



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

**О.А. Мишурина**  
**Э.Р. Муллина**

## **УГЛЕВОДОРОДЫ АРОМАТИЧЕСКОГО РЯДА**

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия*

Магнитогорск  
2020

УДК 547 (075.8)  
ББК 24.2 я7

**Рецензенты:**

заведующий лабораторией обогащения  
ООО «УралГеоПроект»  
**В.Ш. Галямов**

кандидат химических наук,  
доцент кафедры физики,  
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический  
университет им. Г.И. Носова»  
**В.А. Дозоров**

**Мишурина О.А., Муллина Э.Р.**

**Углеводороды ароматического ряда [Электронный ресурс]** : учебное пособие / Ольга Алексеевна Мишурина, Эльвира Ринатовна Муллина ; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (1,12 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования : IBM PC, любой, более 1 GHz ; 512 Мб RAM ; 10 Мб HDD ; MS Windows XP и выше ; Adobe Reader 8.0 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9967-2018-7

Пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Органическая химия» и «Органический синтез». В представленном учебном пособии большое внимание уделяется общетеоретическим основам современной органической химии: строению органических соединений ароматического ряда, механизмам реакций, современным физико-химическим и физическим методам исследования. После изложения теоретического материала, даны обучающие тестовые задания разного уровня сложности, которые помогают обучающимся глубже понять теоретический материал. В пособии приводятся варианты контрольных работ, с помощью которых можно проверить уровень своей подготовки, а также задания для контроля усвоения знаний со стороны преподавателя.

Пособие предназначено для студентов, изучающих дисциплины «Органическая химия и органический синтез».

УДК 547 (075.8)  
ББК 24.2 я7

ISBN 978-5-9967-2018-7 © Мишурина О.А., Муллина Э.Р., 2020  
© ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова», 2020

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ХИМИИ УГЛЕВОДОРОДОВ АРОМАТИЧЕСКОГО РЯДА.....	5
1.1. Общая характеристика .....	5
1.2. Виды изомерии.....	6
1.3. Строение ароматических соединений .....	8
1.4. Способы получения .....	9
1.5. Химические свойства бензола.....	11
1.6. Химические свойства гомологов бензола .....	15
2. ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИЙ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	18
3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ .....	22
по теме «Углеводороды ароматического ряда» .....	22
3.1. Варианты тестовых тематических заданий.....	22
3.2. Генетическая связь ароматических углеводородов с другими классами органических веществ .....	32
3.3. Вварианты заданий контрольной работы.....	34
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	48

## ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие написано в соответствии с требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования и программе учебного курса «Органическая химия» и «органический синтез».

Данная методическая разработка предназначена для студентов различных профилей специальностей, изучающих базовый курс органической химии.

Приоритет самостоятельной работы в процессе обучения, уменьшение количества аудиторных занятий, превращение их по содержанию в установочные и методологические, общеприняты в настоящее время. Это вызывает необходимость выполнения обучающимися разного уровня практических заданий в процессе самостоятельного освоения учебного материала.

С целью более глубокого изучения темы «Ароматические углеводороды» в данной работе предлагаются многовариантные тестовые и практические задания, позволяющие усвоить следующие понятия:

- виды изомерии ароматических углеводородов, их номенклатура;
- основные химические свойства различных ароматических углеводородов, и механизм их взаимодействия;
- способы их получения;
- генетическая связь ароматических углеводородов с другими классами органических веществ;
- расчеты при нахождении формул углеводородов, выхода продуктов реакций.

Отличием данного учебного пособия от уже существующих является наличие вариантов контрольных вопросов и тестовых заданий для самоконтроля и закрепления изучаемого материала. Предложен комплект вариативных задач различного уровня сложности.

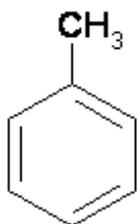
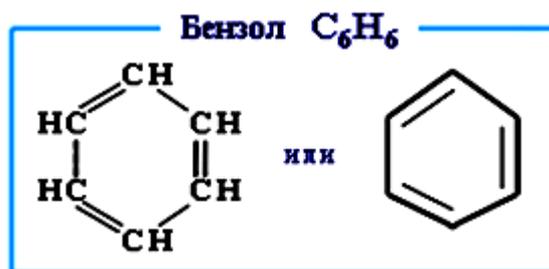
# 1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ХИМИИ УГЛЕВОДОРОДОВ АРОМАТИЧЕСКОГО РЯДА

## 1.1. Общая характеристика

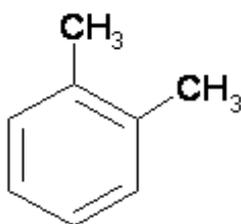
*Ароматические углеводороды* – циклические соединения, в молекулах которых содержится одно или несколько бензольных колец.

### ► Моноядерные арены:

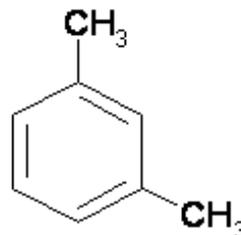
*Общая формула гомологического ряда моноядерных аренов*



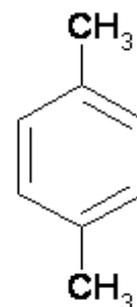
*толуол*



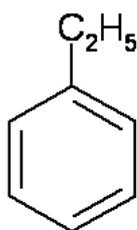
*о-ксилол*



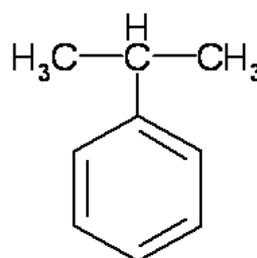
*м-ксилол*



*п-ксилол*

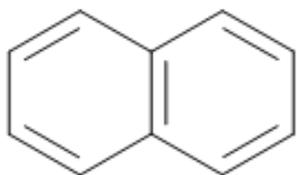


*этилбензол*

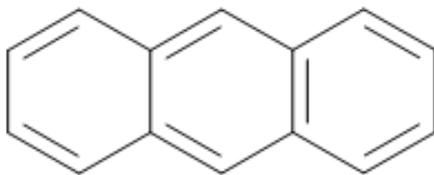


*изопропилбензол (кумол)*

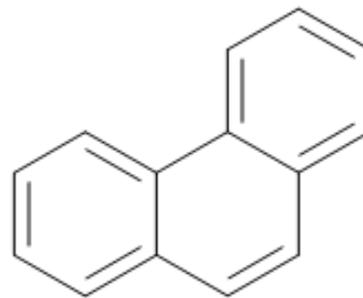
► Многоядерные арены  
(конденсированные арены):



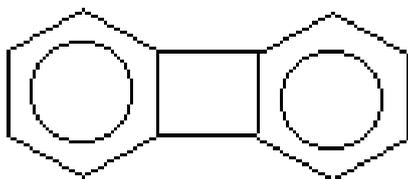
*нафталин*



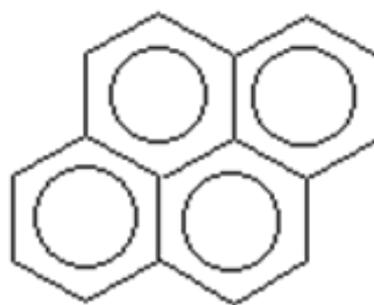
*антрацен*



*фенантрен*



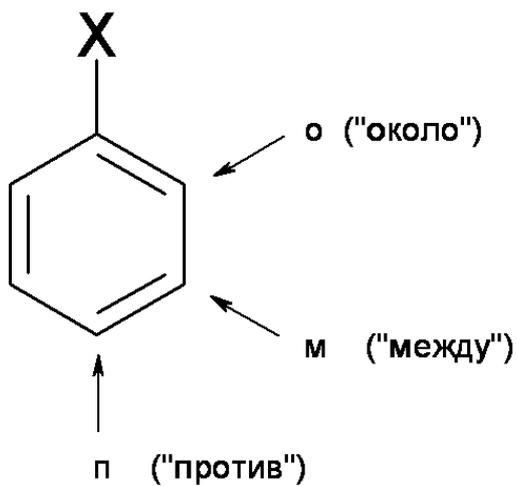
*бифенилен*



*пирен*

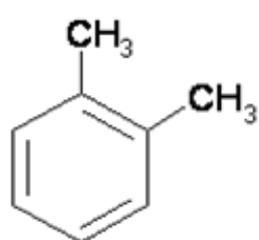
## 1.2. Виды изомерии

1. Изомерия положения заместителей (например, о-, м- и п-ксилолы).

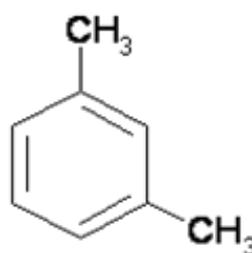


Начиная с аренов с восьмью атомами углерода появляется возможность изомерии, связанной с составом и взаимным расположением углеводородных радикалов. Если с бензольным кольцом связаны два заместителя, то они могут находиться в трех различных положениях относительно друг друга: рядом (такое положение обозначают приставкой *орто*-), через один атом углерода (*мета*-), и напротив друг друга (*пара*-).

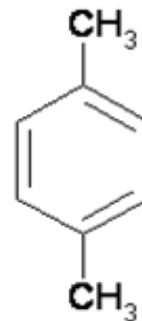
Таким образом, молекулярной формуле  $C_8H_{10}$  отвечают четыре изомерных ароматических углеводорода:



*o*-ксилол



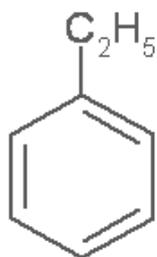
*m*-ксилол



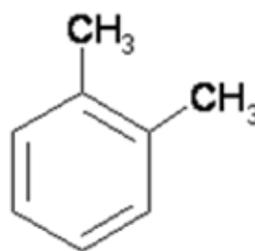
*p*-ксилол

### 1. Изомерия заместителей

Этилбензол и диметилбензолы имеют одинаковую молекулярную формулу:  $C_8H_{10}$



этилбензол

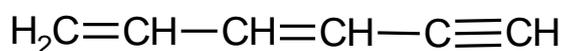


метилбензол (ксилол)

### 3. Межклассовая изомерия

Бензол и толуол не имеют ароматических изомеров. Для этих веществ характерна лишь *межклассовая изомерия*.

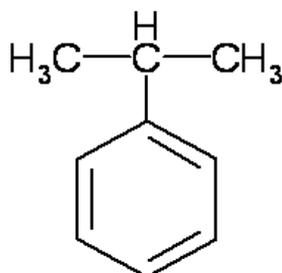
Так, соответствуют молекулярной формуле  $C_6H_6$  и, следовательно, изомерны бензолу непредельные нециклические углеводороды, содержащие две тройных или две двойные и одну тройную связи в молекуле, например:



гексадиен-1,3-ин-5;

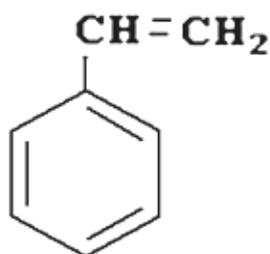


Многие гомологи бензола имеют не только систематические (когда их рассматривают как производные бензола), но и тривиальные названия, например:

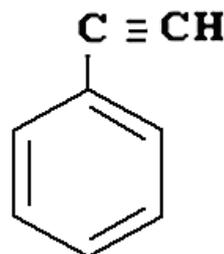


*изопропилбензол (кумол)*

Существуют и производные бензола с ненасыщенными боковыми цепями (разумеется, они не являются его гомологами):



*винилбензол  
(стирол)*



*этинилбензол  
(фенилацетилен)*

### 1.3. Строение ароматических соединений

В молекуле бензола каждый атом углерода находится в состоянии  $sp^2$ -гибридизации и связан тремя  $\sigma$ -связями с двумя атомами углерода и одним атомом водорода. Четвертый валентный электрон атома углерода находится на  $p$ -орбитали, перпендикулярной плоскости молекулы. В молекуле бензола происходит боковое перекрывание  $p$ -орбиталей каждого атома углерода с  $p$ -орбиталями обоих соседних атомов углерода (рис. 1). В результате такого сопряжения образуется *единое  $\pi$ -электронное облако*, расположенное над и под плоскостью бензольного кольца – осуществляется *круговое сопряжение*.

Такая циклическая система с общим облаком из шести электронов очень устойчива, энергетически выгодна; поэтому бензол преимущественно вступает в те реакции, в которых ароматическое кольцо сохраняется.

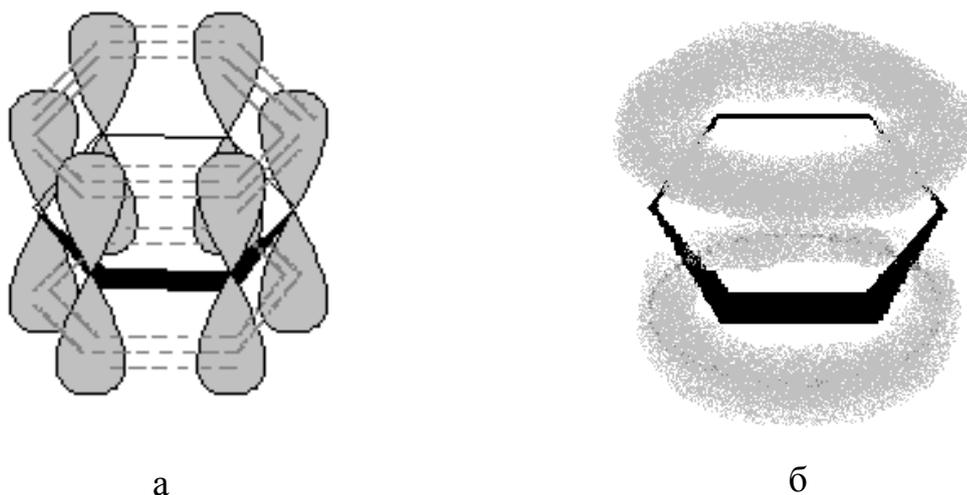


Рис. 1. Электронное строение молекулы бензола:  
 а) схема перекрывания *p*-орбиталей; б) единое  $\pi$ -электронное облако.

