Пептидная связь* образуется за счет карбоксила одной молекулы аминокислоты и аминогруппы другой (поликонденсация типа «голова – хвост»). Образование пептидной связи происходит по следующей схеме:



Названия полипептидов состоят из названий аминокислот, реагирующих карбоксильными группами с окончанием «ил», и из полного названия последней аминокислоты, которая реагирует своей аминогруппой и сохраняет свободную карбоксильную группу.

Большое многообразие и специфичность белков обусловлена различной последовательностью аминокислот в полипептидной цепи. Так, из глицина и аланина образуется два дипептида (глицилаланин и аланилглицин). Из 20 аминокислот можно составить $2{,}3 \cdot 10^{18}$ различных полипептидов.

2. Дисульфидная связь возникает между принадлежащими различным цепям остатками цистеина (подобно цистину).

3. Водородная связь образуется за счет атома водорода между атомами азота и кислорода пептидных групп.

В настоящее время различают четыре структурных уровня в строении белковых молекул:

- **первичная** структура белка представляет собой линейную цепь с определенной последовательностью аминокислот;

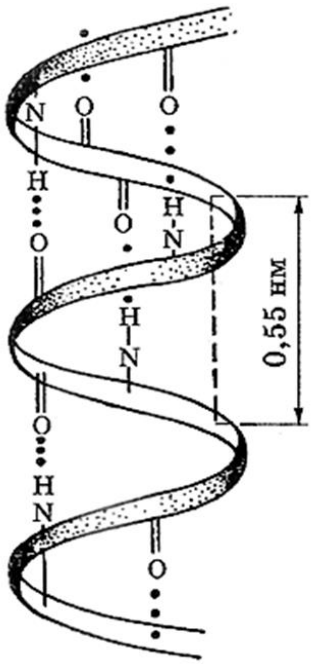


Рис. 2. α-спираль белковой молекулы

- **вторичная** структура белка обусловлена закручиванием цепи в α-спираль с образованием водородных связей (рис. 2);
- **третичная** структура – упаковка вторичной структуры в пространстве (сферическая, нитевидная) с образованием дисульфидных и ионных связей;
- **четвертичная** структура – объединение нескольких третичных структур белковых молекул, связанных между собой различными связями, как слабыми водородными и ионными связями, так и прочными ковалентными, дисульфидными, сложноэфирными и амидными.

Белки подобно аминокислотам амфотерны и образуют соли как с кислотами, так и с основаниями, т.к. содержат свободные амино- и карбоксильные группы. В кислой среде белки являются катионами, в щелочной – анионами. При определенном pH число анионов и катионов белковых молекул становится одинаковым, и они становятся нейтральными, такое значение pH называется ***изоэлектрической точкой (J).***

Осаждение белков (*высаливание*) происходит под действием концентрированных растворов некоторых минеральных солей, например, сульфата аммония. При этом белки не изменяют своих свойств и при разбавлении вновь переходят в раствор.

Денатурация белков – необратимое свертывание белков со значительными изменениями структуры. Происходит при нагре-вании, при облучении и под действием солей тяжелых металлов, образующих устойчивые комплексы с белковыми молекулами.

Цветные качественные реакции на белок бывают общие и специфические. К общим реакциям относятся:

1) ***биуретовая реакция*** на пептидную связь — появление фиолетового окрашивания при обработке солями меди в щелочной среде (ее дают все белки);

2) ***ксантопротеиновая реакция*** — появление при действии концентрированной азотной кислоты желтого окрашивания, переходящего при действии аммиака в оранжевое, указывающее на присутствие ароматических аминокислот (ее дают не все белки);

3) ***нингидринная реакция*** — появление синего окрашивания при кипячении с водным раствором нингидрина на аминогруппы (для всех белков) и для отдельных аминокислот (с аспарагином – оранжевое окрашивание, с пролином и оксипролином – желтое).

Специфические реакции позволяют установить присутствие в белках определенной аминокислоты. Например:

1) ***реакция Миллона*** на тирозин происходит при кипячении раствора белка с раствором нитрата ртути в смеси азотной и азотистой кислот, что приводит к выпадению красно-коричневого осадка;

2) ***реакция на триптофан*** происходит при действии концентрированных серной и уксусной кислот на раствор белка, при этом появляется сине-фиолетовое окрашивание;

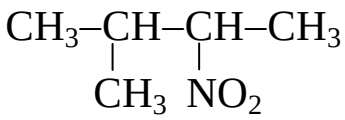
3) ***реакция на серусодержащие аминокислоты*** – при кипячении раствора белка с 30% раствором КОН и добавлении раствора ацетата свинца появляется коричнево-черное окрашивание.

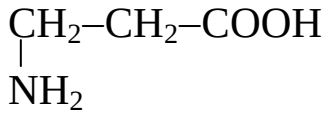
Тема № 8

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант 1

1. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

   а) 

   б) 

   в) $CH_3–CH_2–CH_2–NH_2$

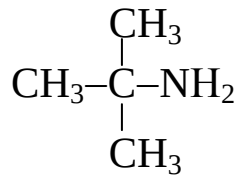
   г) $CH_3–CH_2–NH–CH_2–CH_3$

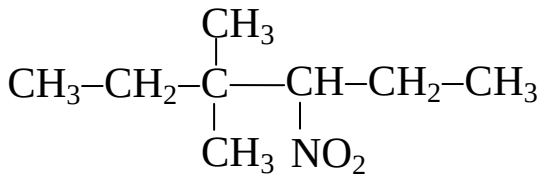
2. Составьте схемы реакций, протекающих при: а) нагревании 3-аминобутановой кислоты; б) взаимодействии аланина с пропанолом-1; в) взаимодействии серина с ортофосфорной кислотой.

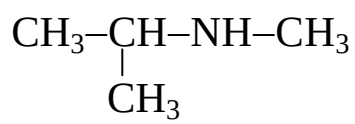
3. Получите два изомерных дипептида из аспарагиновой кислоты и глицина.

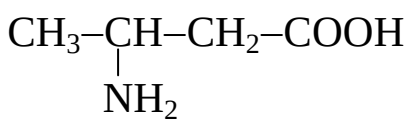
Вариант 2

1. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

   а) 

   б) 

   в) 

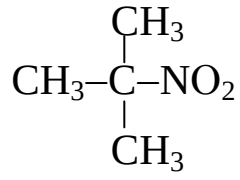
   г) 

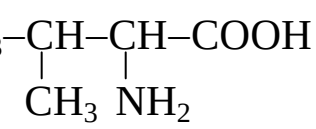
2. Составьте схемы реакций, в которых образуются: а) пропиловый эфир 3-аминопропановой кислоты; б) амид глутаминовой кислоты; в) хлорангидрид глицина.

3. Получите два дипептида аланил-лизин и лизил-аланин.

Вариант 3

1. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

   а) 

   б) 

в) $CH_2(NO_2)–CH_2–COOH$ г) $CH_3–CH_2–CH_2–CN$

2. Напишите схемы реакций, характеризующих химические свойства цистеина.
3. Получите два изомерных дипептида из аланина и серина.

Вариант 4

1. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) $CH_3–CH_2–CH(CH_3)–CH_2–CH(NO_2)–CH_3$ б) $CH_3–CH(CH_3)–N(CH_3)–CH_2–CH_3$

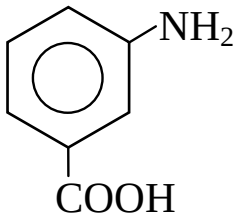
в) $CH_3–CH(CH_3)–CH(NH_2)–CH_2–COOH$ г) $H_2N–CH_2–CH_2–CH(CH_3)–COOH$

2. Приведите схемы реакций метиламина: а) с азотистой кислотой; б) с соляной кислотой; в) с хлорангидридом уксусной кислоты.
3. Получите два изомерных дипептида из аланина и тирозина.

Вариант 5

1. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) $CH_3–CH_2–NH–CH_3$ б) $[CH_3–NH_2–CH_3]^+ Br^-$

в) $CH_3–CH(NO_2)–CH_2–COOH$ г) 

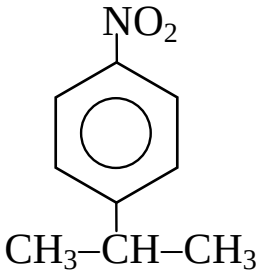
2. Составьте схемы реакций глутаминовой кислоты с: а) гидроксидом кальция; б) пропанолом-1; в) хлоридом фосфора (V).
3. Напишите схемы образования дипептидов из аланина и глицина.

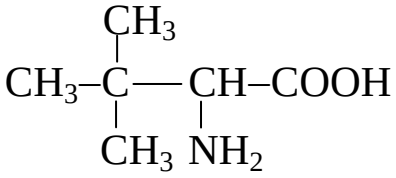
Вариант 6

1. Напишите структурные формулы соединений:
   а) 3,3-диметил-2-нитропентан; б) 4-нитропентен-2; в) бензиламин; г) 2-метил-2-аминопропановая кислота.
2. Приведите два примера моноаминодикарбоновых кислот. Для одной из них составьте схемы: а) реакции дезаминирования; б) взаимодействия с хлороводородом; в) взаимодействия с гидроксидом натрия.
3. Получите два изомерных дипептида из фенилаланина и глицина.

Вариант 7

1. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) 

в) $[(C_2H_5)_2NH_2]^+ Cl^-$

г) $CH_3–NH–CH_2–CH_3$

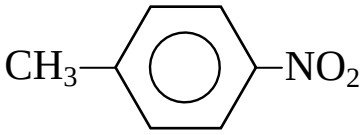
2. Приведите два примера аминокислот, содержащих серу. Для одной из них составьте схемы реакций с: а) гидроксидом меди (II); б) пропанолом-1; в) соляной кислотой.
3. Напишите схемы реакций гидролиза: а) аланил-аланина; б) глицил-лейцина.

Вариант 8

1. Напишите структурные формулы соединений:
   а) 3,5-диметил-2-нитрогексан; б) диметилизопропиламин; в) 3-амино-бутановая кислота; г) амид 2-аминопропановой кислоты.
2. Составьте схемы реакций фенилаланина с: а) этанолом; б) гидроксидом калия; в) бромоводородной кислотой.
3. Получите два изомерных дипептида из аланина и серина.

Вариант 9

1. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) $[CH_3–CH_2–NH_2–CH_3]^+ I^-$

в) $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{CH}}–COOH$

г) $H_2N–CH_2–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–NH_2$

2. Приведите пример оксиаминокислоты. Запишите для неё схемы реакций с: а) соляной кислотой; б) гидроксидом натрия; в) этанолом.
3. Получите два изомерных дипептида из тирозина и глицина.

Вариант 10

1. Напишите структурные формулы соединений: а) амид 2-аминопропановой кислоты; б) 2-нитробутан; в) изопропилфениламин; г) бромид диметиламмония.
2. Напишите схемы реакций, протекающих при нагревании α-, β- и γ-аминовалериановых кислот. Назовите полученные соединения.
3. Составьте схемы реакций гидролиза: а) глицил-аланина; б) лейцил-валина.

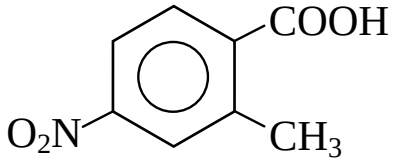
Вариант 11

1. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) $NH_2–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–CH_2–\underset{\displaystyle CH_2\\ \displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–CH_2–CH_2–NH_2$

б) $CH_3–\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}–CH_2–CH_3$

в) $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}–NH_2$

г) 

2. Составьте схемы реакций: а) горения изопропиламина; б) взаимо-

действия диэтиламина с азотистой кислотой; в) взаимодействия 1,5-диаминопентана (кадаверина) с соляной кислотой.

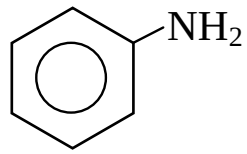
3. Получите следующие дипептиды из соответствующих аминокислот: а) глицил-валин; б) валил-глицин.

Вариант 12

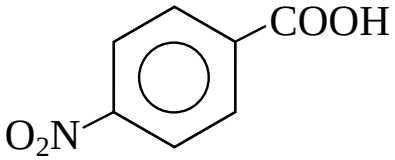
1. Напишите структурные формулы соединений: а) дифениламин; б) диамид глутаминовой кислоты; в) *пара*-аминобензойная кислота; г) 2-нитро-3-метилбутан.
2. Приведите пример диаминомонокарбоновой кислоты. Составьте для неё схемы реакций с: а) гидроксидом калия; б) пропанолом-2.
3. Получите два изомерных дипептида из фенилаланина и цистеина.

Вариант 13

1. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

б) $[CH_3–CH_2–NH_3]^+ OH^-$

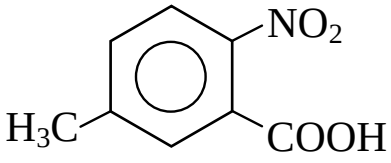
в) 

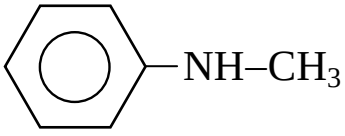
г) $CH_3–CH_2–\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{N}}–CH_2–CH_3$

2. Приведите схемы реакций, подтверждающих амфотерные свойства валина.
3. Напишите схемы реакций образования дипептидов из серина и глутаминовой кислоты.

Вариант 14

1. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) 

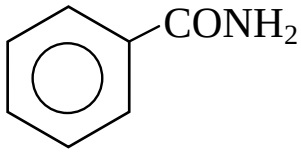
б) 

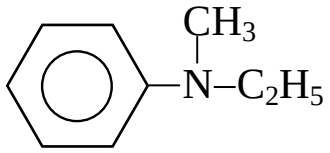
в) $CH_3–\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{CH}}–CH_2–COOH$ г) $[(CH_3)_2NH_2]^+Cl^-$

2. Приведите схемы реакций получения тринитротолуола и тринитроглицерина. К каким классам соединений они относятся?
3. Получите два изомерных дипептида из лейцина и тирозина.

Вариант 15

1. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

а) $CH_3–\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}–\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}–CH_2–CH_2–CH_3$ б) 

в) $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–CN$ г) 

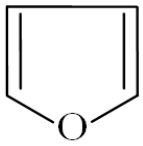
2. Составьте схемы реакций: а) декарбоксилирования серина; б) образования этилового эфира пролина; в) взаимодействия цистеина с азотистой кислотой.
3. Напишите схему реакции гидролиза трипептида глицил-лейцил-аланина.

Тема № 9. Гетероциклические соединения. Нуклеиновые кислоты

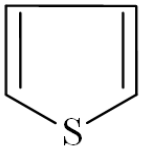
Гетероциклические соединения – это органические вещества, содержащие циклы, образованные не только атомами углерода, но и другими атомами (гетероатомами). Гетероциклы входят в состав лекарственных препаратов, пестицидов, нуклеиновых кислот, гемоглобина крови, хлорофилла (см. приложение рис. 4,5).

Гетероциклические соединения различают по величине цикла и по гетероатому. Наиболее важное значение имеют циклы, содержащие атомы азота, кислорода и серы.

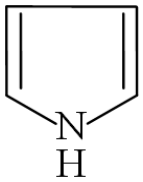
Пятичленные гетероциклы



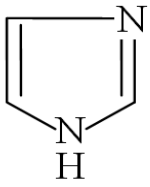
фуран



тиофен

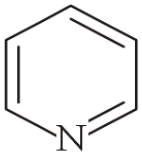


пиррол

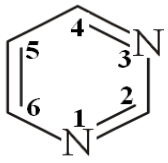


имидазол

Шестичленные гетероциклы

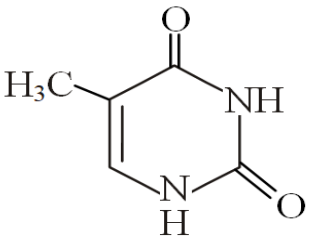


пиридин

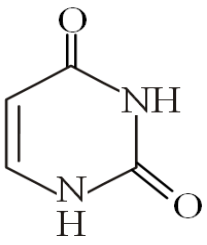


пиримидин

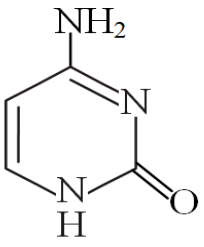
Пиримидиновые основания входят в состав нуклеиновых кислот и являются окси- (или оксо-) и аминопроизводными пиримидина:



тимин



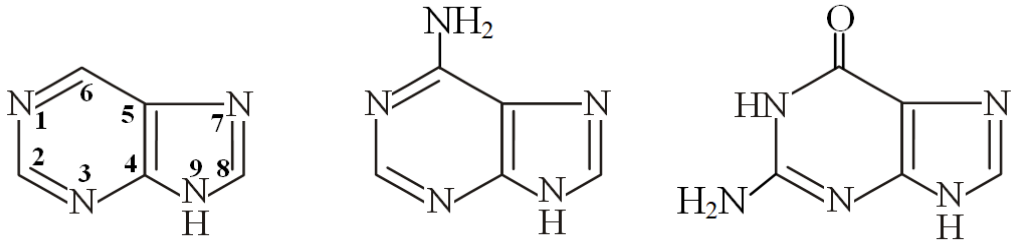
урацил



цитозин

Пурин и его производные

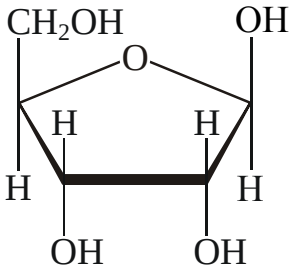
Пурин – ароматический гетероцикл, образованный сконденсированными ядрами пиримидина и имидазола. Наибольшее значение имеют окси- и аминопроизводные пурина, которые содержатся в нуклеиновых кислотах и называются **пуриновыми основаниями:**



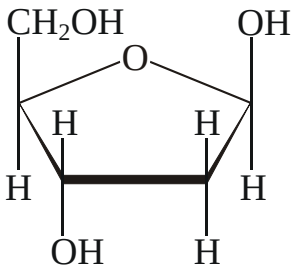
пурин ***аденин*** ***гуанин***

Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты – это сложные высокомолекулярные соединения, содержащиеся в ядрах живых клеток, где они связаны с белками в нуклеопротеиды (сложные белки). В основе молекул нуклеиновых кислот лежат длинные цепи пентоз (*β-D-рибозы* и *β-D-2-дезоксирибозы*) в фуранозной форме, соединенных с помощью эфирных связей с молекулами фосфорной кислоты.



***β-D*-рибофураноза**



***β-D*-дезоксирибофураноза**

Кроме того, в состав нуклеиновых кислот входят гетероциклы: пуриновые основания (аденин и гуанин) и пиримидиновые основания (урацил, тимин, цитозин), соединенные с молекулами пентоз.

Первичная структура нуклеиновых кислот:

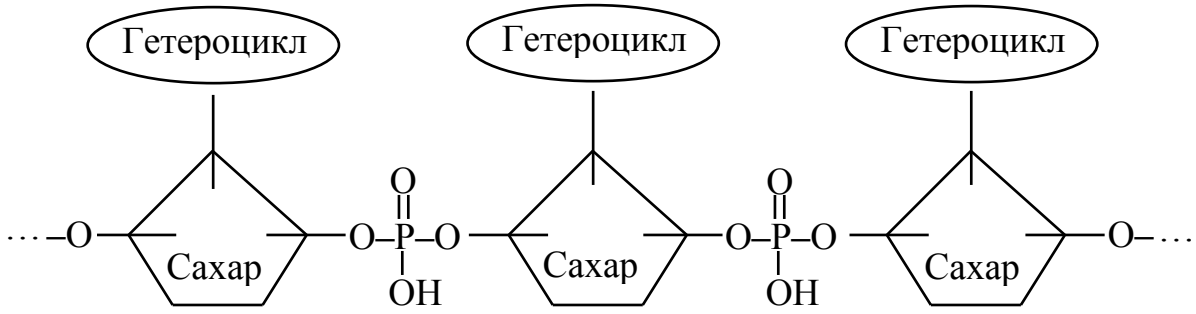


Схема гидролиза нуклеиновых кислот:

Нуклеиновые кислоты делятся на два больших класса:

1. ***Дезоксирибонуклеиновые кислоты*** (**ДНК**) при полном гидролизе дают дезоксирибозу, фосфорную кислоту и азотистые гетероциклические основания: аденин, гуанин, цитозин, тимин. Структурная единица молекулы ДНК приведена в приложении (рис. 3).

2. ***Рибонуклеиновые кислоты*** (**РНК**) гидролизуются с образованием рибозы, фосфорной кислоты и азотистых гетероциклических оснований: аденина, гуанина, цитозина, урацила.

Следовательно, ДНК отличаются от РНК тем, что в состав их молекул входит другая пентоза (дезоксирибоза вместо рибозы) и другое пиримидиновое основание (тимин вместо урацила) (рис.3).

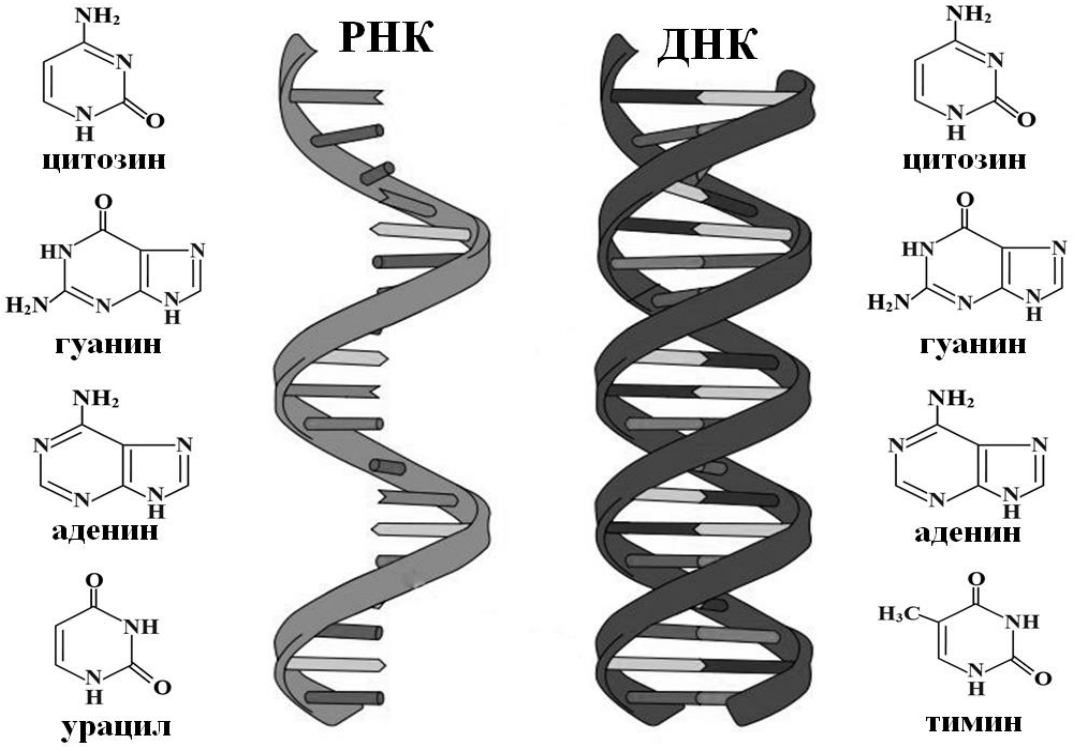


Рис. 3. Строение молекул РНК и ДНК

Формулы наиболее важных гетероциклических соединений приведены в приложении (табл. 3).