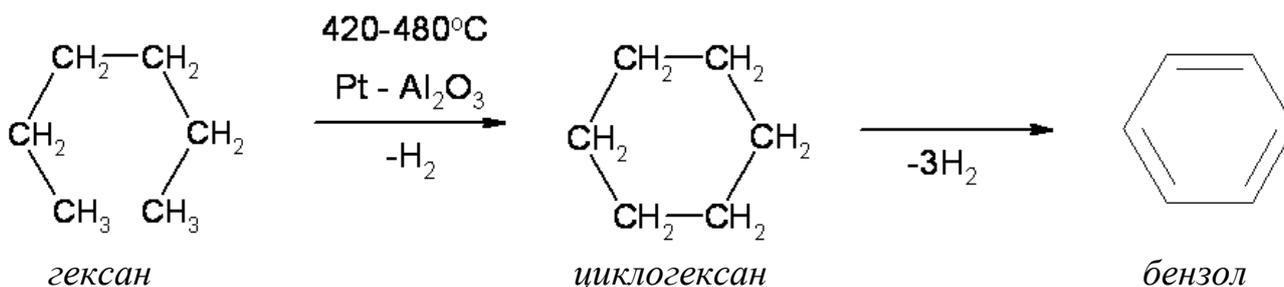
Таким образом, в молекуле бензола нельзя выделить трех двойных и трех простых связей. Электронная плотность распределяется в молекуле равномерно, и все связи между атомами углерода оказываются совершенно одинаковыми. Поэтому нужно помнить, что формула Кекуле, которая часто используется для изображения бензола, условна и не отражает реального строения его молекулы.

Итак, ароматическими являются соединения, в молекулах которых имеется устойчивая циклическая группировка с особым характером связи. Имея молекулярную формулу, указывающую на высокую степень ненасыщенности, эти вещества, однако, не реагируют как ненасыщенные, а вступают преимущественно в реакции замещения с сохранением ароматической системы.

## 1.4. Способы получения

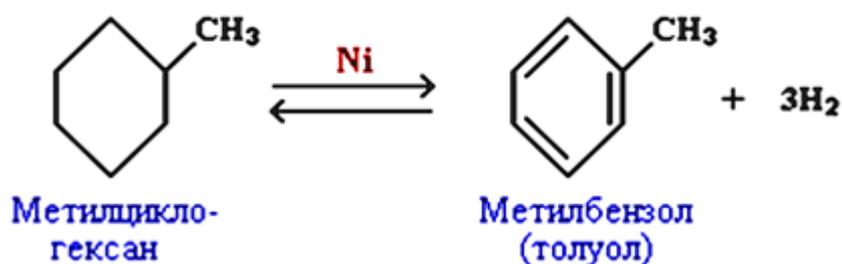
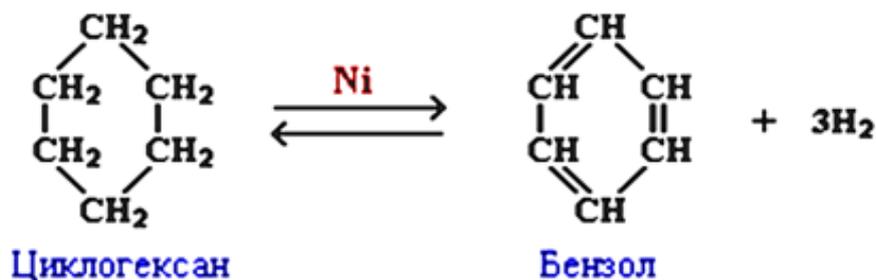
### 1. Ароматизация предельных углеводородов

Процесс превращения алканов в арены называется дегидроциклизацией, т.к. одновременно включает в себя две реакции: замыкание в цикл линейного углеводорода и отщепление водорода:

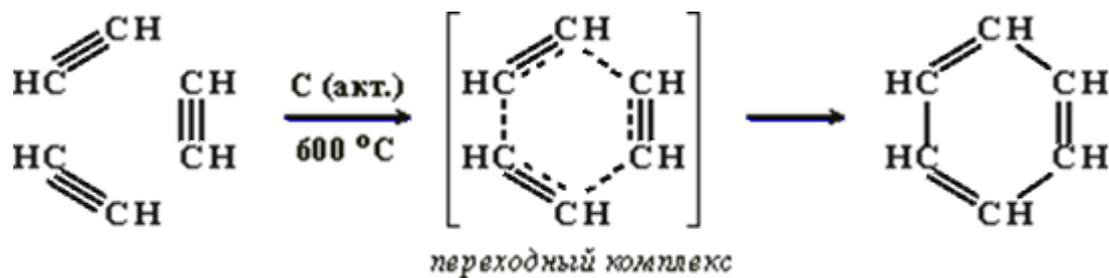


В качестве катализаторов в этих процессах используют платину, палладий или  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , нанесенные на оксид алюминия.

Возможно протекание реакций ароматизации циклоалканов:

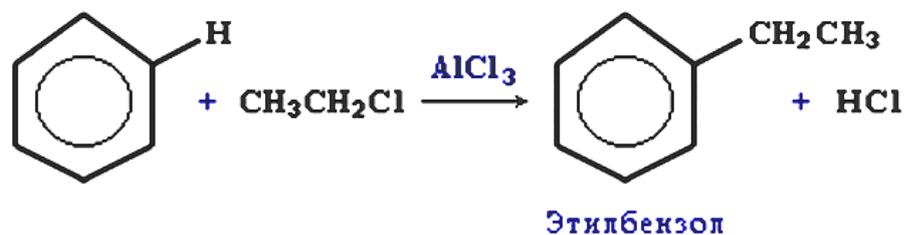


## 2. Тримеризация ацетилена и его гомологов

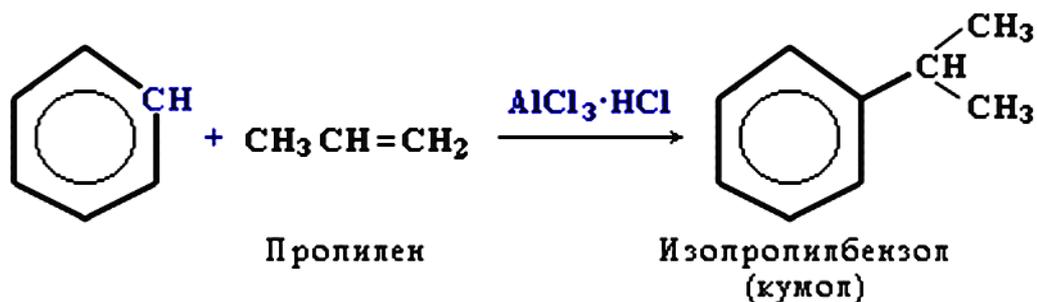


## 2. Алкилирование алкенов (получение гомологов бензола)

а) алкилирование галогеналканами - реакция Фриделя-Крафтса:

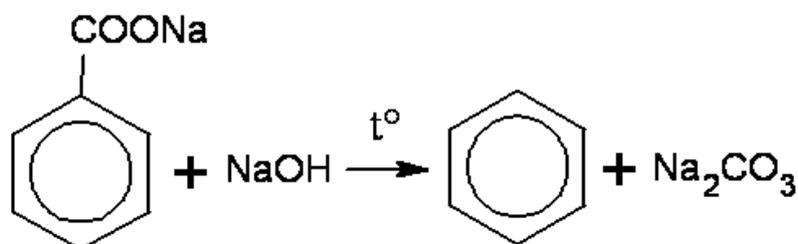


б) алкилирование алкенами



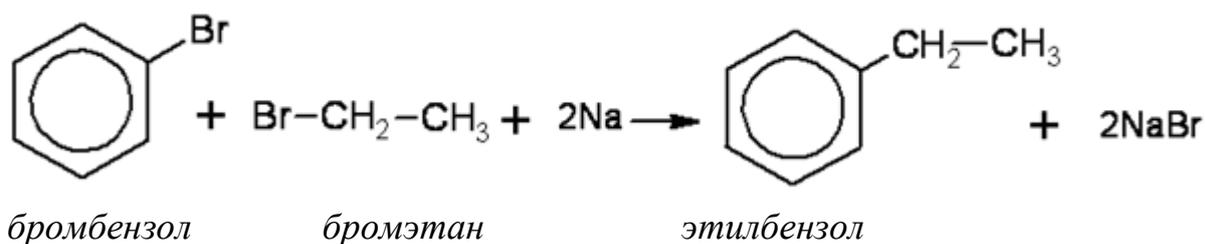
#### 4. Сплавление солей ароматических кислот со щелочами

При сплавлении солей бензойной кислоты со щелочью происходит отщепление карбоксильной группы с образованием бензола:



#### 5. Реакция Вьюрца-Фиттига

При взаимодействии ароматических галогенпроизводных с галогеналканами образуются гомологи бензола, например:



### 1.5. Химические свойства бензола

Связи С-С в бензоле равноценны, их длина равна 0,140 нм, что соответствует промежуточному значению между длиной простой связи (0,154 нм) и двойной (0,134 нм). Это означает, что в молекуле бензола между

углеродными атомами нет чисто простых и двойных связей - все они выровнены (делокализованы).

По *химическим свойствам* арены отличаются от предельных и непредельных углеводородов. Это объясняется особенностями строения бензольного кольца (рис. 2).

Делокализация шести  $\pi$ -электронов в циклической системе понижает энергию молекулы, что обуславливает повышенную устойчивость (ароматичность) бензола и его гомологов. Поэтому арены не склонны вступать в реакции присоединения или окисления, которые ведут к нарушению ароматичности.

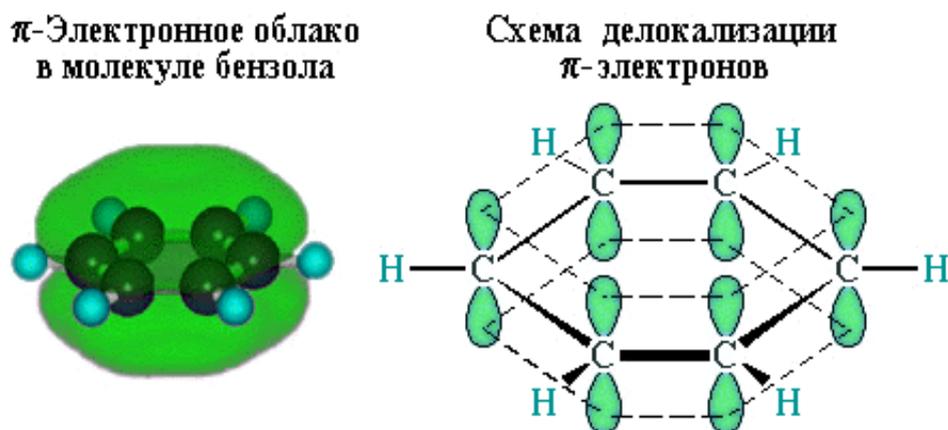
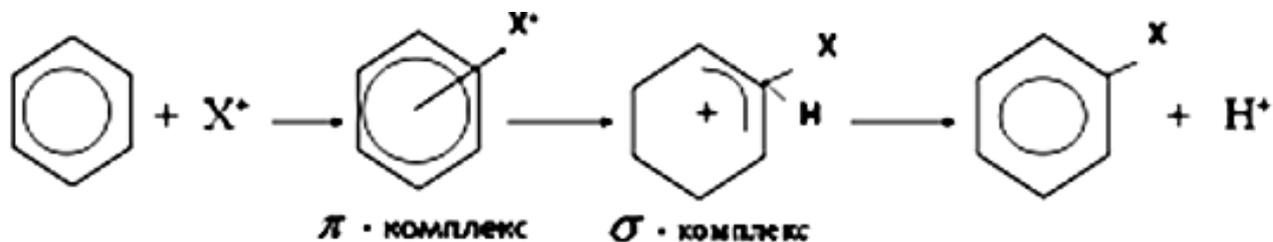


Рис.2 Делокализация шести  $\pi$ -электронов в циклической системе аренов

Наличие областей повышенной  $\pi$ -электронной плотности с двух сторон плоского ароматического цикла ведет к тому, что бензольное кольцо является нуклеофилом и в связи с этим склонно подвергаться атаке электрофильным реагентом. Таким образом, для ароматических соединений наиболее типичны реакции электрофильного замещения.

Механизм реакции электрофильного замещения можно представить следующим образом:



*Первой стадией* электрофильного замещения является образование  $\pi$ -комплекса в результате взаимодействия  $\pi$ -электронной системы бензольного кольца с положительно заряженной электрофильной частицей. При этом атакующая частица связывается со всеми шестью  $\pi$ -электронами бензольного кольца. Затем два из шести  $\pi$ -электронов кольца образуют  $\sigma$ -связь между  $\text{X}^+$  и

одним из атомов углерода. При этом ароматичность нарушается. По механизму электрофильного замещения протекают следующие реакции:

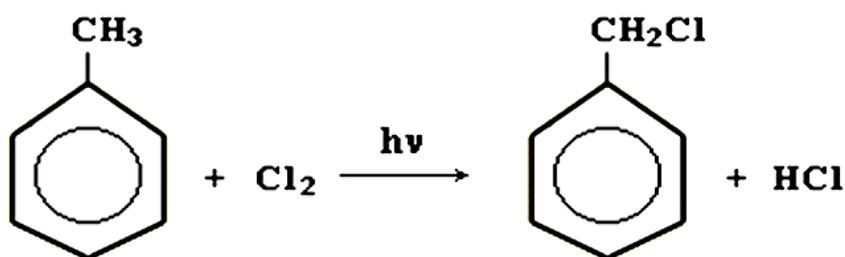
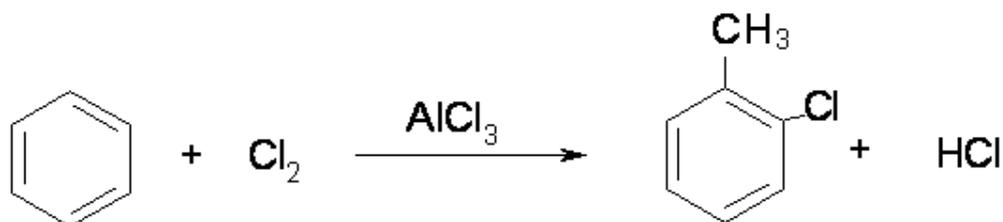
*Вторая стадия* состоит в переходе  $\pi$ -комплекса в  $\sigma$ -комплекс (бензониевый ион). Это происходит в результате выделения из шести  $\pi$ -электронной системы двух электронов для образования новой ковалентной связи С-Х. Оставшиеся четыре  $\pi$ -электрона распределяются между пятью углеродными атомами бензольного кольца. Образующийся  $\sigma$ -комплекс, представляет собой неустойчивый карбокатион, лишенный ароматичности. Шесть его углеродных атомов находятся в различных валентных состояниях: один - насыщенный, в состоянии  $sp^3$ -гибридизации, а пять других в обычном для бензола втором валентном состоянии ( $sp^2$ ). Атом Х (или группа) и водород при насыщенном атоме углерода расположены в плоскости, перпендикулярной плоскости бензольного кольца.