Тема № 9

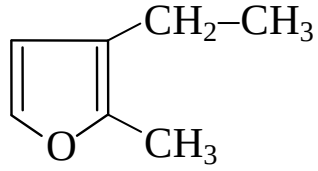
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

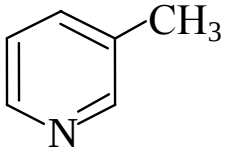
Вариант 1

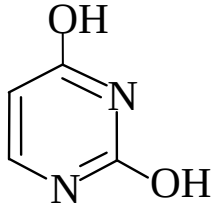
1. Приведите формулы следующих веществ: 2,5-дибромпиррол; 3-аминопиридин; амид никотиновой кислоты.
2. Составьте схему взаимных превращений пятичленных гетероциклов. Приведите уравнение реакции гидрирования фурана.
3. Какие соединения называются нуклеозидами? Напишите уравнение реакции образования нуклеозида из тимина и рибозы.

Вариант 2

1. Назовите следующие вещества:

а) 

б) 

в) 

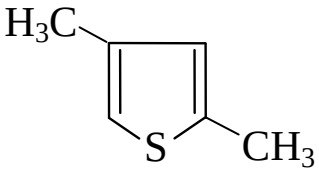
2. Приведите схемы реакций:
   а) тиофена с серной кислотой;
   б) гидрирования пиридина.
3. Напишите уравнение реакции образования нуклеотида, образующего при гидролизе аденин, рибозу и ортофосфорную кислоту.

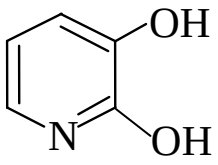
Вариант 3

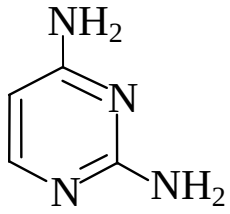
1. Напишите формулы следующих веществ: 2,5-диметилпиррол; фуран-2-карбоновая кислота; никотин.
2. Приведите схемы реакций:
   а) фурана с бромом;
   б) имидазола с серной кислотой.
3. Приведите схему гидролиза нуклеиновых кислот.

Вариант 4

1. Назовите следующие вещества:

а) 

б) 

в) 

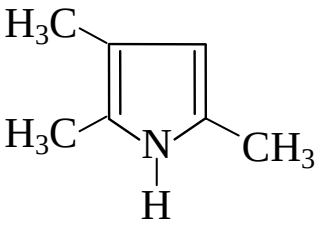
2. Приведите схемы реакций:
   а) нитрования пиридина;
   б) имидазола с бромоводородом.
3. Какие соединения называются нуклеотидами? Напишите уравнение реакции образования нуклеотида, образующего при гидролизе тимин, дезоксирибозу и ортофосфорную кислоту.

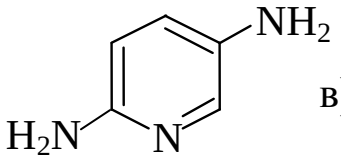
Вариант 5

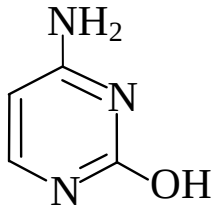
1. Приведите формулы следующих веществ: 3-бромфуран; 3,5-диметилпиридин; 2,4,6-триоксипиримидин.
2. Напишите схемы реакций:
   а) гидрохлорирования пиридина;
   б) взаимодействия индола с азотистой кислотой.
3. Напишите уравнение реакции образования рибонуклеозида, в состав которого входит аденин.

Вариант 6

1. Назовите следующие вещества:

а) 

б) 

в) 

2. Приведите схемы реакций:
   а) хлорирования индола;
   б) гидрирования тиофена.

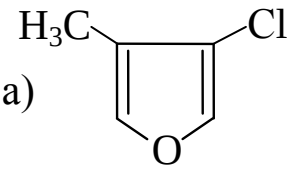
3. Напишите уравнение реакции образования рибонуклеозида в состав, которого входит урацил.

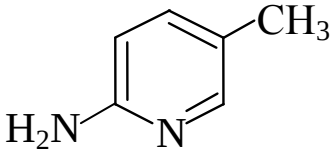
Вариант 7

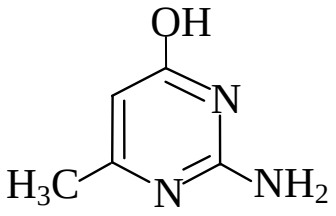
1. Напишите формулы следующих веществ: 2,5-дихлортиофен; 3-аминопиридин; 2,6,8-триоксипурин.
2. Приведите схемы реакций:
   а) никотиновой кислоты со щелочью;
   б) имидазола с бромоводородом.
3. Напишите уравнение реакции образования дезоксирибонуклеотида, в состав которого входит тимин.

Вариант 8

1. Назовите следующие вещества:

а) 

б) 

в) 

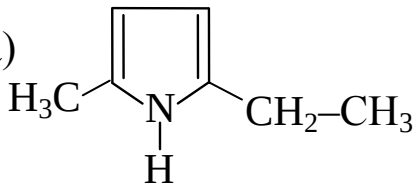
2. Напишите схемы реакций:
   а) сульфирования тиофена;
   б) взаимодействия пиридина с соляной кислотой.
3. Какие нуклеотиды входят в состав ДНК? Приведите примеры.

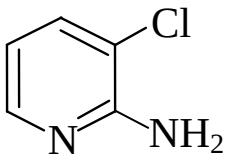
Вариант 9

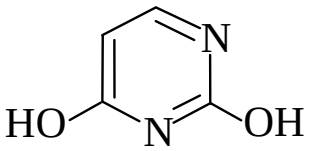
1. Напишите формулы следующих веществ: 4-индолкарбоновая кислота; 2,5-диметилпиррол; анабазин.
2. Приведите схемы реакций:
   а) взаимодействия пиррола с гидроксидом калия;
   б) урацила с соляной кислотой.
3. Напишите схему образования нуклеотида из урацила, дезоксирибозы и ортофосфорной кислоты.

Вариант 10

1. Назовите следующие вещества:

а) 

б) 

в) 

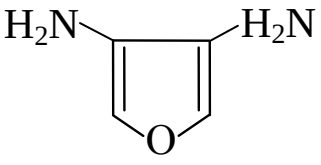
2. Напишите схемы реакций:
   а) гидрирования пиримидина;
   б) окисления 3-метилпиридина.
3. Приведите формулы гетероциклов, входящих в состав РНК.

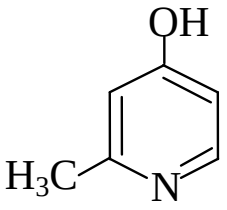
Вариант 11

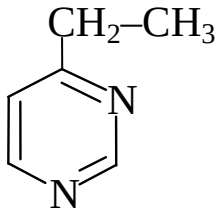
1. Приведите формулы следующих веществ: 3-аминотиофен; 2,4-диоксипиридин; 4,5-дибромпиримидин.
2. Напишите схемы реакций:
   а) нитрования индола;
   б) окисления 2-этилпиридина.
3. Приведите схему образования дезоксирибонуклеотида, в состав которого входит урацил.

Вариант 12

1. Назовите следующие вещества:

а) 

б) 

в) 

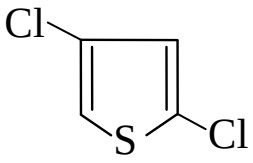
2. Напишите схемы реакций:
   а) никотиновой кислоты со щелочью;
   б) сульфирования пиррола.
3. Приведите схему образования рибонуклеотида, в состав которого входит гуанин.

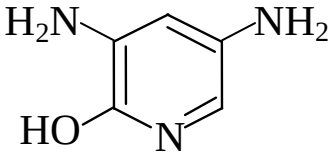
Вариант 13

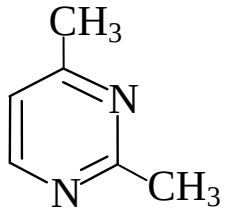
1. Приведите формулы следующих веществ: 3,4-дихлорпиррол; 2-этилпиридин; 6-аминопурин.
2. Напишите схемы реакций:
   а) взаимодействия пиррола с металлическим натрием;
   б) получения аминопиридина.
3. Запишите формулы гетероциклов, которые образуются при полном гидролизе ДНК.

Вариант 14

1. Назовите следующие вещества:

а) 

б) 

в) 

2. Напишите схемы реакций:
   а) пиррола с хлороводородом;
   б) получения амида никотиновой кислоты.
3. Приведите схему образования дезоксирибонуклеозида, в состав которого входит аденозин.

Вариант 15

1. Приведите формулы следующих веществ: тиофен-3-карбоновая кислота; 2- аминопиридин; 2-окси-4-аминопиримидин.
2. Напишите схемы реакций:
   а) пиррола с сероводородом;
   б) восстановления пиридина.
3. Приведите схему образования нуклеотида из рибозы, аденозина и ортофосфорной кислоты.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грандберг И.И. Органическая химия: учебник / И.И. Грандберг, Н.Л. Нам. – М.: Юрайт, 2013. – 608с.
2. Фролова В.В. Органическая химия: учебное пособие / В.В. Фролова, О.В. Дьяконова. – Воронеж: ВГАУ, 2016. – 235с. <URL:http://catalog.vsau.ru/elib/books/b114345.pdf>.
3. Шабаров Ю.С. Органическая химия: учебник [электронный ресурс]. – М.: Лань, 2011. – 847с. <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4037>.
4. Артеменко А.И. Органическая химия для нехимических направлений подготовки: учебное пособие [электронный ресурс] – М.: Лань, 2011. – 608с. <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38835>
5. Методические указания (тестовые задания) по химии для самостоятельной работы студентов биологических специальностей/ В.В. Фролова, С.А. Соколова, О.В. Дьяконова и др. – Воронеж: ВГАУ, 2007. – 102 с. <URL:http://catalog.vsau.ru/elib/books/b50636.pdf>.
6. Кузнецов Д.Г. Органическая химия / Кузнецов Д.Г. – М.: «Лань», 2016.<URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72988>.
7. Березин Д.Б. Органическая химия / Березин Д.Б., Шухто О.В., Сырбу С.А., Койфман О.И. – М.: Лань, 2014. – 240 с. <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=44754>.
8. Щеголев А.Е. Органическая химия / Щеголев А.Е., Яковлев И.П.– М.: Лань, 2017. – 544с. <URL:https://e.lanbook.com/book/94752>.
9. Иванов В.Г. Органическая химия. Краткий курс: учебное пособие. – М.: ООО «КУРС»: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2018 . – 222с. <URL:http://znanium.com/go.php?id=912392>.
10. Бокова Т.И. Органическая химия. – Новосибирск: Золотой колос, 2014. – 140с. <URL:http://znanium.com/go.php?id=515902>.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Названия важнейших радикалов

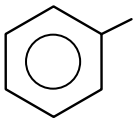
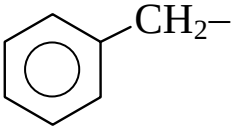
Радикал	Название
$CH_3–$	метил
$CH_3–CH_2–$	этил
$CH_3–CH_2–CH_2–$	пропил
$CH_3–\underset{\displaystyle |}{CH}–CH_3$	изопропил
$CH_2=CH–$	винил
	фенил
	бензил

Таблица 2

Номенклатура органических соединений

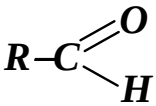
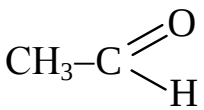
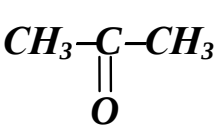
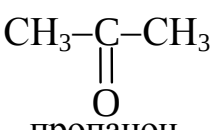
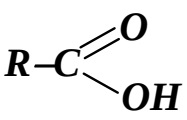
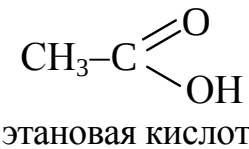
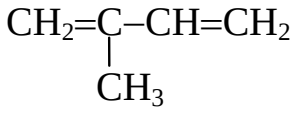
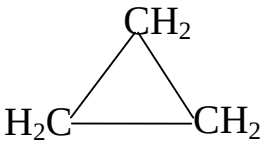
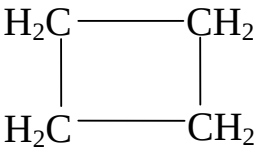
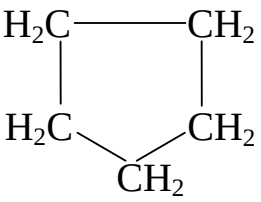
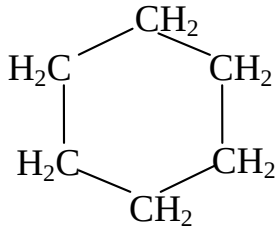
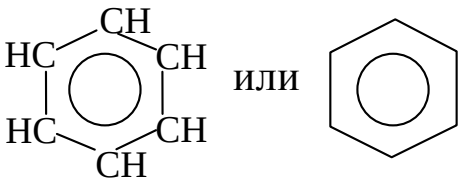
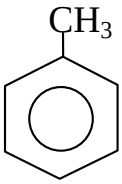
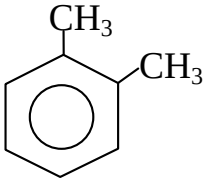
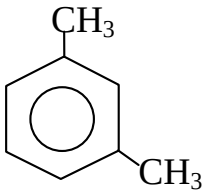
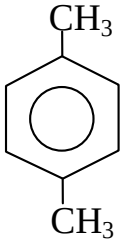
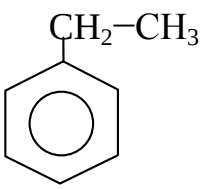
Класс		Общая формула	Название: приставка	Название: суффикс, окончание	Пример
Углеводороды	Алканы	C_nH_{2n+2}	-	-ан-	CH_4 метан, $CH_3–CH_3$ этан
	Алкены	C_nH_{2n}	-	-ен-	$CH_2=CH_2$ этен
	Алкины	C_nH_{2n-2}	-	-ин-	$CH\equiv CH$ этин
	Алкадиены	C_nH_{2n-2}	-	-диен-	$CH_2=CH–CH=CH_2$ бутадиен-1,3
Галогенпроизводные (-F, -Cl, -Br, -I)		$R–Hal$	фтор-, хлор-, бром-, йод-	-	$CH_3–CH_2Cl$ хлорэтан
Амины		$R–NH_2$	амино-	-амин	$CH_3–CH_2–NH_2$ этиламин (аминоэтан)
Нитросоединения		$R–NO_2$	нитро-	-	$CH_3–CH_2–NO_2$ нитроэтан
Спирты		$R–OH$	окси-	-ол-	$CH_3–CH_2OH$ этанол
Альдегиды			фор-мил-	-аль	 этаналь
Кетоны			-оксо-	-он-	 пропанон
Карбоновые кислоты			кар-бокси-	-овая к-та	 этановая кислота

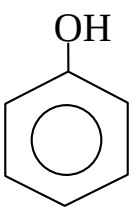
Таблица 3

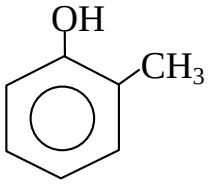
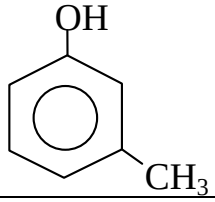
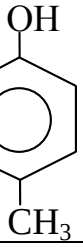
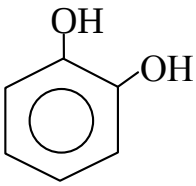
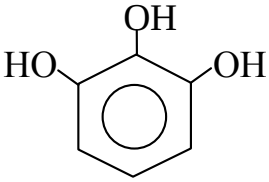
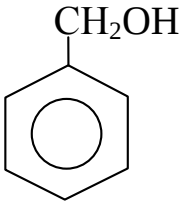
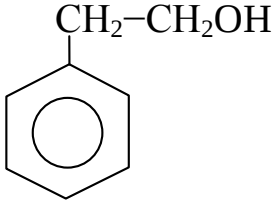
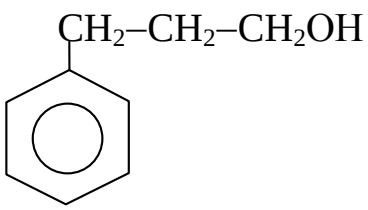
Важнейшие органические соединения

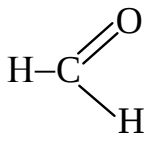
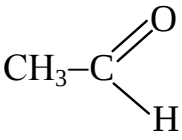
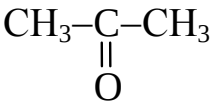
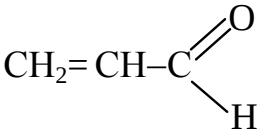
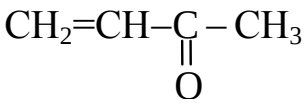
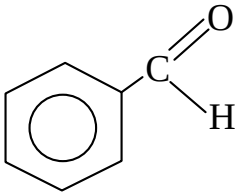
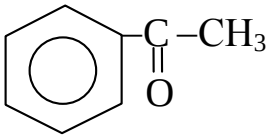
Формула	Название по номенклатуре ИЮПАК (тривиальное)
УГЛЕВОДОРОДЫ	
а) предельные ациклические	
C_nH_{2n+2}	**Алканы**
CH_4	метан
$CH_3–CH_3$	этан
$CH_3–CH_2–CH_3$	пропан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$	бутан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	пентан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	гексан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	гептан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	октан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	нонан
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	декан
б) непредельные ациклические	
C_nH_{2n}	**Алкены**
$CH_2=CH_2$	этен (этилен)
$CH_2=CH–CH_3$	пропен
$CH_2=CH–CH_2–CH_3$	бутен-1

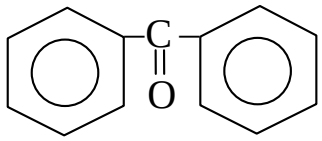
Формула	Название
$CH_3-CH=CH-CH_3$	бутен-2
C_nH_{2n-2}	**Алкины**
$CH\equiv CH$	этин (ацетилен)
$CH\equiv C-CH_3$	пропин
$CH\equiv C-CH_2-CH_3$	бутин-1
$CH_3-C\equiv C-CH_3$	бутин-2
C_nH_{2n-2}	**Алкадиены**
$CH_2=CH-CH=CH_2$	бутадиен-1,3 (дивинил)
	2-метилбутадиен-1,3 (изопрен)
в) предельные циклические	
C_nH_{2n}	**Циклоалканы**
	циклопропан
	циклобутан
	циклопентан

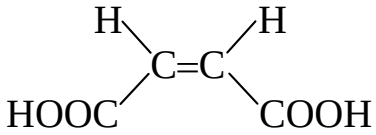
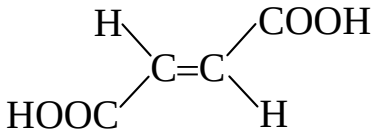
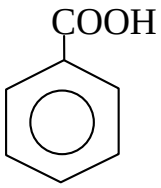
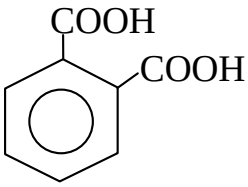
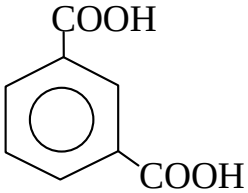
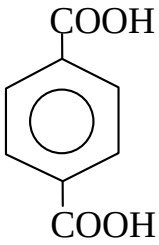
Формула	Название
	циклогексан
г) ароматические	
C_nH_{2n-6}	**Арены**
	бензол
	толуол (метилбензол)
	1,2-диметилбензол (орто-ксилол)
	1,3-диметилбензол (мета-ксилол)
	1,4-диметилбензол (пара-ксилол)
	этилбензол

Формула	Название
СПИРТЫ И ФЕНОЛЫ	
а) предельные одноатомные	
$CH_3–OH$	метанол (метиловый)
$CH_3–CH_2–OH$	этанол (этиловый), винный спирт
$CH_3–CH_2–CH_2–OH$	пропанол-1 (пропиловый)
$CH_3–\underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{CH}}–CH_3$	пропанол-2 (изопропиловый)
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–OH$	бутанол-1 (бутиловый)
б) непредельные одноатомные	
$CH_2=CH–OH$	этенол (виниловый спирт)
$CH_2=CH–CH_2–OH$	пропен-2-ол-1 (аллиловый)
в) предельные многоатомные	
$\underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{CH_2}}–\underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{CH_2}}$	этандиол-1,2 (этиленгликоль)
$\underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{CH_2}}–\underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{CH}}–\underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{CH_2}}$	пропантриол-1,2,3 (глицерин)
г) фенолы	
	фенол (оксибензол)

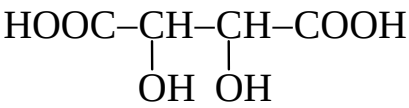
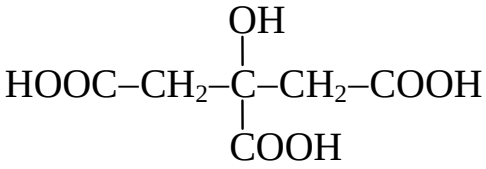
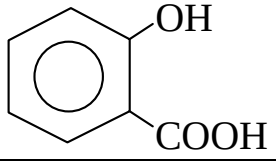
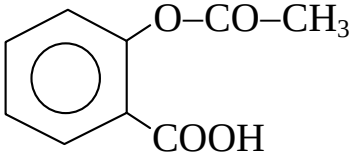
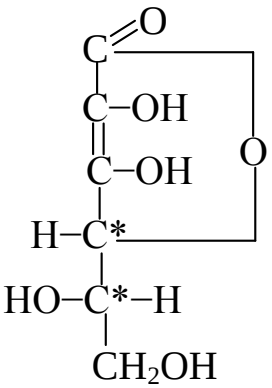
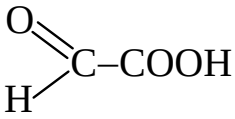
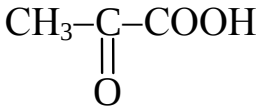
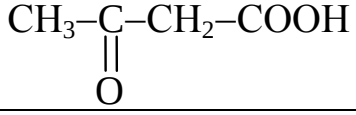
Формула	Название
	2-метил-1-оксибензол (орто-крезол)
	3-метил-1-оксибензол (мета-крезол)
	4-метил-1-оксибензол (пара-крезол)
	1,2-диоксибензол (пирокатехин)
	1,2,3-триоксибензол (пирогаллол)
д) ароматические спирты	
	фенилметанол (бензиловый)
	2-фенилэтанол (фенилэтиловый)
	3-фенилпропанол-1 (фенилпропиловый)