*Третья стадия* - это стабилизация  $\sigma$ -комплекса за счет отщепления протона и приобретения ароматической структуры. При этом углерод из состояния  $sp^3$  переходит в состояние  $sp^2$  - гибридизации.

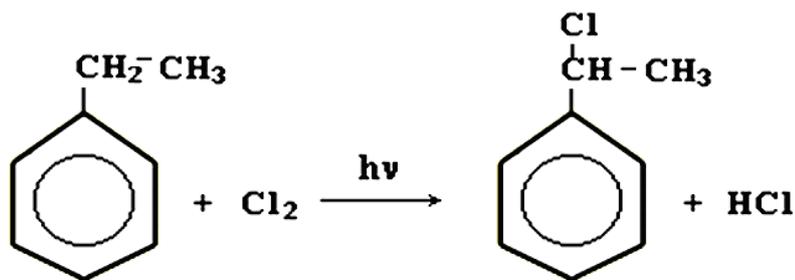
## 1. Реакции электрофильного замещения

### 1. Галогенирование

Реакции протекают в присутствии катализаторов  $FeCl_3$ ,  $AlCl_3$ ,  $FeBr_3$ ,  $AlBr_3$  без нагревания.

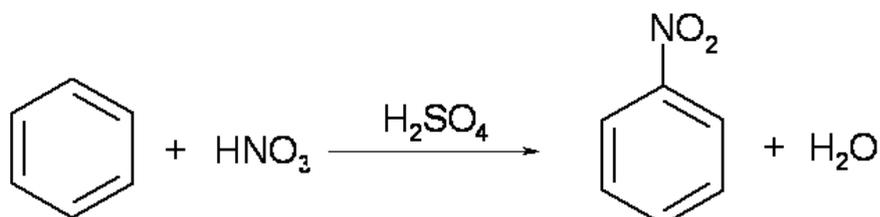


Бензилхлорид



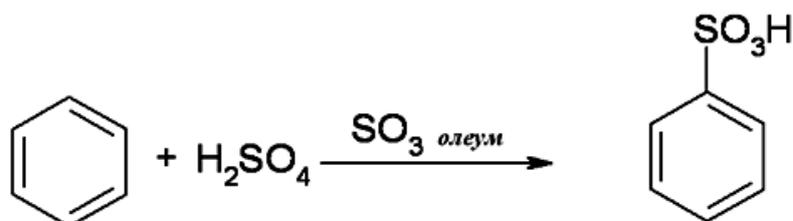
## 2. Нитрование

Бензол реагирует с концентрированной азотной кислотой очень медленно даже при нагревании. Однако, при действии смесью концентрированных азотной и серной кислот (нитрирующая смесь) процесс протекает интенсивно:



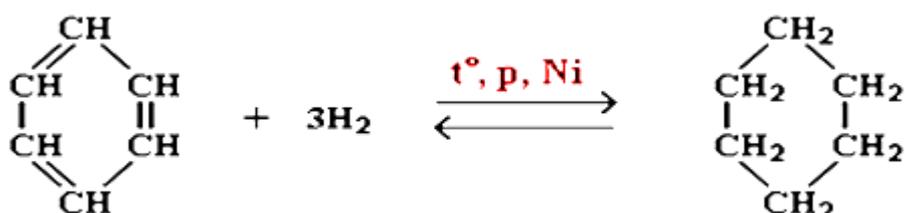
Бензол реагирует с концентрированной азотной кислотой очень медленно даже при нагревании. Однако, при действии смесью концентрированных азотной и серной кислот (нитрирующая смесь) процесс протекает интенсивно с замещением водорода в кольце на нитрогруппу

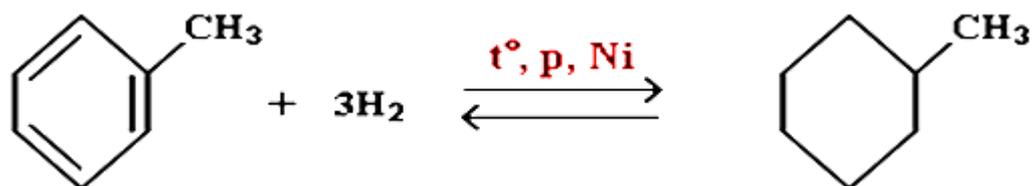
## 3. Сульфирование



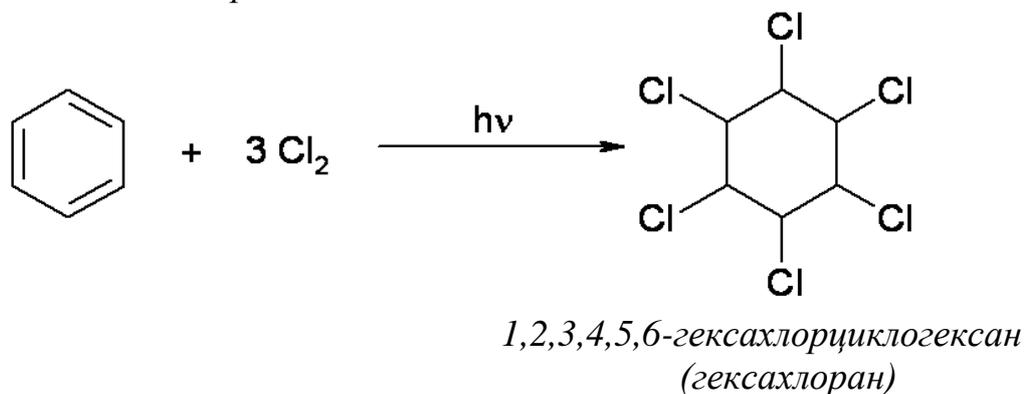
## 2. Реакции присоединения

### 1. Гидрирование





## 2. Радикальное галогенирование



## 1.6. Химические свойства гомологов бензола

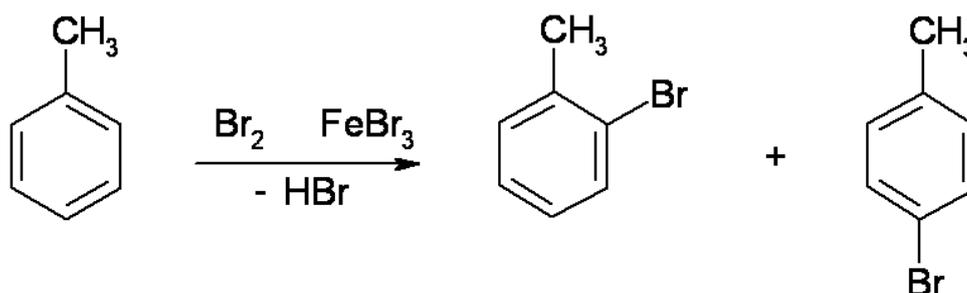
Гомологи бензола имеют ряд отличных от бензола химических свойств, связанных с взаимным влиянием заместителя и бензольного кольца.

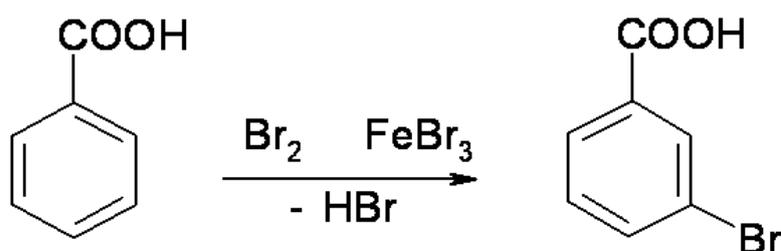
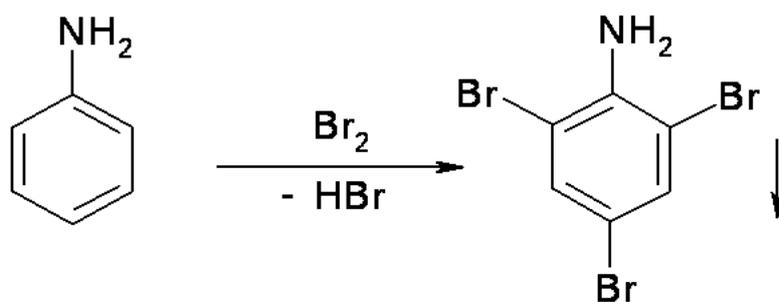
Все заместители можно разделить на две категории:

**Заместители I рода** - это электронодонорные группировки **ОН, ОР, NH<sub>2</sub>, СН<sub>3</sub>, F, CL, Br, J**. Они облегчают протекание реакций замещения при бензольном кольце и ориентируют процесс замещения нового заместителя в *орто*- и *пара*-положения.

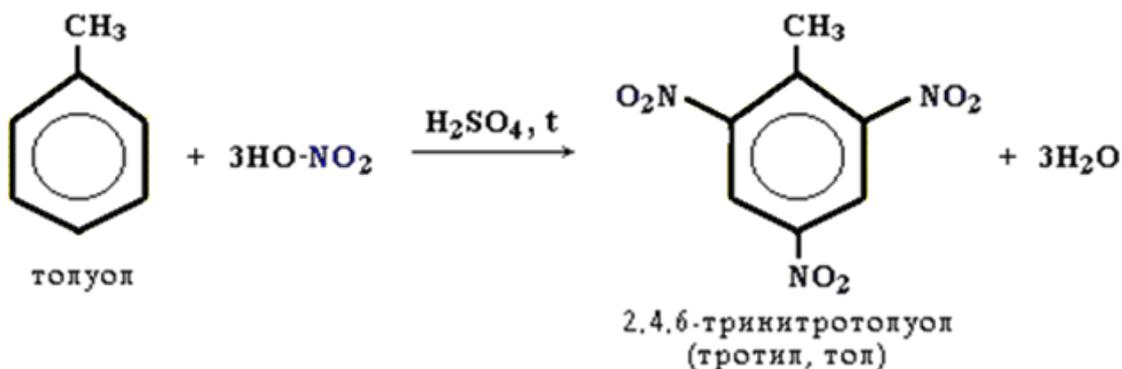
**Заместители II рода** - электроноакцепторные группировки **S<sub>0</sub>3H, N<sub>0</sub>2, СНО, СООH**. Они затрудняют протекание реакций замещения при бензольном кольце и ориентируют процесс замещения в *мета* - положение.

### 1. Галогенирование



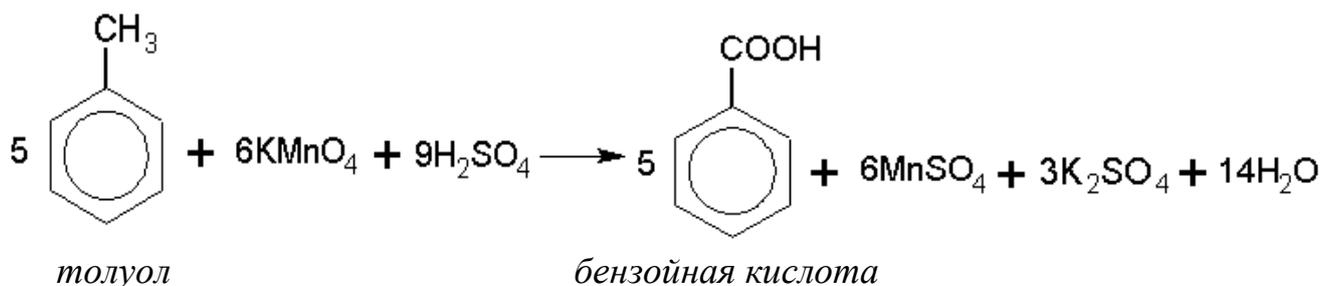


## 2. Нитрование



## 3. Окисление

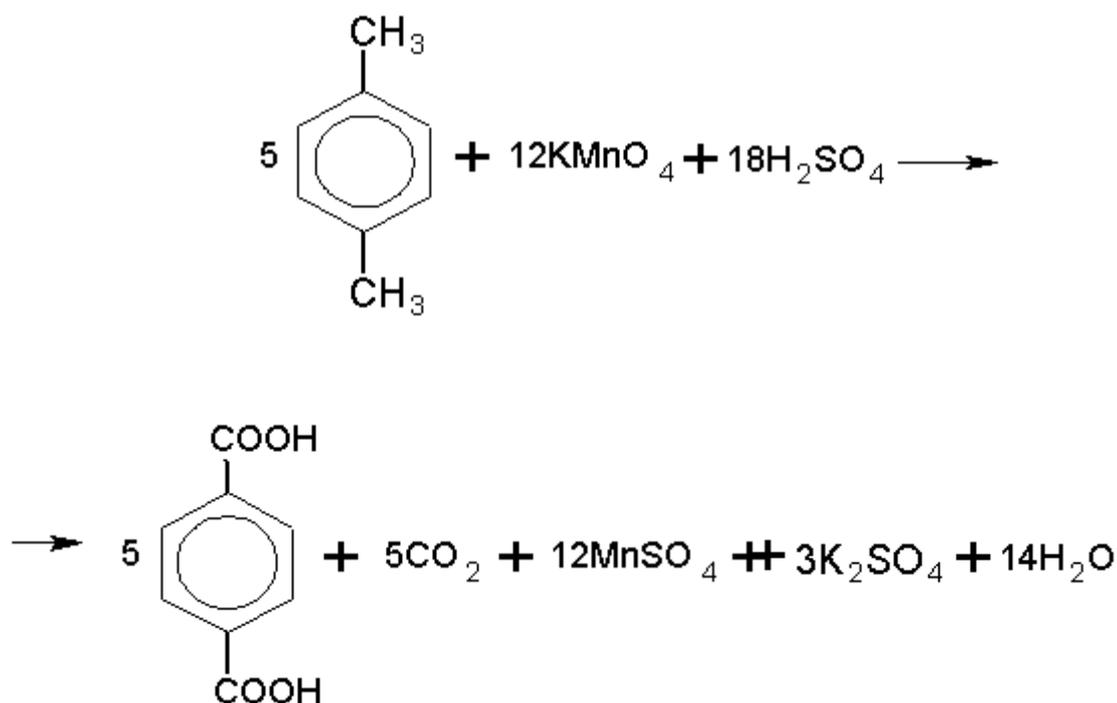
При действии перманганата калия на гомологи бензола окислению подвергаются боковые углеводородные цепи. При проведении реакции в кислой среде продуктом окисления толуола является бензойная кислота:



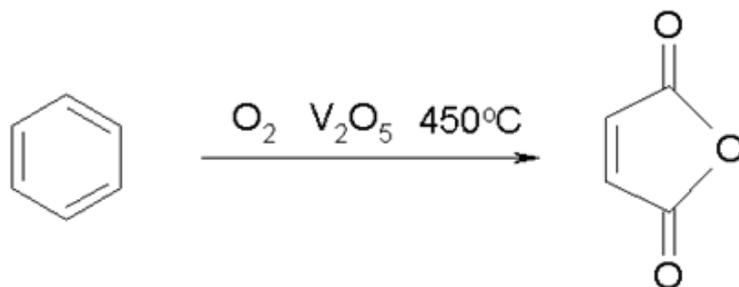
При действии на толуол перманганата калия в нейтральной среде образуется соль бензойной кислоты – бензоат калия:



Гомологи бензола, содержащие две боковые цепи, дают при окислении двухосновные кислоты или их соли:



Бензол не окисляется даже под действием сильных окислителей ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и т.п.). Поэтому он часто используется как инертный растворитель при проведении реакций окисления других органических соединений.

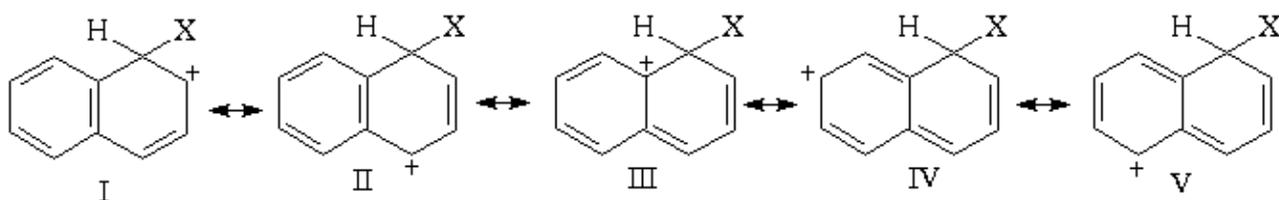


## 2. ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИЙ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

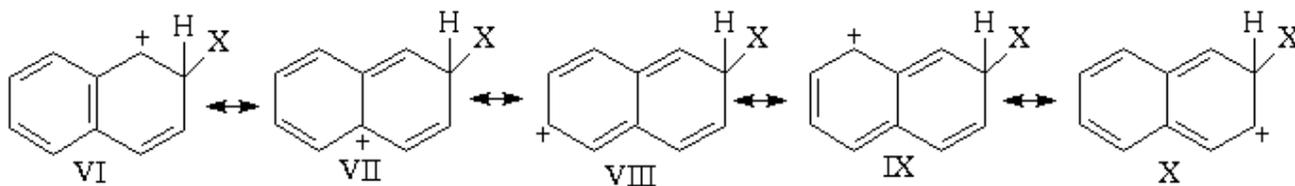
Энергия стабилизации двух конденсированных ароматических ядер бензола меньше, чем для двух изолированных бензольных ядер. Поэтому все реакции нафталина, при которых одно из бензольных ядер теряет ароматичность, а другое сохраняется, будет сопровождаться потерей не 150 кДж/моль энергии, как в случае бензола, а лишь 105 кДж/ моль ( $255-150$  кДж/моль = 105 кДж/ моль). Это является причиной повышенной по сравнению с бензолом реакционной способности нафталина, а также последовательности протекания гидрирования (бензольные ядра гидрируются последовательно, а не оба одновременно).

Для замещения в нафталине возможно образование двух региоизомерных продуктов при атаке электрофила в  $\alpha$  - или в  $\beta$ -положение. Потеря в энергии стабилизации при этом будет одинаковой. Однако, атомы водорода в  $\alpha$ -положении обладают более высокой реакционной способностью. Это можно объяснить, рассмотрев возможность делокализации положительного заряда в соответствующих  $\sigma$ -комплексах.

Электрофильная атака по  $\alpha$ -положению:

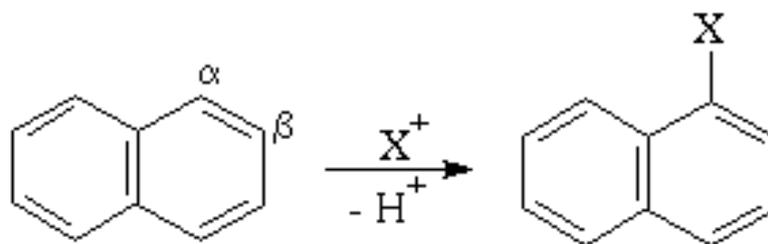


Заметный вклад в делокализацию положительного заряда могут вносить только граничные структуры I и II, в которых ароматическая система нарушена только частично (сохраняется ароматический секстет электронов в одном из шестичленных циклов), а не структуры III-V, в которых она нарушена полностью. Электрофильная атака по  $\beta$ -положению:



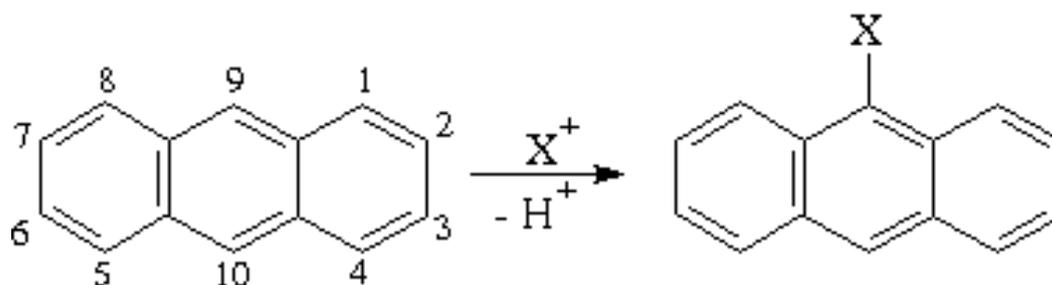
В этом случае заметный вклад в делокализацию положительного заряда в  $\sigma$ -комплексе может внести только граничная структура VI, так как в остальных структурах VII-X полностью нарушена ароматическая система.

Таким образом, поскольку при  $\alpha$ -атаке электрофила число граничных структур, вносящих вклад в делокализацию положительного заряда, больше, такая ориентация электрофильного замещения предпочтительна:



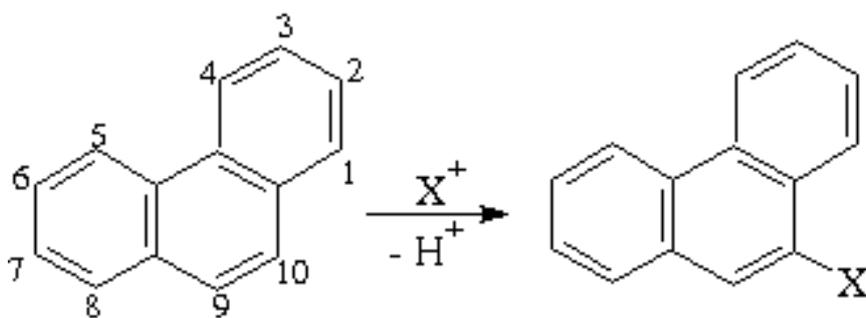
Еще более высокой реакционной способностью по сравнению с бензолом обладает антрацен. При этом во всех случаях атака электрофильных реагентов происходит по центральному ядру, а периферийные бензольные ядра сохраняются. Подобная закономерность может быть объяснена, как и в случае нафталина, изменениями в энергии стабилизации антрацена в результате превращения. Энергия стабилизации антрацена, определенная из результатов измерения теплоты его гидрирования, составляет 351 кДж/моль. В продуктах присоединения в положения 9,10- сохраняются два бензольных ядра, энергия стабилизации которых составляет 300 кДж/моль (150 кДж/моль  $\times$  2).

Следовательно, потери в энергии стабилизации при образовании  $\sigma$ -комплекса составляют всего 50 кДж/моль (351-300 кДж/моль), то есть в три раза меньше, чем в реакциях бензола, и вдвое меньше, чем в реакциях нафталина.

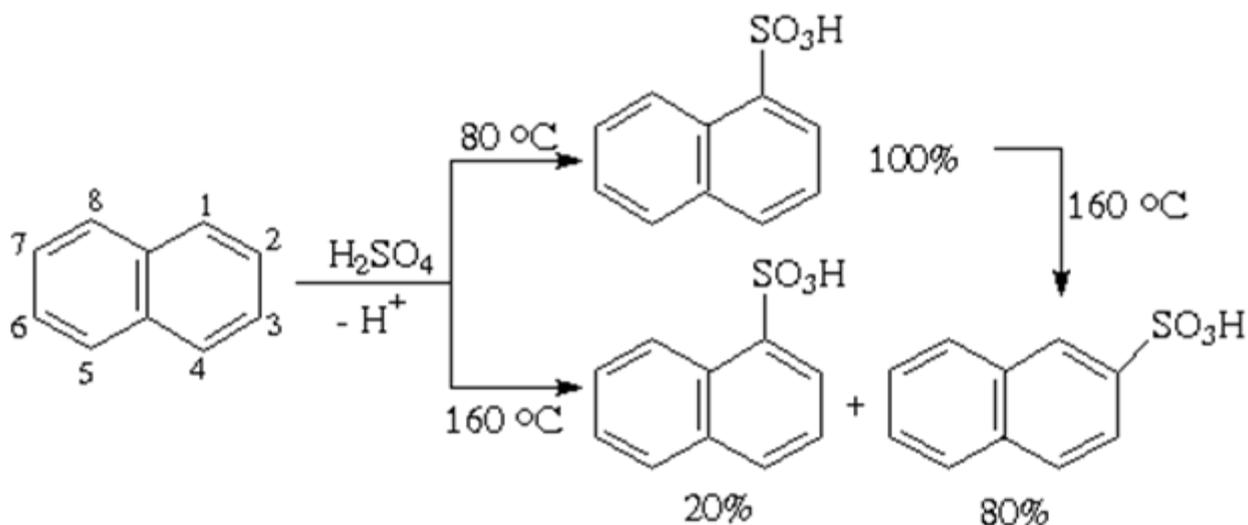


При участии в реакции замещения периферийных бензольных ядер антрацена потери в энергии стабилизации были бы существенно большими. При этом сохранилась бы ароматическая система антрацена с ее энергией стабилизации 255 кДж/моль, и потеря энергии составила бы 96 кДж/моль (351-255 кДж/моль).

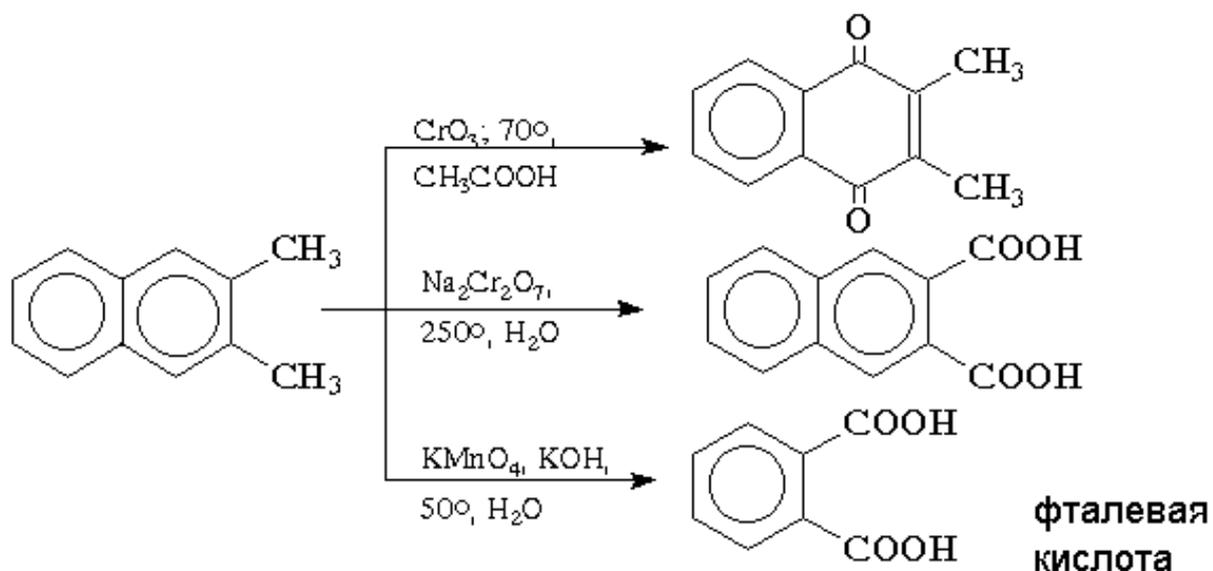
Фенантрен несколько более устойчив к действию электрофильных агентов, чем антрацен (энергия его стабилизации - 385 кДж/моль), реакции замещения (а также окисления - см. раздел IV.3) также протекают по центральному бензольному ядру:



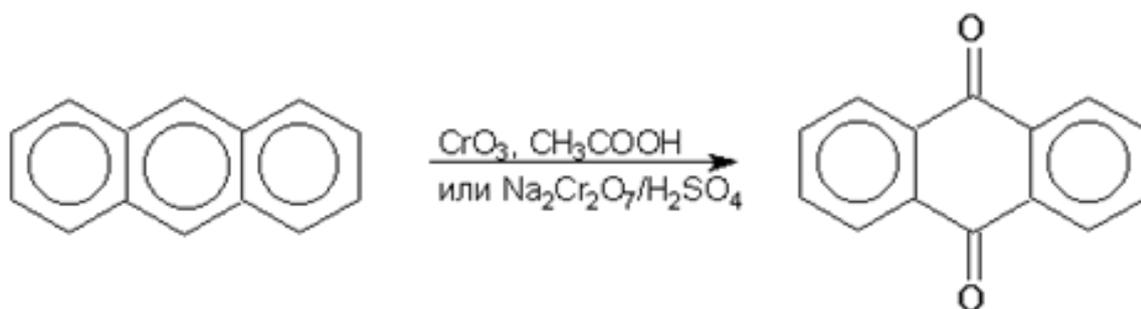
Известны примеры реакций, в которых тип реакций зависит от температуры. Так, сульфирование нафталина концентрированной серной кислотой при  $80^{\circ}\text{C}$  приводит почти полностью к  $\alpha$ -замещению, тогда как скорость образования при этой температуре альтернативной 2-сульфо кислоты очень мала. В то же время, сульфирование при  $160^{\circ}\text{C}$  приводит к продукту, содержащему 80% 2-сульфо кислоты, и лишь 20% 1-изомера. При нагревании чистой нафталин-1- или нафталин-2-сульфо кислоты в концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  образуется равновесная смесь того же состава: 80% 2-сульфо кислоты и 20% 1-сульфо кислоты



Окисление конденсированных ароматических углеводородов приводит к различным продуктам в зависимости от используемого реагента и условий реакции. Реагенты на основе хрома (VI) в кислой среде окисляют нафталин и алкилнафталины до нафтохинонов, тогда как бихромат натрия в водном растворе окисляет только алкильные группы. Окисление нафталина перманганатом калия в щелочной среде сопровождается деструкцией одного ароматического кольца с образованием моноциклических дикарбоновых кислот:



Антрацен окисляется бихроматом натрия в серной кислоте или оксидом хрома (VI) в уксусной кислоте до антрахинона:



### 3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ по теме «Углеводороды ароматического ряда»

#### 3.1. Варианты тестовых тематических заданий

1. Состав аренов выражается общей формулой

- 1)  $C_nH_{2n+2}$                       2)  $C_nH_{2n}$                       3)  $C_nH_{2n-2}$                       4)  $C_nH_{2n-6}$

2. Последовательности

алкан – циклоалкан – арен

может соответствовать ряд веществ

- 1)  $C_5H_{12}$ ,  $C_7H_{14}$ ,  $C_3H_4$                       3)  $C_5H_{12}$ ,  $C_4H_{10}$ ,  $C_4H_6$   
2)  $C_3H_8$ ,  $C_4H_8$ ,  $C_7H_8$                       4)  $C_3H_4$ ,  $C_4H_8$ ,  $C_6H_{12}$

3. К соединениям с общей формулой  $C_nH_{2n-6}$  относится

- 1) бутadiен                      2) толуол                      3) стирол                      4) гексен

4. В молекуле бензола атомы углерода находятся в состоянии гибридизации

- 1)  $sp$                       2)  $sp^2$                       3)  $sp^3$                       4)  $sp^2d$

5. В молекуле толуола атомы углерода находятся в состоянии гибридизации

- 1)  $sp$  и  $sp^2$                       2) только  $sp^2$                       3)  $sp^2$  и  $sp^3$                       4)  $sp$  и  $sp^3$

6. Молекула бензола имеет строение

- 1) тетраэдрическое                      2) угловое                      3) линейное                      4) плоское

7. Валентный угол и длина связи в молекуле бензола соответственно равны

- 1)  $120^\circ$  и 0,154 нм                      3)  $120^\circ$  и 0,140 нм  
2)  $180^\circ$  и 0,120 нм                      4)  $109^\circ 28'$  и 0,154 нм

8. Тетраэдрический фрагмент атомов имеется в молекуле

- 1) бензола                      2) толуола                      3) винилбензола                      4) ацетилена

9. Число  $\sigma$ -связей в молекуле бензола равно

- 1) 6                      2) 8                      3) 10                      4) 12

10. Число  $\sigma$ -связей в молекуле толуола равно

- 1) 6                      2) 8                      3) 12                      4) 15

11. Бензол и толуол являются

- 1) структурными изомерами                      3) гомологами  
2) геометрическими изомерами                      4) одним и тем же веществом

12. Метилбензол и толуол являются

- 1) структурными изомерами                      3) гомологами  
2) геометрическими изомерами                4) одним и тем же веществом

**13.** Фенилметан и бензол являются

- 1) структурными изомерами                      3) гомологами  
2) геометрическими изомерами                4) одним и тем же веществом

**14.** Взаимодействие бензола с хлором в присутствии  $\text{AlCl}_3$  относится к реакциям

- 1) пиролиза                      2) замещения                      3) разложения                      4) присоединения

**15.** Взаимодействие бензола с хлором при освещении относится к реакциям

- 1) крекинга                      2) замещения                      3) разложения                      4) присоединения

**16.** Бензол взаимодействует с

- 1) бромной водой                                      3) бромоводородом  
2) водородом    4) соляной кислотой

**17.** Бензол не взаимодействует с

- 1) водородом    3) бромом  
2) кислородом    4) раствором перманганата калия

**18.** Бензол не взаимодействует с

- 1)  $\text{CH}_3\text{Cl}$                       2)  $\text{HNO}_3$                       3)  $\text{CH}_4$                       4)  $\text{C}_2\text{H}_4$

**19.** Продуктом взаимодействия бензола с хлором на свету является

- 1) хлорбензол    3) гексахлорбензол  
2) 1,3,5-трихлорбензол                                      4) гексахлорциклогексан

**20.** Продуктом взаимодействия бензола с хлором в присутствии хлорида железа(III) является

- 1) хлорбензол    3) гексахлорбензол  
2) 1,3-дихлорбензол    4) гексахлорциклогексан

**21.** Ароматическая связь сохраняется в молекуле в результате реакции бензола с

- 1) концентрированной азотной кислотой  
2) хлором при освещении  
3) водородом в присутствии катализатора (Pt)  
4) кислородом (горение)

**22.** Хлорбензол является продуктом реакции, схема которой

- 1)  $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{свет}}$                                       3)  $\text{C}_6\text{H}_{12} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{свет}}$   
2)  $\text{C}_6\text{H}_{14} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{свет}}$                                       4)  $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{AlCl}_3}$

**23.**Обесцвечивание раствора  $\text{KMnO}_4$  происходит под действием

- 1) гексана
- 2) циклогексана
- 3) бензола
- 4) метилбензола

**24.**Обесцвечивание бромной воды происходит под действием

- 1) гексана
- 2) винилбензола
- 3) бензола
- 4) диметилбензола

**25.** Сумма коэффициентов в уравнении реакции горения бензола равна

- 1) 17
- 2) 25
- 3) 30
- 4) 35

**26.** Коэффициент перед формулой кислорода в уравнении реакции горения толуола равен

- 1) 7
- 2) 8
- 3) 9
- 4) 11

**27.** Этилбензол взаимодействует с

- 1) бромной водой
- 2) хлоридом алюминия
- 3) перманганатом калия
- 4) гидроксидом калия

**28.** И бензол, и толуол взаимодействуют с

- 1) сульфатом меди(II)
- 2) бромом
- 3) перманганатом калия
- 4) оксидом магния

**29.** И бензол, и толуол взаимодействуют с

- 1) бромной водой
- 2) азотной кислотой
- 3) гидроксидом меди(II)
- 4) бромоводородной кислотой

**30.** Толуол в отличие от бензола взаимодействует с

- 1)  $\text{KMnO}_4$
- 2)  $\text{HI}$
- 3)  $\text{NaOH}$
- 4)  $\text{O}_2$

**31.** И бензол, и циклогексан взаимодействуют с

- 1) натрием
- 2) перманганатом калия
- 3) хлором
- 4) азотом

**32.** И бензол, и бутан взаимодействуют с

- 1) кислородом
- 2) гидроксидом меди(II)
- 3) аммиачным раствором хлорида меди(I)
- 4) хлороводородом

**33.** И бензол, и этин взаимодействуют с

- 1) натрием
- 2) хлороводородом
- 3) аммиачным раствором оксида серебра

4) водородом

**34.** И толуол, и этен взаимодействуют с

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| 1) водой                | 3) хлоридом натрия     |
| 2) оксидом углерода(IV) | 4) перманганатом калия |

**35.** В отличие от бензола гомологи бензола реагируют с

- |               |                        |
|---------------|------------------------|
| 1) кислородом | 3) азотной кислотой    |
| 2) хлором     | 4) перманганатом калия |

**36.** Бензол взаимодействует с каждым из двух веществ

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 1) $\text{Br}_2$ и $\text{HCl}$   | 3) $\text{Cl}_2$ и $\text{HNO}_3$ конц.     |
| 2) $\text{KMnO}_4$ и $\text{H}_2$ | 4) $\text{C}_2\text{H}_4$ , и $\text{CH}_4$ |

**37.** Толуол взаимодействует с каждым из двух веществ

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1) $\text{Cl}_2$ и $\text{HCl}$   | 3) $\text{NaOH}$ и $\text{HNO}_3$ конц.      |
| 2) $\text{KMnO}_4$ и $\text{H}_2$ | 4) $\text{H}_2\text{SO}_4$ и $\text{CuSO}_4$ |

**38.** С каждым из трех веществ:

бромом, перманганатом калия, водородом –

может реагировать

- |           |           |           |                |
|-----------|-----------|-----------|----------------|
| 1) толуол | 2) бензол | 3) гексан | 4) циклогексан |
|-----------|-----------|-----------|----------------|

**39.** Реакции присоединения характерны для каждого их двух углеводородов

- |                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| 1) этана и циклобутана    | 3) циклопропана и бутина |
| 2) циклогексана и бензола | 4) гексана и толуола     |

**40.** При взаимодействии толуола с водным раствором перманганата калия в кислой среде образуется

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 1) уксусная кислота | 3) углекислый газ    |
| 2) фенол            | 4) бензойная кислота |

**41.** Толуол в отличие от бензола реагирует с

- |                 |                    |                 |                |
|-----------------|--------------------|-----------------|----------------|
| 1) $\text{H}_2$ | 2) $\text{KMnO}_4$ | 3) $\text{HBr}$ | 4) $\text{Na}$ |
|-----------------|--------------------|-----------------|----------------|

**42.** В качестве взрывчатого вещества используют:

- |                |                   |
|----------------|-------------------|
| 1) нитробензол | 3) ксилол         |
| 2) толуол      | 4) тринитротолуол |

**43.** Гексахлорциклогексан используется в качестве

- |                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| 1) ядохимиката              | 3) красителя    |
| 2) лекарственного препарата | 4) растворителя |

**44.** Какие из приведенных утверждений о бензоле и его свойствах верны?

**A.** Молекула бензола имеет плоское строение.

**B.** Для бензола наиболее характерны реакции присоединения.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба утверждения
- 4) оба утверждения неверны

**45.** Какие из приведенных утверждений о бензоле и его свойствах верны?

**A.** Атомы углерода в молекуле бензола находятся в состоянии  $sp$ -гибридизации.

**B.** Бензол и его пары ядовиты.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба утверждения
- 4) оба утверждения неверны

**46.** Какие из приведенных утверждений о бензоле и его свойствах верны?

**A.** Бензол – бесцветная жидкость без запаха.

**B.** Продуктом взаимодействия бензола с бромом в присутствии  $FeBr_3$  является бромбензол.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба утверждения
- 4) оба утверждения неверны

**47.** Какие из приведенных утверждений о бензоле и его свойствах верны?

**A.** Бензол хорошо растворим в воде.

**B.** Продуктом взаимодействия бензола с хлором при освещении является хлорбензол.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба утверждения
- 4) оба утверждения неверны

**48.** Какие из приведенных утверждений о бензоле и его свойствах верны?

**A.** Промышленным способом получения бензола является сплавление натриевой соли бензойной кислоты со щелочами.

**B.** Бензол легко окисляется водным раствором перманганата калия.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба утверждения
- 4) оба утверждения неверны

**49.** Какие из приведенных утверждений о бензоле и его свойствах верны?

**A.** Бензол неустойчив к действию окислителей.

**Б.** Пробирку с бензолом можно нагревать на открытом пламени.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба утверждения
- 4) оба утверждения неверны

**50.** Какие из приведенных утверждений о бензоле и его свойствах верны?

**А.** Для бензола характерна реакция полимеризации.

**Б.** Бензол можно получить при дегидрировании циклогексана.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба утверждения
- 4) оба утверждения неверны

**51.** Какие из приведенных утверждений о толуоле и его свойствах верны?

**А.** Толуол в промышленности можно получить в результате дегидроциклизации гептана.

**Б.** Толуол обесцвечивает бромную воду.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба утверждения
- 4) оба утверждения неверны

**52.** Какие из приведенных утверждений о толуоле и его свойствах верны?

**А.** В молекуле толуола имеется тетраэдрический фрагмент атомов.

**Б.** Толуол проявляет более высокую реакционную способность по сравнению с бензолом.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба утверждения
- 4) оба утверждения неверны

**53.** Какие из приведенных утверждений об этилбензоле и его свойствах верны?

**А.** В молекуле этилбензола все атомы углерода находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации.

**Б.** При окислении этилбензола перманганатом калия в кислотной среде образуется бензойная кислота.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба утверждения
- 4) оба утверждения неверны

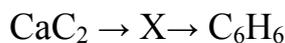
**54.** В схеме превращений

1-бромпропан  $\rightarrow$  X  $\rightarrow$  бензол

веществом X является

- 1) ацетилен      2) пропен      3) гексан      4) циклогексан

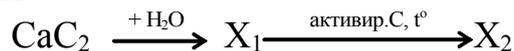
55. В схеме превращений



веществом X является

- 1)  $\text{C}_2\text{H}_4$       2)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$       3)  $\text{CH}_4$       4)  $\text{C}_2\text{H}_2$

56. В схеме превращений



веществами  $\text{X}_1$  и  $\text{X}_2$  соответственно являются

- 1)  $\text{CH}_4$  и  $\text{C}_6\text{H}_6$       3)  $\text{C}_2\text{H}_2$  и  $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$   
2)  $\text{C}_2\text{H}_4$  и  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$       4)  $\text{C}_2\text{H}_2$  и  $\text{C}_6\text{H}_6$

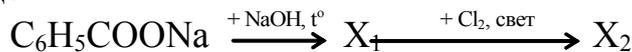
57. В схеме превращений



веществами  $\text{X}_1$  и  $\text{X}_2$  соответственно являются

- 1) циклогексан и хлорциклогексан      3) бензол и хлорбензол  
2) толуол и 2-хлортолуол      4) бензол и гексахлоран

58. В схеме превращений



веществами  $\text{X}_1$  и  $\text{X}_2$  соответственно являются

- 1)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$  и  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$       3)  $\text{C}_6\text{H}_6$  и  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$   
2)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$  и  $\text{C}_6\text{H}_4\text{ClCH}_3$       4)  $\text{C}_6\text{H}_6$  и  $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$

59. В схеме превращений



веществами  $\text{X}_1$  и  $\text{X}_2$  соответственно являются

- 1) метан и 2-хлортолуол      3) хлорметан и 2-хлортолуол  
2) метан и 3-хлортолуол      4) хлорметан и 3-хлортолуол

60. В схеме превращений



веществами  $\text{X}_1$  и  $\text{X}_2$  соответственно являются

- 1)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$  и  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$       3)  $\text{C}_2\text{H}_4$  и  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$   
2)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$  и  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$       4)  $\text{C}_2\text{H}_6$  и  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$

61. Все атомы углерода находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации в молекулах

- 1) толуола      4) бутадиена-1,2  
2) этилена      5) бензола  
3) бутадиена-1,3      6) этилбензола

62. Гомологами бензола являются

- 1) стирол      4) этилбензол

- 2) толуол
- 3) крезол
- 5) ксилол
- 6) фенол

**63.** Арены способны вступать в реакции

- 1) полимеризации
- 2) присоединения
- 3) замещения
- 4) этерификации
- 5) горения
- 6) декарбоксилирования

**64.** Реакция присоединения бромоводорода возможна для

- 1) бензола
- 2) циклопропана
- 3) циклогексана
- 4) толуола
- 5) дивинила
- 6) стирола

**65.** Бензол взаимодействует с

- 1) бромной водой
- 2) водородом
- 3) пропиленом
- 4) хлороводородом
- 5) водным раствором перманганата калия
- 6) азотной кислотой

**66.** Этилбензол взаимодействует с

- 1) гексаном
- 2) бромной водой
- 3) хлорметаном в присутствии  $AlCl_3$
- 4) бромоводородом
- 5) раствором бихромата калия в серноокислотной среде
- 6) концентрированной серной кислотой

**67.** И бензол, и метилбензол взаимодействуют с

- 1) хлорэтаном в присутствии  $AlCl_3$
- 2) бромной водой
- 3) кислородом
- 4) раствором перманганата калия
- 5) водой
- 6) водородом

**68.** Стирол в отличие от бензола реагирует с

- 1) бромной водой
- 2) хлороводородом
- 3) азотной кислотой
- 4) кислородом
- 5) водородом
- 6) перманганатом калия

**69.** Для бензола характерны

- 1)  $sp^2$ -гибридизация всех атомов углерода в молекуле

- 2) присоединение водорода
- 3) обесцвечивание бромной воды
- 4) окисление под действием перманганата калия
- 5) горение на воздухе
- 6) реакция гидрохлорирования

**70.** Для толуола характерны

- 1)  $sp^2$ -гибридизация всех атомов углерода в молекуле
- 2) хорошая растворимость в воде
- 3) окисление под действием перманганата калия
- 4) реакция гидрирования
- 5) горение на воздухе
- 6) взаимодействие с гагогеноводородами

**71.** И для бензола, и для толуола характерны

- 1)  $sp^2$ -гибридизация всех атомов углерода в молекуле
- 2) плохая растворимость в воде
- 3) реакция нитрования
- 4) присоединение водорода
- 5) окисление под действием перманганата калия
- 6) горение на воздухе бесцветным пламенем

**72.** Установите соответствие между названием ароматического углеводорода и продуктами его окисления перманганатом калия в присутствии серной кислоты.