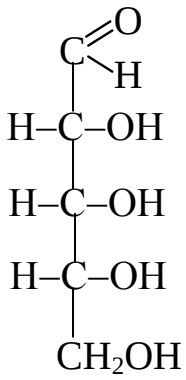
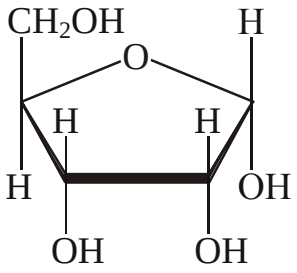
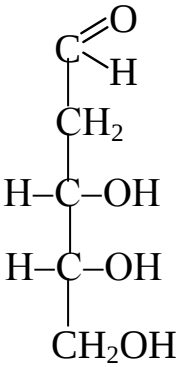
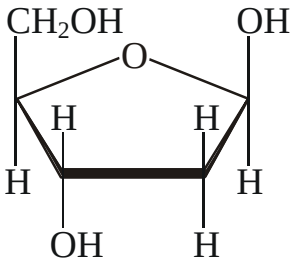
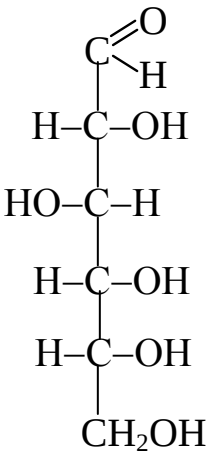
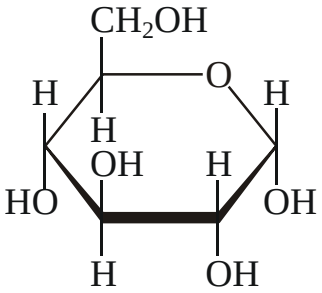
Формула	Название
АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ	
а) предельные	
	метаналь (муравьиный альдегид)
	этаналь (уксусный альдегид)
	пропанон (диметилкетон, ацетон)
б) непредельные	
	пропеналь (акролеин)
	бутенон (метилвинилкетон)
в) ароматические	
	бензолкарбальдегид (бензойный альдегид, бензальдегид)
	метилфенилкетон (ацетофенон)

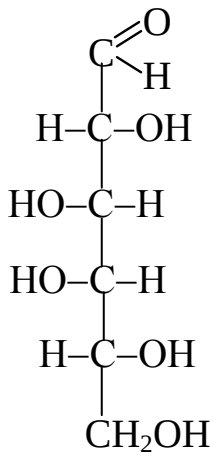
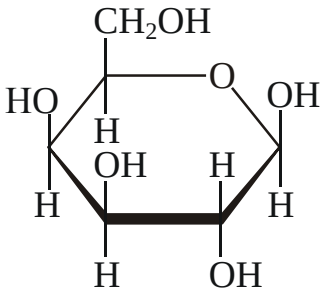
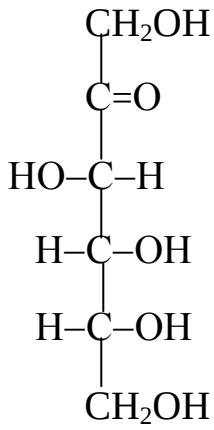
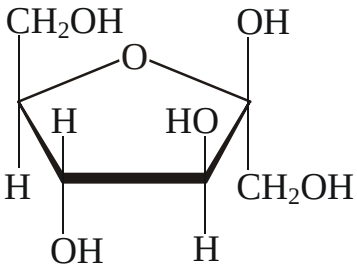
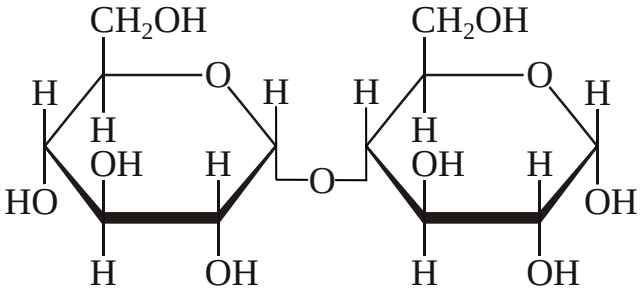
Формула	Название
	дифенилкетон (бензофенон)
КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ	
а) предельные одноосновные	
$H-COOH$	метановая (муравьиная)
CH_3-COOH	этановая (уксусная)
CH_3-CH_2-COOH	пропановая (пропионовая)
$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$	бутановая (масляная)
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$	пентановая (валериановая)
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$	гексановая (капроновая)
$C_{15}H_{31}-COOH$	гексадекановая (пальмитиновая)
$C_{17}H_{35}-COOH$	октадекановая (стеариновая)
б) непредельные одноосновные	
$CH_2=CH-COOH$	пропеновая (акриловая)
$CH_3-CH=CH-COOH$	кротоновая (бутен-2-овая)
$CH_2=\underset{\displaystyle OH}{\overset{\displaystyle \vert}{C}}-COOH$	метакриловая (2-метилпропеновая)
$CH_3-CH=CH-CH=CH-COOH$	сорбиновая (гексадиен-2,4-овая)

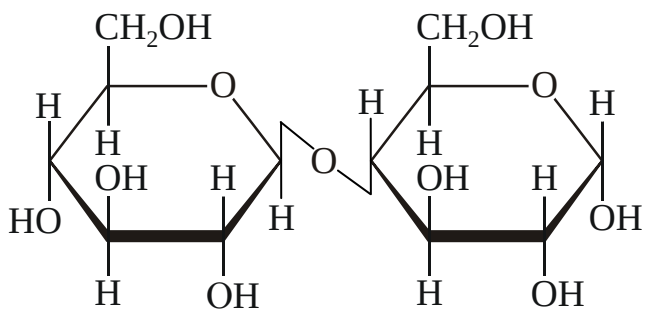
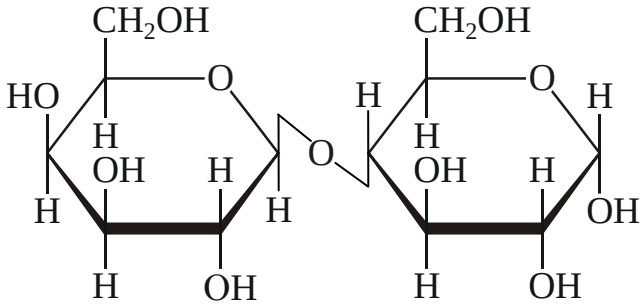
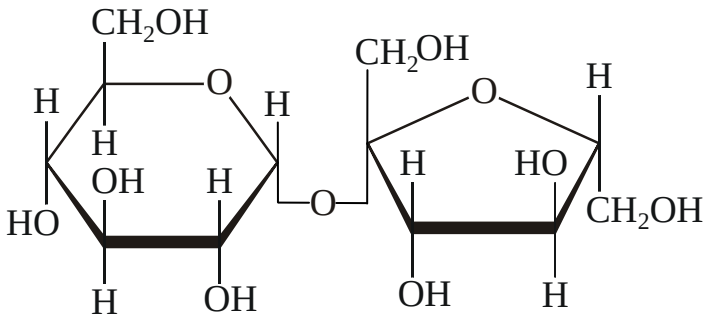
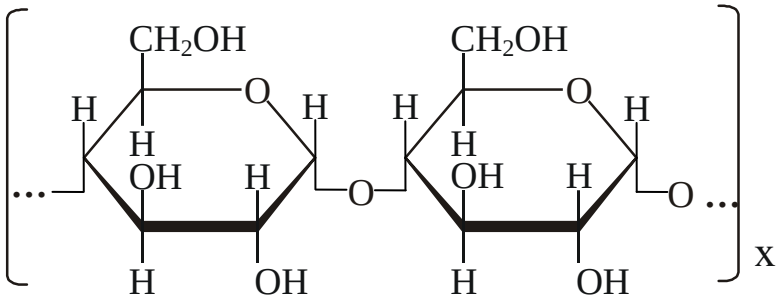
Формула	Название
в) предельные двухосновные	
HOOC−COOH	этандиовая (щавелевая)
HOOC−CH_2−COOH	пропандиовая (малоновая)
HOOC−CH_2−CH_2−COOH	бутандиовая (янтарная)
г) непредельные двухосновные	
	цис-бутен-2-диовая (малеиновая)
	транс-бутен-2-диовая (фумаровая)
д) ароматические	
	бензолкарбоновая (бензойная)
	бензол-дикарбоновая-1,2 (фталевая)
	бензол-дикарбоновая-1,3 (изофталевая)
	бензол-дикарбоновая-1,4 (терефталевая)

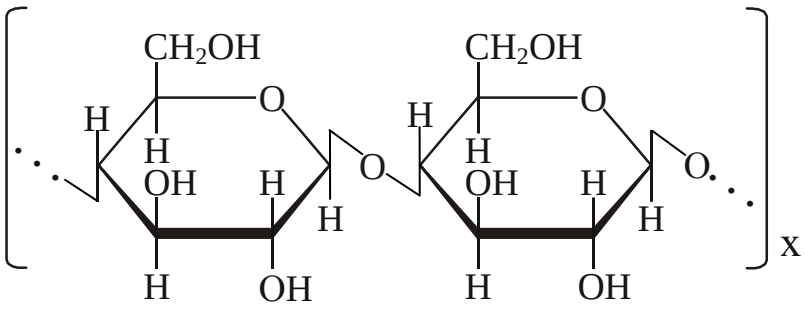
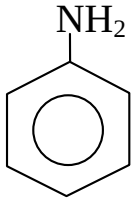
ЖИРЫ	
а) твердые	
$CH_2-O-CO-C_{15}H_{31}$ $CH-O-CO-C_{15}H_{31}$ $CH_2-O-CO-C_{15}H_{31}$	трипальмитин
$CH_2-O-CO-C_{17}H_{35}$ $CH-O-CO-C_{17}H_{35}$ $CH_2-O-CO-C_{17}H_{35}$	тристеарин
Формула	Название
б) жидкие (масла)	
$CH_2-O-CO-C_{17}H_{33}$ $CH-O-CO-C_{17}H_{33}$ $CH_2-O-CO-C_{17}H_{33}$	триолеин
$CH_2-O-CO-C_{17}H_{31}$ $CH-O-CO-C_{17}H_{31}$ $CH_2-O-CO-C_{17}H_{31}$	трилинолеин
$CH_2-O-CO-C_{17}H_{33}$ $CH-O-CO-C_{17}H_{33}$ $CH_2-O-CO-C_{17}H_{35}$	диолеостеарин
Оксикислоты	
$HO-CH_2-COOH$	оксиэтановая (гликолевая)
$CH_3-CH(OH)-COOH$	2-оксипропановая (молочная)
$HOOC-CH(OH)-CH_2-COOH$	2-оксибутандиовая (яблочная)

	1,2-диоксибутан-диовая (винная)
	3-окси-3-карбокси-пентандиовая (лимонная)
	2-оксибензол-карбоновая (салициловая)
	2-ацетоксибензол-карбоновая (ацетилсалициловая, аспирин)
	аскорбиновая кислота L-форма γ-лактона 2,3-дегидрогулоновой кислоты (**витамин С**)
Оксокислоты (альдегидо- и кетокислоты)	
	оксоэтановая (глиоксалевая, глиоксиловая)
	2-оксопропановая (пировиноградная)
	3-оксобутановая (ацетоуксусная)