НАЗВАНИЕ УГЛЕВОДОРОДА	ПРОДУКТЫ ОКИСЛЕНИЯ
А) изопропилбензол	1) этиленгликоль
Б) толуол	2) бензойная кислота и углекислый газ
В) п-ксилол	3) щавелевая кислота
Г) этилбензол	4) бензиловый спирт
	5) терефталевая кислота
	6) бензойная кислота

А	Б	В	Г

**73.** Установите соответствие между типом реакции, характерным для бензола, и продуктом этой реакции.

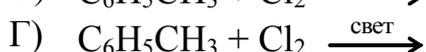
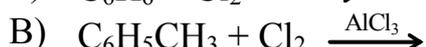
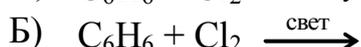
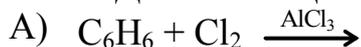
ТИП РЕАКЦИИ	ПРОДУКТ РЕАКЦИИ
А) гидрирование	1) нитробензол
Б) нитрование	2) циклогексан
В) фотохимическое хлорирование	3) хлорбензол
Г) каталитическое ( $FeCl_3$ ) хлорирование	4) тринитробензол
	5) гексахлорциклогексан
	6) гексан

А	Б	В	Г

74. Установите соответствие между исходными веществами и продуктами, преимущественно образующимися в результате их взаимодействия.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА

ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

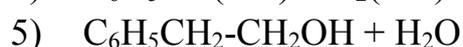
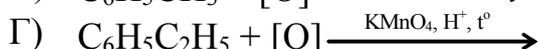
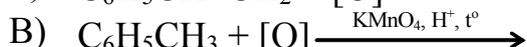
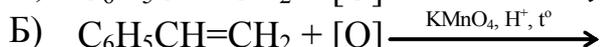
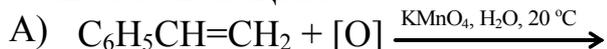


А	Б	В	Г

75. Установите соответствие между схемой реакции и продуктами окисления органического вещества, преимущественно образующимися в результате реакции.

СХЕМА РЕАКЦИИ

ПРОДУКТЫ ОКИСЛЕНИЯ

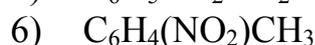


А	Б	В	Г

76. Установите соответствие между схемой реакции и основным продуктом, образующимся в результате этой реакции.

СХЕМА РЕАКЦИИ

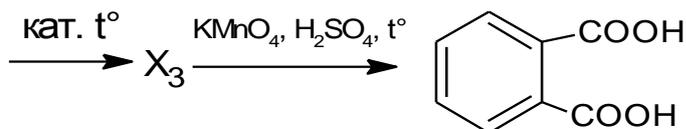
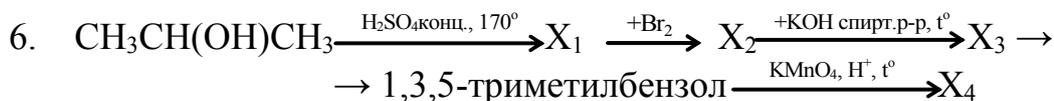
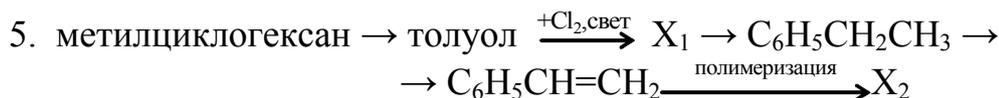
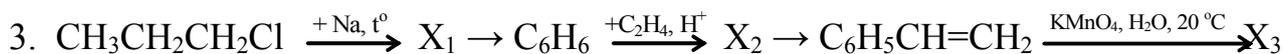
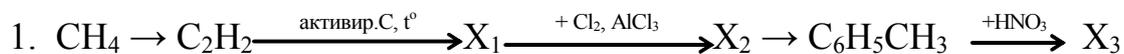
ПРОДУКТ РЕАКЦИИ



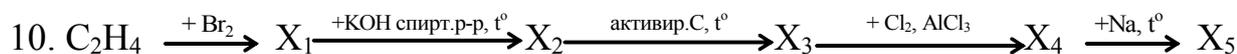
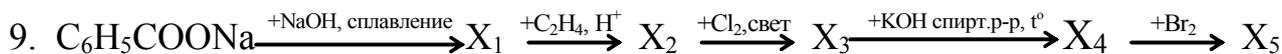
А	Б	В	Г

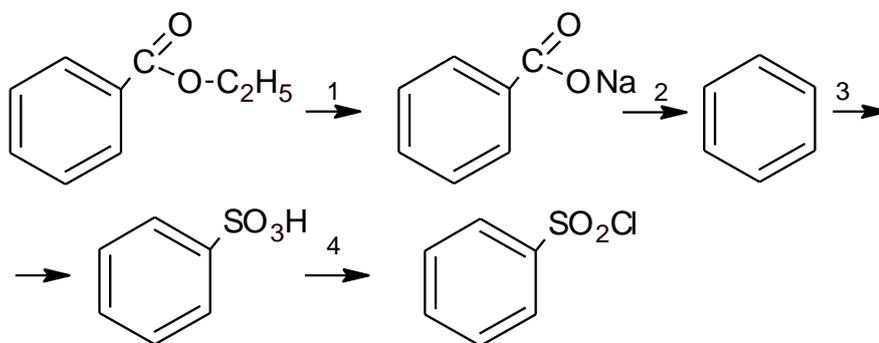
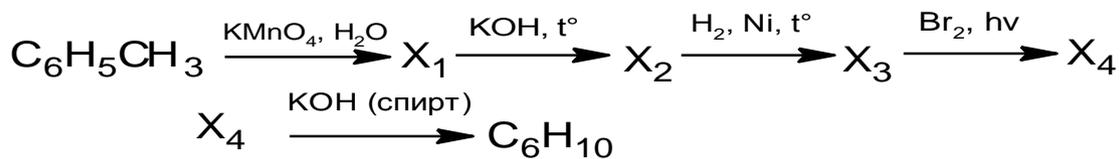
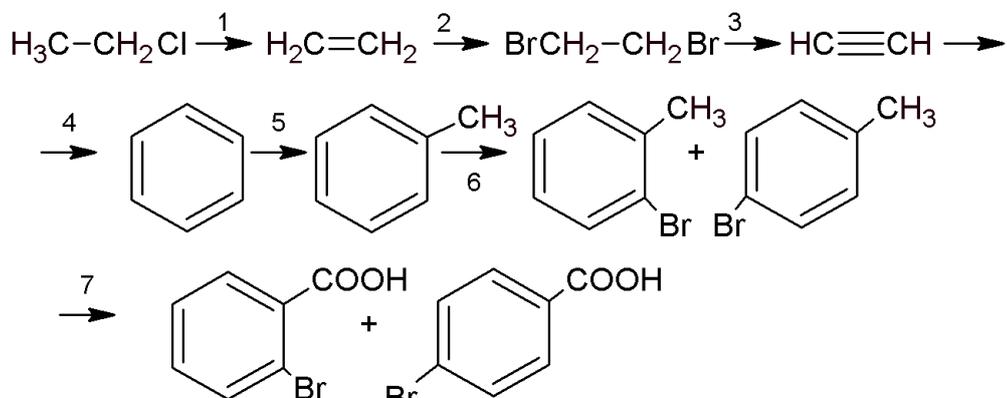
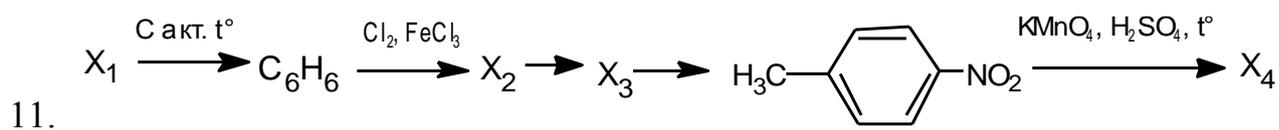
### 3.2. Генетическая связь ароматических углеводородов с другими классами органических веществ

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

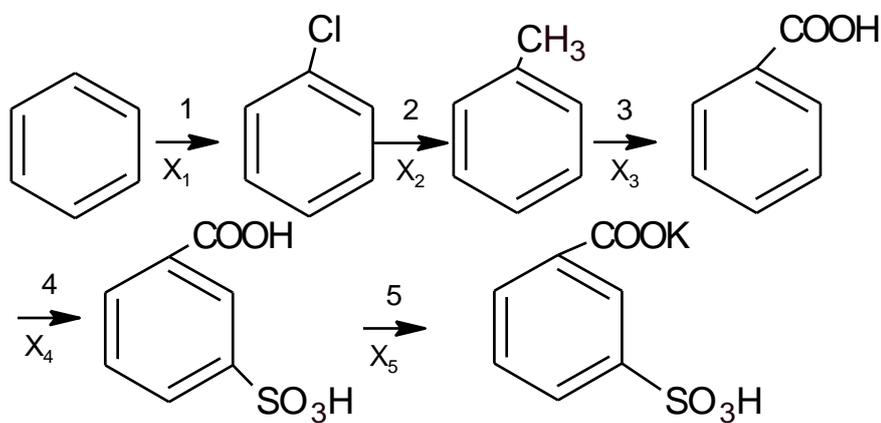


7.

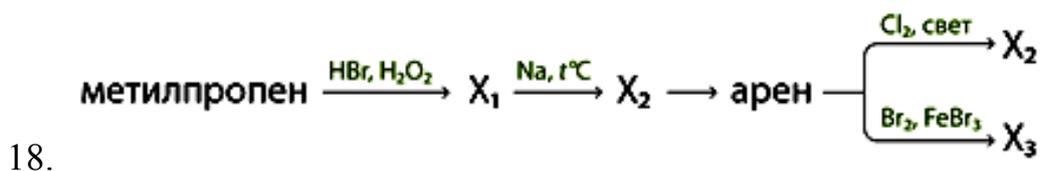
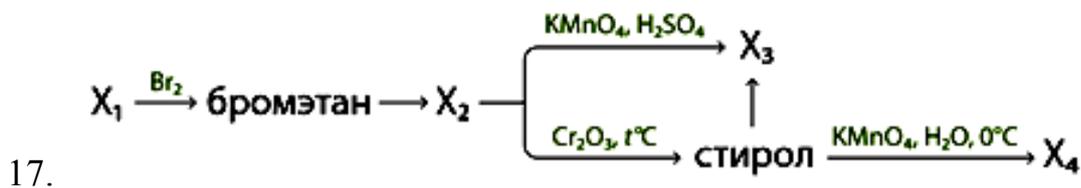
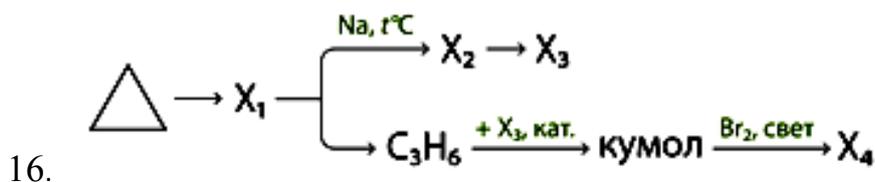




14.



15.



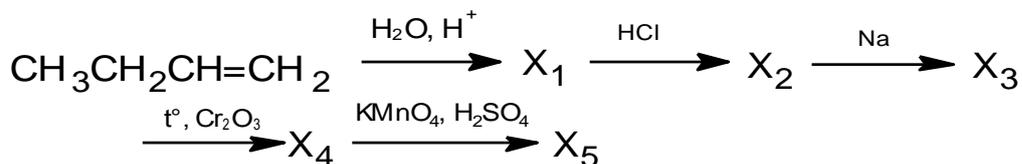
Укажите условия протекания реакций.

### 3.3. Вварианты заданий контрольной работы

#### Вариант 1

1. Исходя из бензола, предложите путь синтеза п – толуолсульфокислоты. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций взаимодействия стирола с:

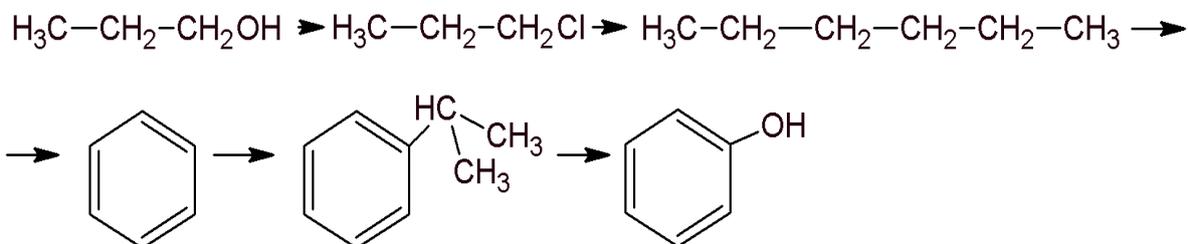
- $\text{Br}_2 (\text{AlCl}_3)$ ;
- $\text{Br}_2$  (в растворителе);
- $\text{HBr}$ .

4. Бензол, полученный дегидрированием 151мл циклогексана (плотность  $0,779 \text{ г/см}^3$ ), подвергли хлорированию при освещении. Образовалось хлорпроизводное массой 300г. Вычислите массовую долю выхода продукта реакции.

## Вариант 2

1. Исходя из бензола, предложите путь синтеза *p*-нитробензойной кислоты. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакции по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций между толуолом и следующими веществами:

а) бромом, в присутствии бромида железа (III);

б) нитрующей смесью ( $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ );

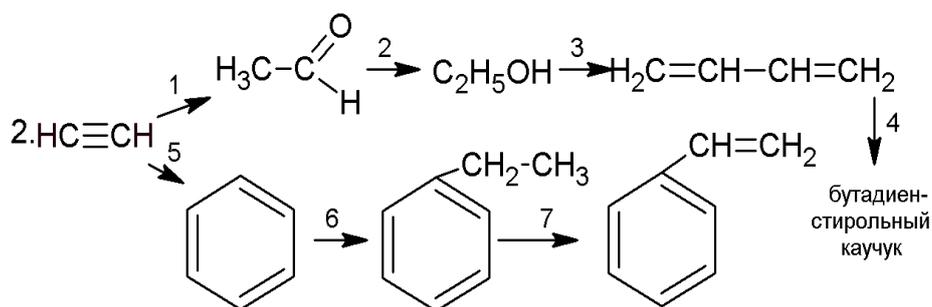
в) раствором перманганата калия.

4. Какой объем воздуха, измеренный при н.у., требуется для полного сгорания 1,4-диметилбензола массой 5,3г? Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%.

## Вариант 3

1. Из гексана и любых необходимых реагентов получите бензолсульфо кислоту. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакции по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций между этилбензолом и следующими веществами:

а) пропиленом;

б) ацетиленом;

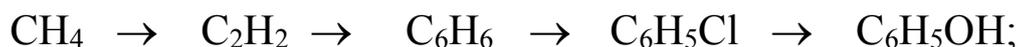
в) хлором на свету.

4. Рассчитайте объем ацетилена (в л., н.у.), необходимый для получения 22,1 г бензола с практическим выходом 28%.

#### Вариант 4

1. Исходя из углерода, получите толуол. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций между бензолсульфо-кислотой и следующими веществами:

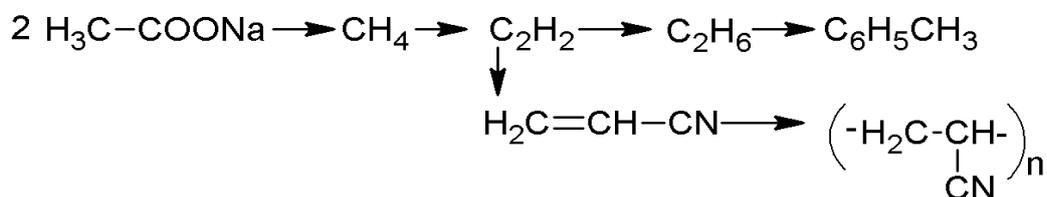
- бромом в присутствии трибромида алюминия;
- концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- гидроксидом натрия.

4. Бензол, полученный дегидрированием 151мл циклогексана (плотность 0,779 г/см<sup>3</sup>), подвергли хлорированию при освещении. Образовалось хлорпроизводное массой 300г. Вычислите массовую долю выхода продукта реакции.

#### Вариант 5

1. Из гексана и любых необходимых реагентов получите бензолсульфо-кислоту. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций между следующими веществами:

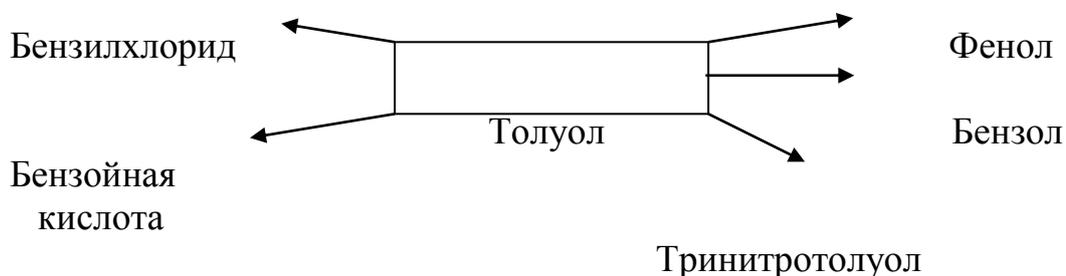
- бензолом и бутиленом;
- хлорбензолом и хлорэтаном;
- нафталином и серной кислотой конц.

4. Из ацетилена объемом 10,08 л (объем приведен к нормальным условиям) был получен бензол. Массовая доля выхода продукта составила 70 %. Определите массу полученного бензола.

## Вариант 6

1. Предложите схему получения этилбензола из ацетилен и неорганических реагентов. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций между толуолом и следующими веществами:

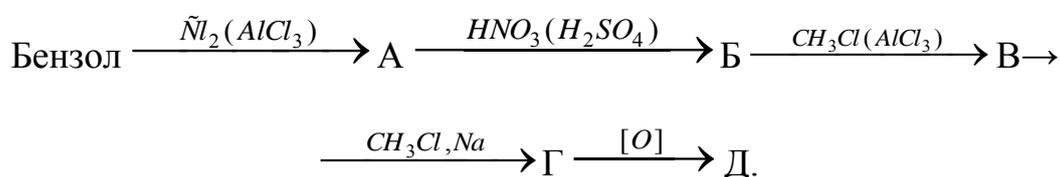
- бромом, в присутствии бромида железа (III);
- нитрующей смесью ( $HNO_3$  и  $H_2SO_4$ );
- раствором перманганата калия.

4. Рассчитайте объем жидкого стирола, который может обесцветить бромную воду массой 150г. Массовая доля  $Br_2$  в бромной воде равна 3,2%. Плотность стирола – 0,91г/мл.

## Вариант 7

1. Предложите схему получения о-фталевой кислоты из метана. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций:

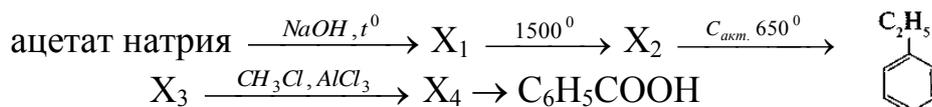
- алкилирования бензола пропиленом в присутствии  $H_3PO_4$ ;
- бромирования нафталина;
- сульфирования бромбензола;
- озонолиза винилбензола.

4. Рассчитайте объем жидкого стирола, который может обесцветить бромную воду массой 150г. Массовая доля Br<sub>2</sub> в бромной воде равна 3,2%. Плотность стирола – 0,91г/мл.

### Вариант 8

1. Предложите схему получения бензолсульфокислоты из метана. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций между толуолом и следующими веществами:

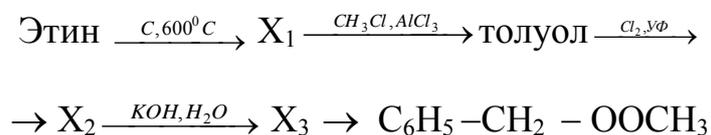
- бромирования м – ксилола в присутствии AlBr<sub>3</sub>;
- нитрования нитробензола;
- окисления 2 – нитронафталина.

4. Из циклогексана массой 9,24 г по реакции дегидрирования в присутствии никелевого катализатора получен бензол. Рассчитайте объем бензола, если его плотность равна 0,88г/см<sup>3</sup>.

### Вариант 9

1. Предложите схему получения кумола из бензола и пропилового спирта. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций взаимодействия веществ:

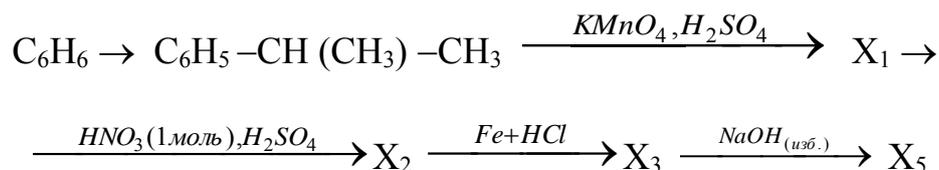
- м-бромбензойная кислота и смесь концентрированных азотной и серной кислот;
- этилбензол и хлор в присутствии AlCl<sub>3</sub>;
- толуол и водород на Pd.

4. Рассчитайте массу гептана, который потребуется для получения 8,97г толуола, если массовая доля выхода толуола равна 65%.

### Вариант 10

1. Предложите схему получения п – бромвинилбензола из бензола. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций взаимодействия веществ:

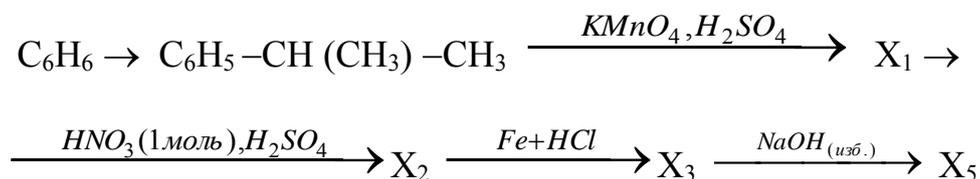
- толуол и пропен в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- нафталин и ацетилхлорид в присутствии  $\text{AlCl}_3$ ;
- бензол и 1-бутен в присутствии серной кислоты.

4. Рассчитайте объем водорода, измеренный при нормальных условиях, который образуется при циклизации и дегидрировании гексана до ароматического углеводорода объемом 200мл и плотностью 0,66г/мл. Реакция протекает с выходом 65%.

### Вариант 11

1. Предложите схему получения 1-ацетил-4-этилбензол из бензола. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций взаимодействия веществ:

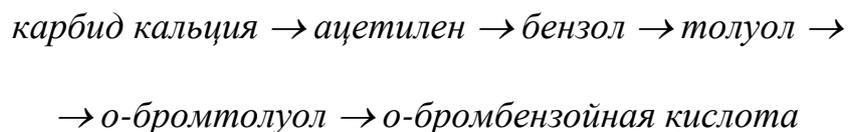
- $\alpha$ -нитронафталин и бром;
- нафталин и серная кислота при  $80^\circ\text{C}$ ;
- бензойная кислота и смесь концентрированных азотной и серной кислот.

4. Из ацетиленом объемом 10,08 л (объем приведен к нормальным условиям) был получен бензол. Массовая доля выхода продукта составила 70%. Определите массу полученного бензола.

### Вариант 12

1. Предложите схему получения стирола из метана. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций взаимодействия веществ:

а) *n*-метилбензойная кислота и хлор в присутствии  $AlCl_3$ ;

б) толуол и этилен в присутствии  $AlCl_3$ ;

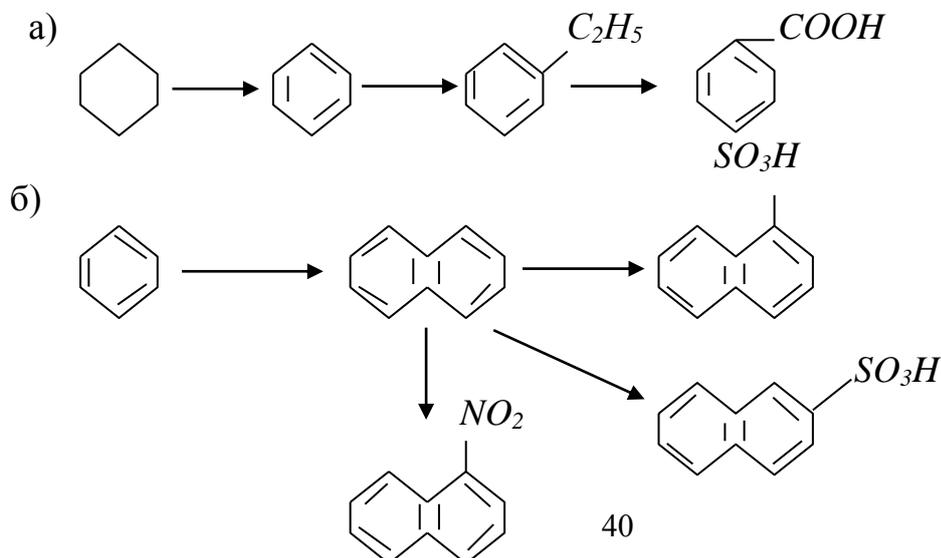
в) бензойная кислота и смесь концентрированных азотной и серной кислот.

4. При нитровании гомолога бензола массой 4,6 г получили нитропроизводное массой 6,85 г. Какой гомолог бензола был взят?

### Вариант 13

1. Предложите схему получения 1,2-дибром-2-фенилэтана из этилбензола. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций взаимодействия веществ:

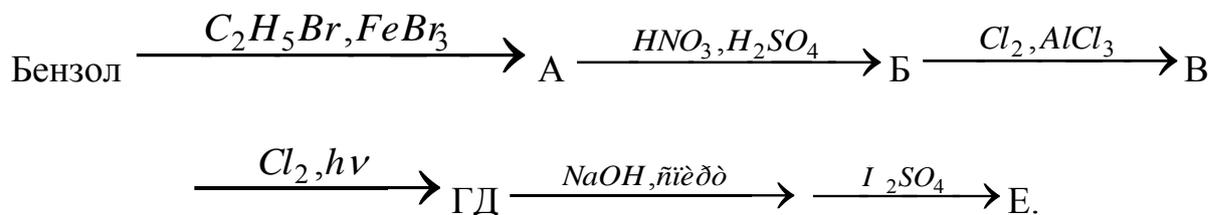
- стирол и хлор в присутствии  $AlCl_3$ ;
- нафталин и бром в присутствии  $AlCl_3$ ;
- ксилол и смесь концентрированных азотной и серной кислот.

4. К бензолу массой 35,1г прибавили 48г брома (в присутствии  $FeBr_3$ ). Рассчитайте массу бромопроизводного, которую можно выделить из реакционной смеси.