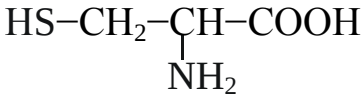
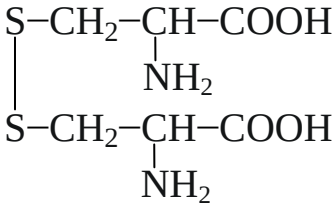
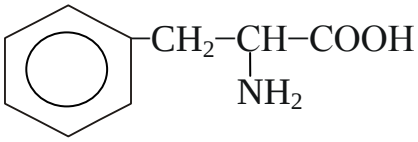
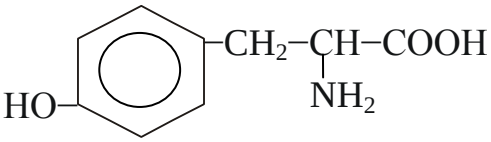
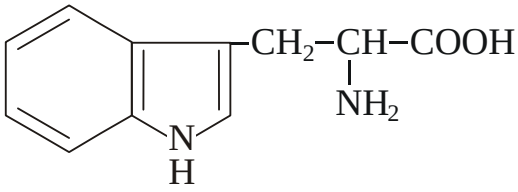
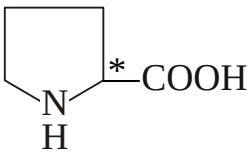
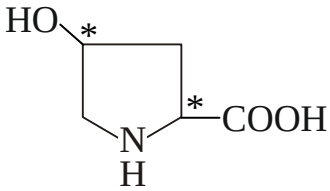
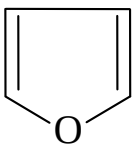
Формула	Название
УГЛЕВОДЫ	
а) моносахариды	
 *D*-рибоза  α-*D*-рибофураноза	рибоза
 *D*-дезоксирибоза  β-*D*-дезоксирибофураноза	дезоксирибоза
 *D*-глюкоза  α-*D*-глюкопираноза	глюкоза

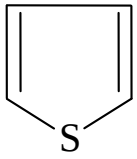
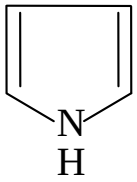
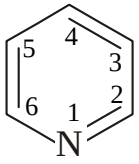
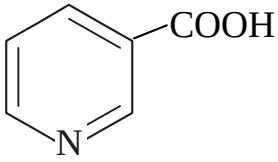
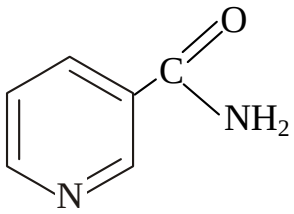
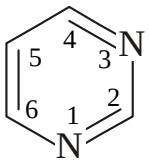
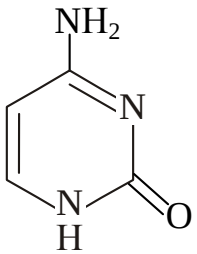
Формула	Название
 *D*-галактоза  *β-D*-галактопираноза	галактоза
 *D*-фруктоза  *β-D*-фруктофураноза	фруктоза
б) дисахариды	
	мальтоза (солодовый сахар)

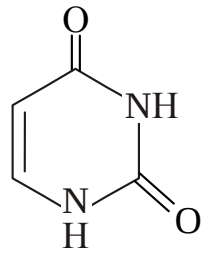
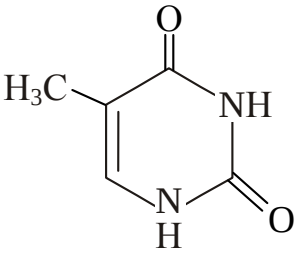
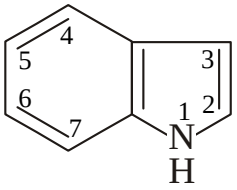
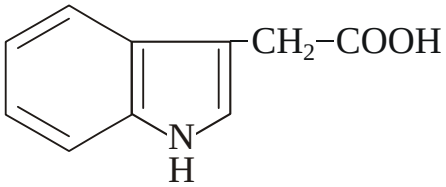
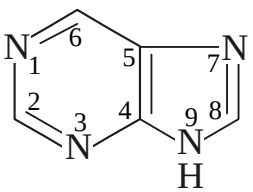
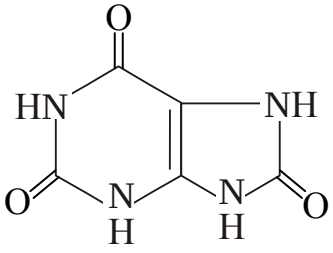
Формула	Название
	целлобиоза
	лактоза (молочный сахар)
	сахароза (тростниковый или свекловичный сахар)
в) полисахариды	
	крахмал

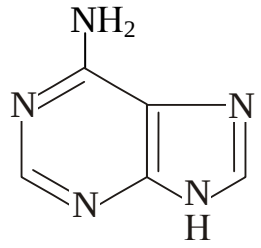
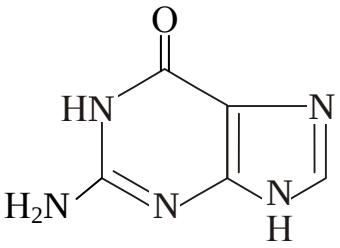
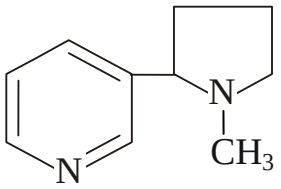
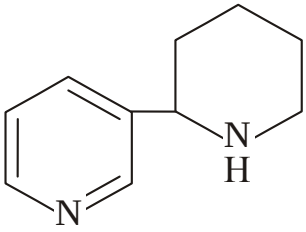
Формула	Название
	целлюлоза (клетчатка)
АМИНЫ	
а) первичные	
$CH_3–NH_2$	аминометан (метиламин)
б) вторичные	
$CH_3–NH–CH_3$	диметиламин
в) третичные	
$CH_3–N(CH_3)–CH_3$	триметиламин
г) ароматические	
	аминобензол (анилин, фениламин)
ДИАМИНЫ	
$NH_2–(CH_2)_4–NH_2$	1,4-диаминобутан (тетраметилендиамин)
$NH_2–(CH_2)_5–NH_2$	1,5-диаминопентан (пентаметилендиамин)

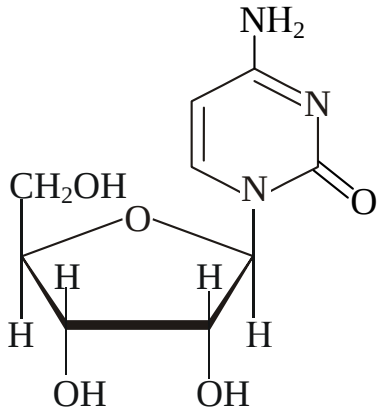
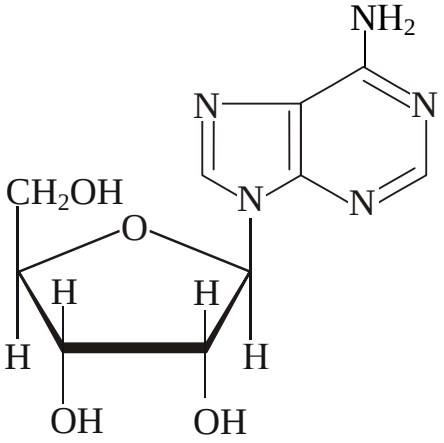
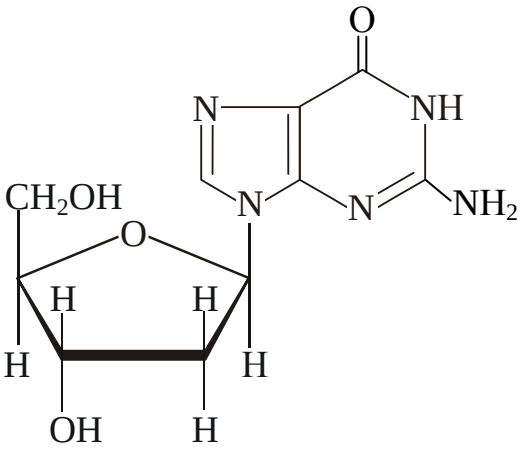
Формула	Название
$NH_2-(CH_2)_6-NH_2$	1,6-диаминогексан (гексаметилендиамин)
АМИНОСПИРТЫ	
$NH_2-CH_2-CH_2-OH$	2-аминоэтанол-1 (коламин)
АМИНОКИСЛОТЫ	
NH_2-CH_2-COOH	аминоэтановая (глицин)
$CH_3-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	2-аминопропановая (аланин)
$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	2-амино-3-метил-бутановая (валин)
$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	2-амино-4-метил-пентановая (лейцин)
$CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	2-амино-3-метил-пентановая (изолейцин)
$HOOC-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	2-аминобутандиовая (аспарагиновая)
$HOOC-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	2-аминопентандиовая (глутаминовая)
$\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH_2}}-(CH_2)_3-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	2,6-диаминогексановая (лизин)
$HO-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	2-амино-3-окси-пропановая (серин)

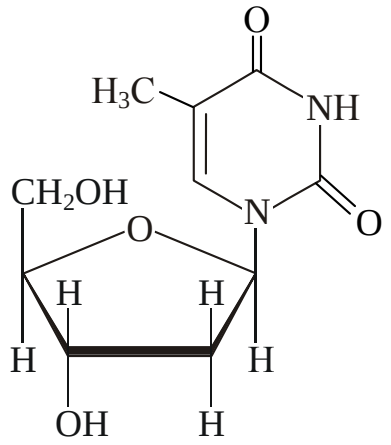
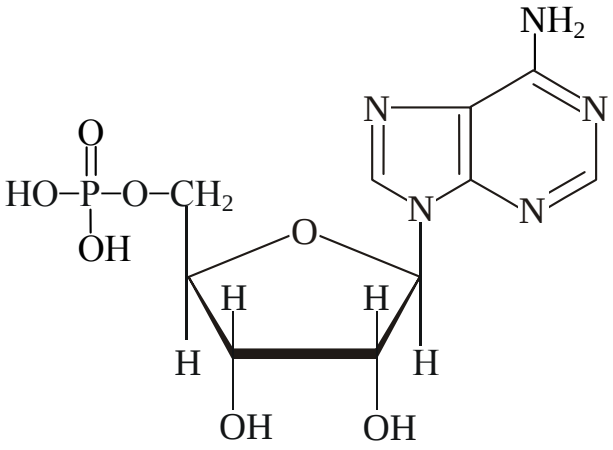
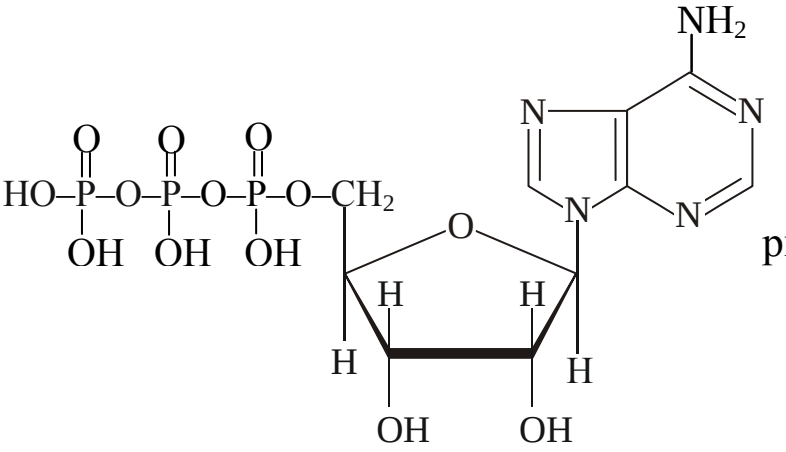
Формула	Название
	2-амино-3-тиопропановая (цистеин)
	цистин
	2-амино-3-фенил-пропановая (фенилаланин)
	2-амино-3-(4′-оксифенил)-пропановая (тирозин)
	2-амино-3-(3′-индолил)-пропановая (триптофан)
	пирролидин-α-карбоновая кислота (пролин)
	4-оксипирролидин-α-карбоновая кислота (оксипролин)
ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ	
а) пятичленные ароматические с одним гетероатомом	
	фуран

Формула	Название
	тиофен
	пиррол
б) шестичленные ароматические с одним гетероатомом и их производные	
	пиридин
	пиридин-3-карбоновая (никотиновая кислота)
	никотинамид **(витамин РР)**
в) шестичленные ароматические с двумя гетероатомами	
	пиримидин
Пиримидиновые основания	
	цитозин

Формула	Название
	урацил
	тимин
г) конденсированные и их производные	
	индол (бензопиррол)
	2-(3′-индолил)-этановая кислота (гетероауксин)
	пурин (имидазопиримидин)
	2,6,8-триоксипурин (мочевая кислота)

Формула	Название
Пуриновые основания	
	аденин
	гуанин
Алкалоиды	
	никотин
	анабазин

Формула	Название
НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ	
а) нуклеозиды	
	рибоцитидин
	рибоаденозин
	дезоксирибогуанозин

	дезоксириботимидин
б) нуклеотиды	
	рибо-5-аденозил-монофосфат (АМФ, адениловая кислота)
	рибо-5-аденозил-трифосфат (АТФ)

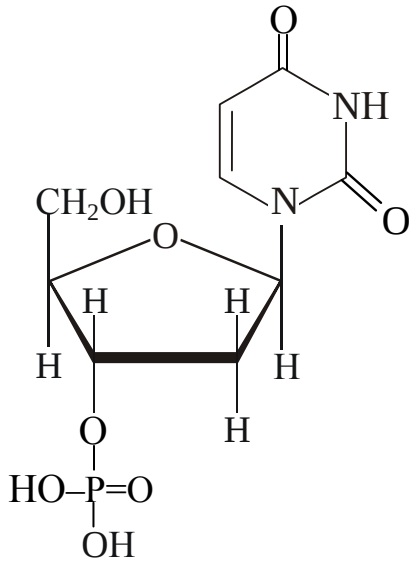
	дезоксирибо- 3-уридил- монофосфат (уридиловая кислота)

Таблица 4

Тривиальные названия кислотных остатков важнейших карбоновых кислот

Кислота	Кислотный остаток	Кислота	Кислотный остаток
адипиновая	*адипинат*	метакриловая	*метакрилат*
акриловая	*акрилат*	молочная	*лактат*
бензойная	*бензоат*	муравьиная	*формиат*
валериановая	*валерат*	олеиновая	*олеат*
винная	*тартрат*	пальмитиновая	*пальмитат*
гликолевая	*гликолят*	пировиноградная	*пируват*
глутаровая	*глутарат*	пропионовая	*пропионат*
изокротоновая	*изокротонат*	салициловая	*салицилат*
изомасляная	*изобутират*	стеариновая	*стеарат*
изофталевая	*изофталат*	терефталевая	*терефталат*
капроновая	*капроат*	уксусная	*ацетат*
кротоновая	*кротонат*	фталевая	*фталат*
лимонная	*цитрат*	фумаровая	*фумарат*
малеиновая	*малеат*	щавелевая	*оксалат*
малоновая	*малонат*	яблочная	*малат*
масляная	*бутират*	янтарная	*сукцинат*