### Вариант 15

1. Предложите схему получения кумола из этилена. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций взаимодействия веществ:

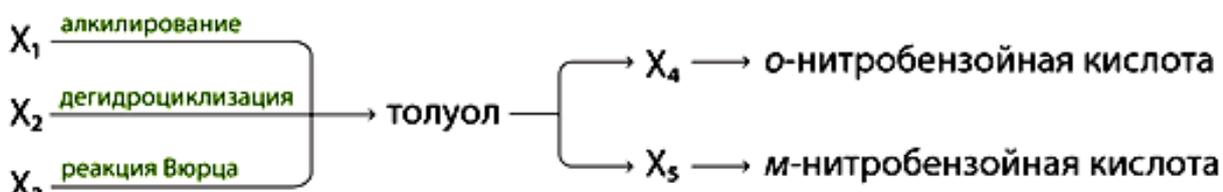
- кумол и хлор в присутствии  $AlCl_3$ ;
- бромбензол и бром в присутствии  $AlCl_3$ ;
- стирол и смесь концентрированных азотной и серной кислот.

4. Газ, образовавшийся при сжигании бензола, пропустили через избыток раствора гидроксида бария. Образовался осадок массой 59,1г. Рассчитайте массу сожженного вещества.

### Вариант 16

1. Предложите схему получения п – толуолсульфокислоты из бензола. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакции бензола со следующими реагентами:

- $Cl_2$  ( $Fe$ );
- $Cl_2$  (солнечный свет);
- $HNO_3$  ( $H_2SO_4$ ).

4. Из циклогексана массой 18,48 г по реакции дегидрирования в присутствии никелевого катализатора получен бензол. Рассчитайте объем бензола, если его плотность равна  $0,88 \text{ г/см}^3$ .

### Вариант 17

1. Предложите схему получения *m*-нитробензойной кислоты из бензола. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Составьте структурные формулы соединений:

- этилбензол;
- третбутилбензол;
- изопропилбензол;
- 4-амино-5-гидрокси-2,7-дисульфо-кислота;
- 2,6-дихлор-4-нитронафталин;
- p*-нитрохлорбензол.

3. Напишите уравнения реакций:

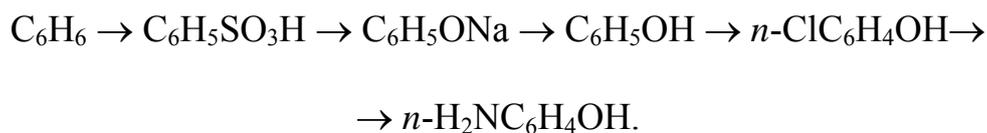
- алкилирования бензола хлористым изобутилом в присутствии  $AlCl_3$ ;
- бромирование толуола на свету;
- окисления 1-метил-4-изопропилбензола хромовой смесью.

4. Из ацетиленом объемом при н.у. 3,36 л получен бензол объемом 2,5 мл. Определите массовую долю выхода продукта. Плотность бензола равна  $0,88 \text{ г/см}^3$ .

### Вариант 18

1. Предложите схему получения *p*-нитро-1,2-дибромбензола из бензола. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций:

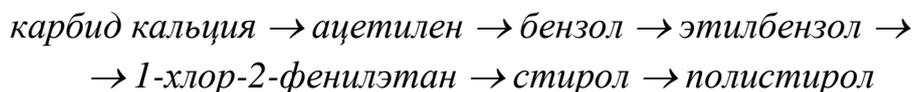
- бромирования м – ксилола в присутствии  $\text{AlBr}_3$
- нитрования нитробензола;
- окисления 2 – нитронафталина.

4. Смесь бензола и стирола обесцветили бромную воду массой 500г. (массовая доля  $\text{Br}_2$  в бромной воде равна 3,2%). При сгорании смеси той же массы выделился оксид углерода (IV) объемом при н.у. 44,8л. Определите массовую долю бензола в смеси со стиролом.

### Вариант 19

1. Предложите схему получения п-хлорбензолсульфокислоты из натриевой соли бензойной кислоты и щелочи. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций взаимодействия стирола с реагентами:

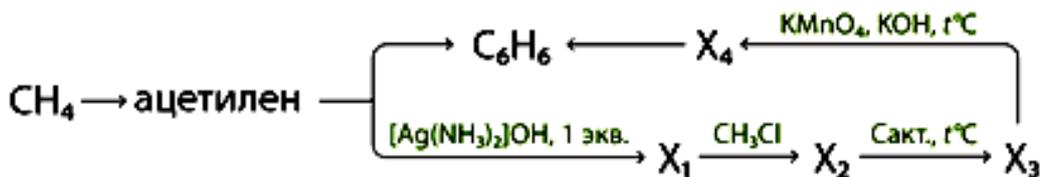
- $\text{Cl}_2$  (Fe);
- $\text{H}_2$  (Ni, 200°C, P);
- т в)  $\text{HNO}_3$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

4. При бромировании бензола в присутствии бромида железа (III) получен бромоводород, который пропустили через избыток раствора нитрата серебра. При этом образовался осадок массой 7,52г. Вычислите массу полученного продукта бромирования бензола и назовите этот продукт.

### Вариант 20

1. Предложите схему получения п-хлорбензолсульфокислоты из натриевой соли бензойной кислоты и щелочи. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций:

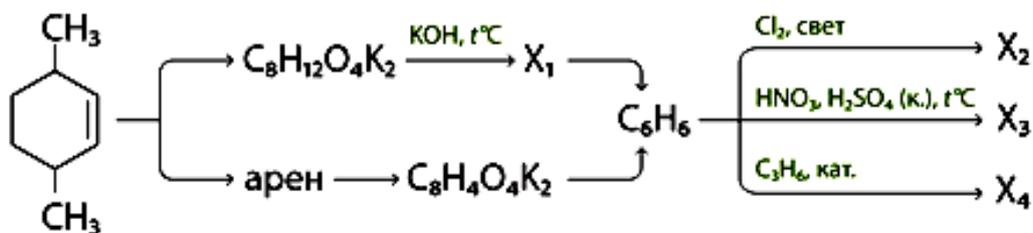
- нитрования *o*-нитрофенола;
- бромирования *m*-ксилола на свету;
- бромирования антрацена.

4. Действием брома на 78 г бензола было получено столько же бромбензола. Сколько это составляет (в процентах) от того количества, которое должно образоваться, если весь взятый бензол вступил бы в реакцию?

### Вариант 21

1. Предложите схему получения 4-нитрофталевой кислоты из *m*-ксилола. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Получите этилбензол из бензола по реакциям:

- Вюрца – Фиттинга.
- алкилирования аренов алкилирующими реагентами: галогеналканами, спиртами, олефинами.
- Фриделя-Крафтса.

4. В лаборатории из 25л (в пересчете на н.у.) ацетилена было получено 16г бензола. Сколько это составляет (в процентах) от того количества, которое должно было образоваться согласно уравнению.

## Вариант 22

1. Предложите схему получения  $\alpha$ -нитропропилбензола из бензола. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакции по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций получения из бензола следующих продуктов:

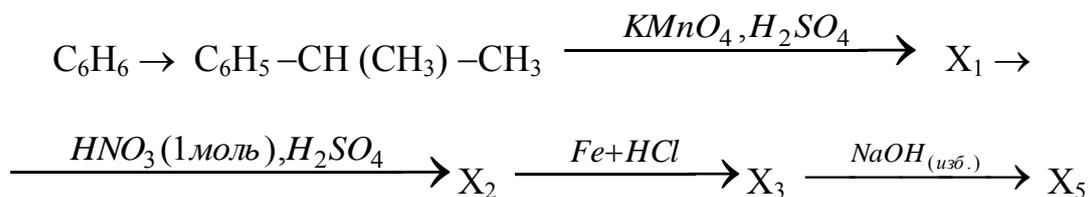
- этилбензола;
- циклогексана;
- дихлорбензолов (о- и п-).

4. При бромировании бензола в присутствии бромида железа (III) получен бромоводород, который пропустили через избыток раствора нитрата серебра. При этом образовался осадок массой 7,52 г. Вычислите массу полученного продукта бромирования бензола и назовите этот продукт.

## Вариант 23

1. Предложите схему получения бензойной кислоты из этана. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакции по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций:

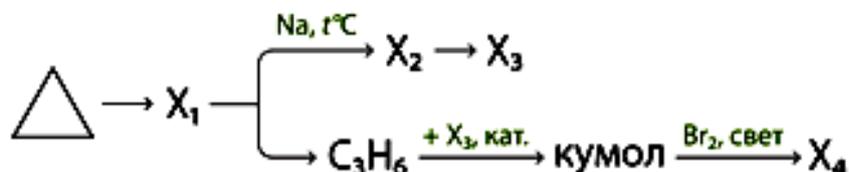
- бромирование этилбензола на свету;
- алкилирования толуола этиленом в присутствии  $\text{AlCl}_3$ ;
- окисления стирола хромовой смесью.

4. Рассчитайте объем жидкого стирола, который может обесцветить бромную воду массой 250 г. Массовая доля брома в бромной воде 1,6 %. Плотность стирола – 0,91 г/мл.

## Вариант 24

1. Предложите схему получения *n*-бромбензолсульфо-кислоты из ацетилен. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций:

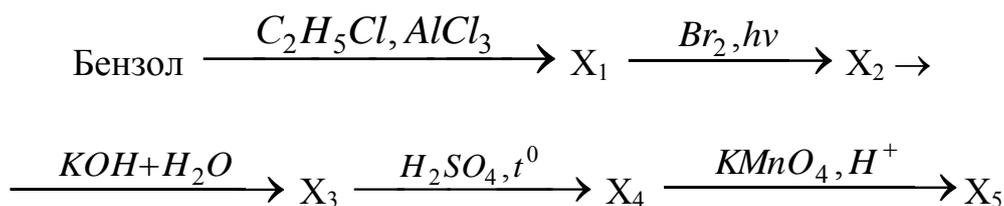
- хлорирование *o*-ксилола в присутствии  $\text{AlCl}_3$ ;
- алкилирования стирола ацетиленом в присутствии  $\text{AlCl}_3$ ;
- окисления *n*-ксилола подкисленным раствором перманганата калия.

4. В результате нитрования бензола массой 23,4 г получен нитробензол массой 29,52 г. Вычислите выход нитробензола от теоретически возможного.

## Вариант 25

1. Предложите схему получения терефталевой кислоты из метана. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакций по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций:

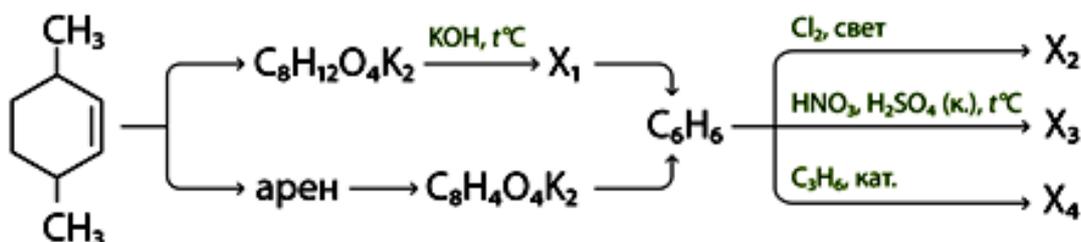
- хлорирование *o*-ксилола в присутствии  $\text{AlCl}_3$ ;
- алкилирования стирола ацетиленом в присутствии  $\text{AlCl}_3$ ;
- окисления *n*-ксилола подкисленным раствором перманганата калия.

4. Газ, выделившийся при бромировании бензола объёмом 5,00 мл (пл. 0,879 г/мл), был поглощён избытком раствора нитрата серебра, при этом образовалось 6,58 г осадка. Вычислите выход продукта реакции (%) от теоретически возможного.

## Вариант 26

1. Предложите схему получения бензойной кислоты из метана. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

2. Напишите уравнение реакции по схеме превращений:



3. Напишите уравнения реакций между толуолом и следующими веществами:

а) бромом, в присутствии бромида железа (III);

б) нитрующей смесью ( $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ );

в) раствором перманганата калия.

4. Какой объем воздуха, измеренный при н.у., требуется для полного сгорания 1,4-диметилбензола массой 5,3г? Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артеменко А.И. Органическая химия.- М.: Высш. шк., 2002.- 559 с.
2. Реутов О.А., Кури А.Л., Бутин К.П. Органическая химия: в 4-х частях. Учебник для студентов вузов. – М: Бином. Лаборатория знаний, 2004.- 2493 с.
3. Ким А.М. Органическая химия: Учебное пособие для вузов. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во. 2002.- 971 с.
4. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия: Учебник для вузов.- С – Пб: «Иван Федоров», 2002.- 623 с.
5. Васильева Н.В., Куплетская Н.Б., Смолина Т.А. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение, 1978.
6. Некрасов В.В. Руководство к малому практикуму по органической химии. – М.: Химия, 1975.
7. Аверина А.В., Снегирева А.Я. Лабораторный практикум по органической химии. – М.: Высш. шк., 1983.
8. Артеменко А.И., Тикунова И.В., Ануфриев Е.К. Практикум по органической химии. – М.: Высш. шк., 1983.
9. Иванов В.Г., Гева О.Н., Гаверова Ю.Г. Практикум по органической химии. – М.: Academia, 2000.
10. Грандберг И.И. Органическая химия: учебник / И.И. Гранд- берг, Н.Л. Нам . – М.: Юрайт, 2013 . – 608с.
11. Березин Б.Д., Березин Д.Б. Курс современной органической химии: Учебное пособие для вузов. М.: Высш. шк., 1999. 768 с.
12. Нейланд О.Я. Органическая химия: Учебник для химических специальностей вузов. М.: Высш. шк., 1990. 751 с.
13. Петров А.А., Бальян Х.В., Тращенко А.Т. Органическая химия: Учебник для вузов. М.: Высш. шк., 2002. 572 с.
14. Потапов В.М., Татаринчик С.Н., Аверина А.В. Задачи и упражнения по органической химии. М.: Изд-во Химия, 1989. 223 с.
15. Терней А. Современная органическая химия: В 2 т. М.: Мир, 1981.
16. Шабаров Ю.С. Органическая химия: Учебник для вузов: В 2 кн. М.: Химия, 1996. 848 с.
17. Янковский С.А., Данилова Н.С. Задачи по органической химии. М.: Изд-во Колос, 2000. 328 с.

Учебное текстовое электронное издание

**Мишурина Ольга Алексеевна  
Муллина Эльвира Ринатовна**

**УГЛЕВОДОРОДЫ  
АРОМАТИЧЕСКОГО РЯДА**

Учебное пособие

1,12 Мб

1 электрон. опт. диск

г. Магнитогорск, 2020 год  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»  
Адрес: 455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск,  
пр. Ленина 38

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»  
Кафедра химии  
Центр электронных образовательных ресурсов и  
дистанционных образовательных технологий  
e-mail: ceor\_dot@mail.ru