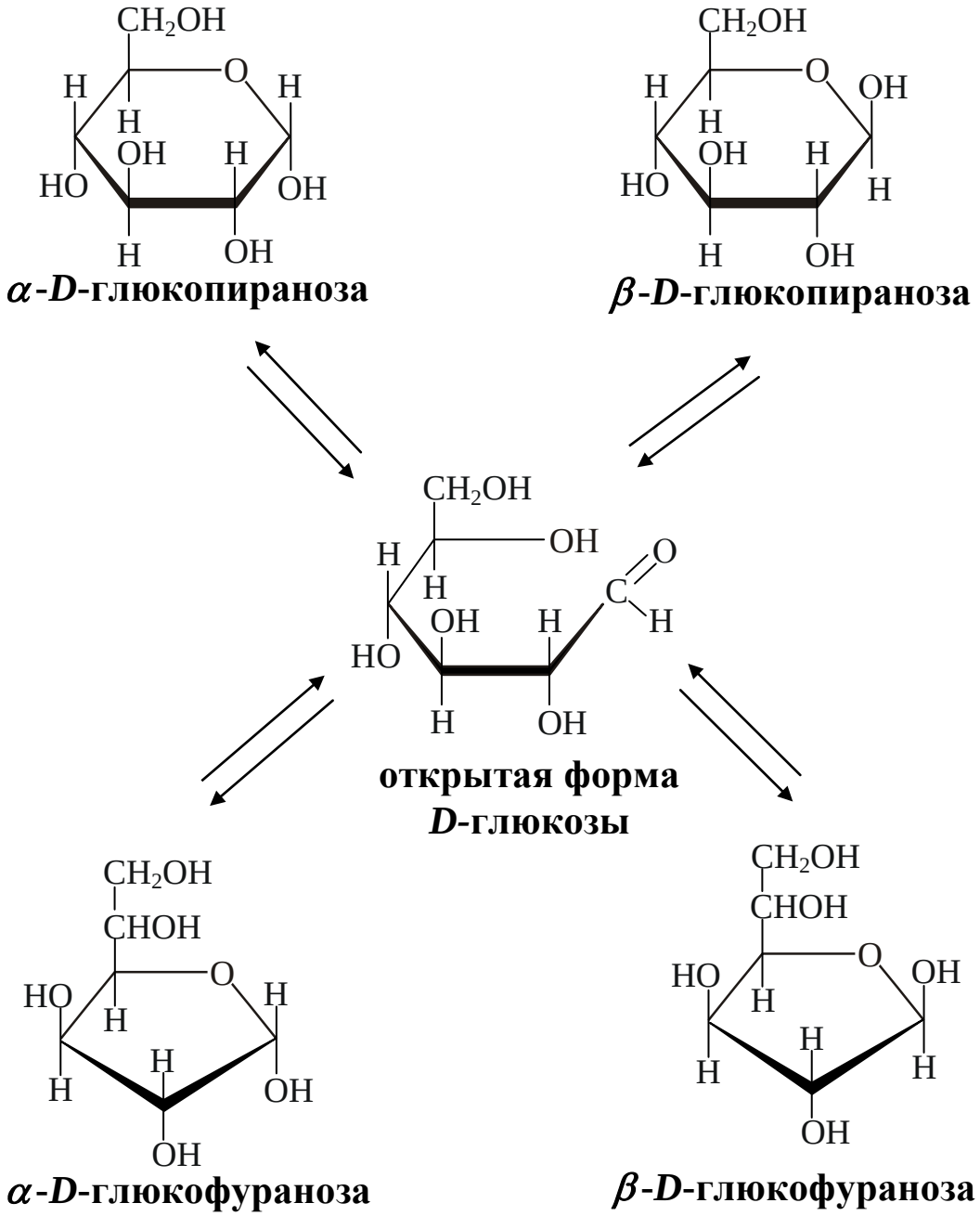


Рис. 1. Таутомерные превращения глюкозы

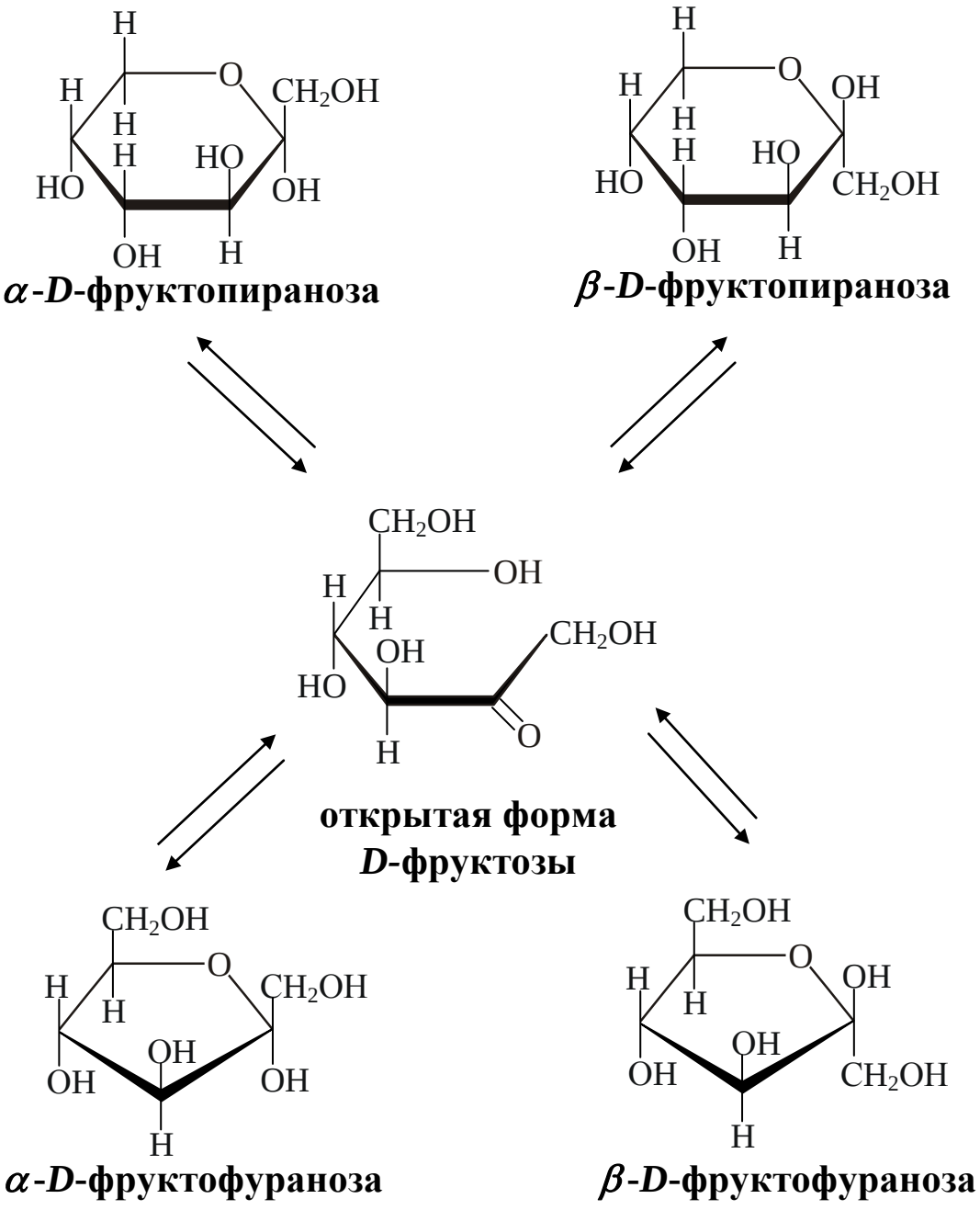


Рис. 2. Таутомерные превращения глюкозы

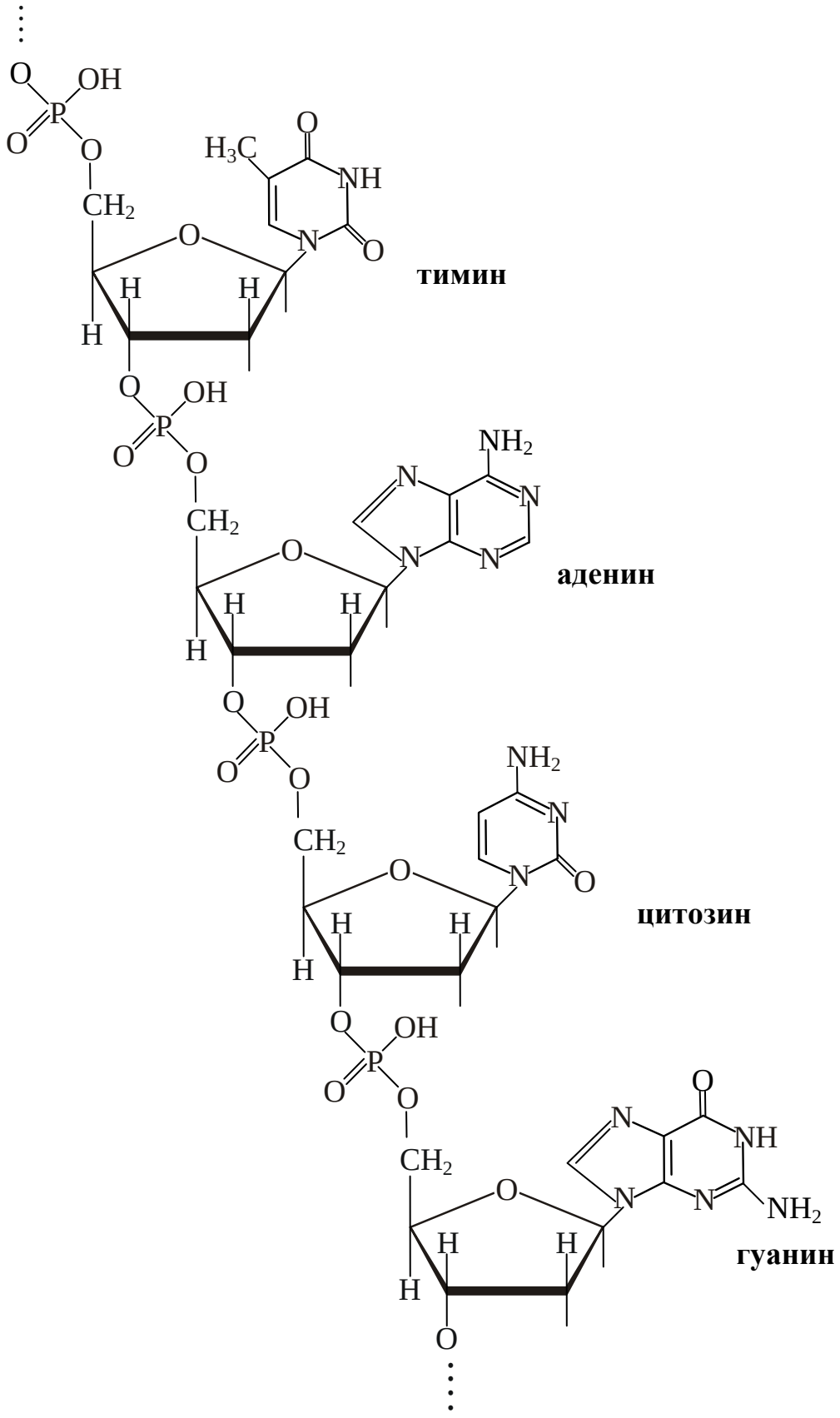


Рис. 3. Структурная единица молекулы ДНК

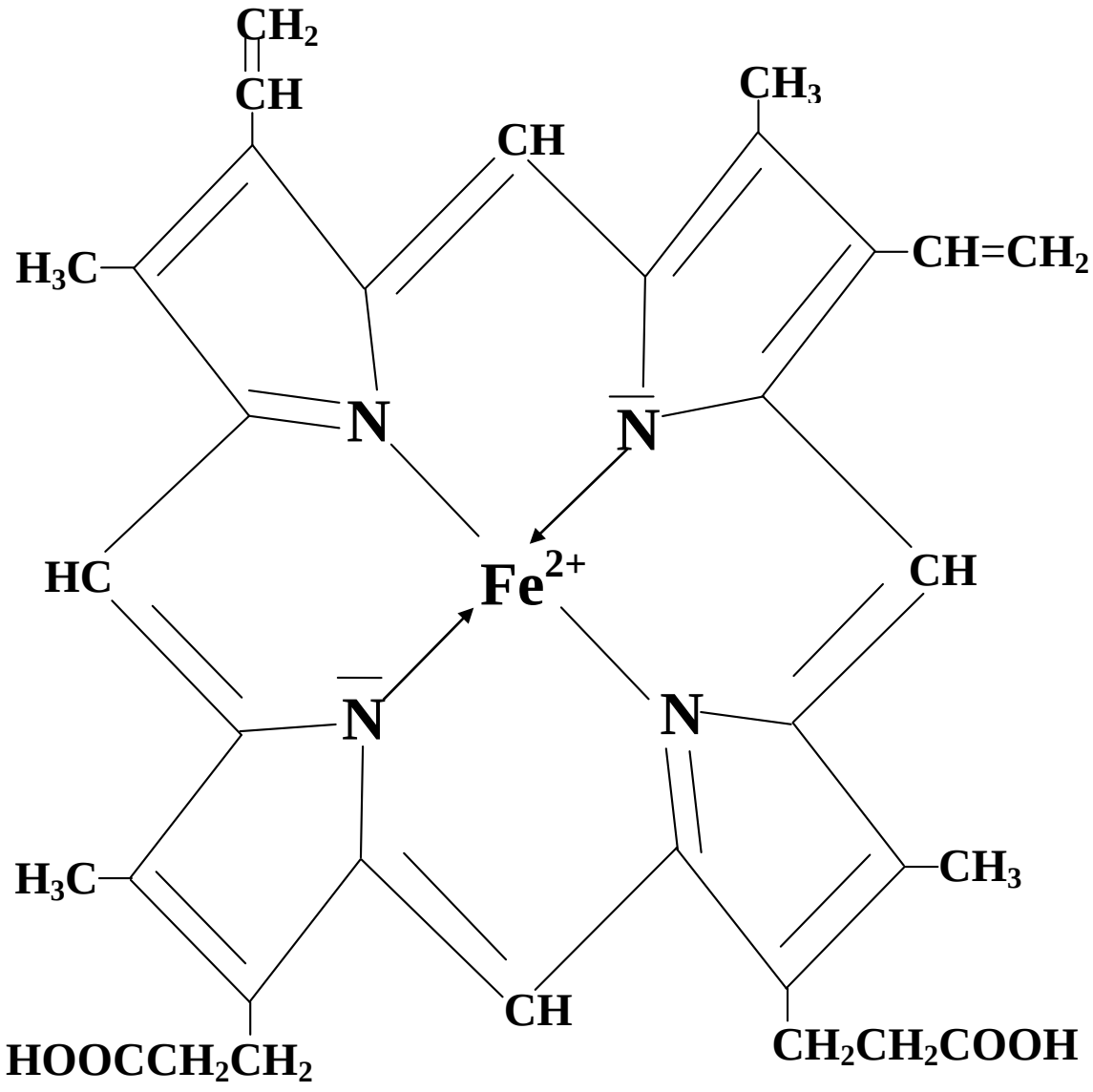


Рис. 4. Строение гема крови

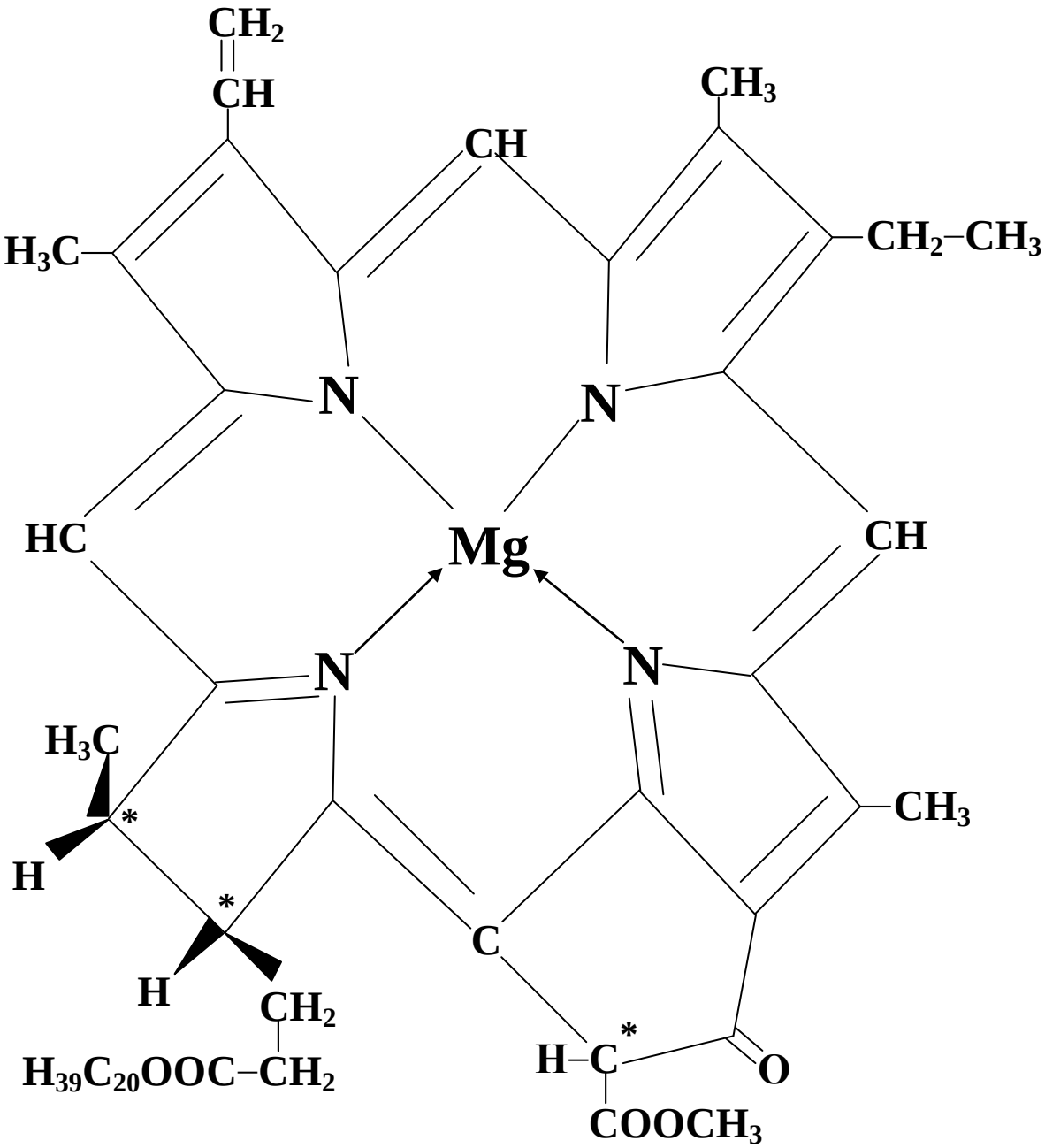


Рис. 5. Строение хлорофилла

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

Раздел I. КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. УГЛЕВОДОРОДЫ 4

Тема № 1. Классификация органических соединений 4
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 8

Тема № 2. Изомерия и номенклатура углеводородов 14
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 23

Тема № 3. Химические свойства и способы получения углеводородов ... 31
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 32

Раздел II. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ 40

Тема № 4. Спирты и фенолы 40
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 43

Тема № 5. Альдегиды и кетоны 51
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 53

Тема № 6. Карбоновые кислоты, оксикислоты и жиры 59
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 66

Раздел III. ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ 73

Тема № 7. Углеводы (сахара) 73
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 79

Тема № 8. Азотсодержащие органические соединения. Аминокислоты. Белки 88
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 95

Тема № 9. Гетероциклические соединения. Нуклеиновые кислоты 101
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 104

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 109

ПРИЛОЖЕНИЕ 110