

# Ароматические углеводороды. Арены.



# План урока

1. Гомологический ряд.
2. Изомерия аренов.
3. Номенклатура аренов.
4. Строение аренов.
5. Физические свойства аренов.
6. Химические свойства аренов.
7. Получение аренов.
8. Применение аренов.



# Арены

**Ароматические углеводороды (арены) –**



**это углеводороды с общей формулой  $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ ,**

**в молекулах которых имеется хотя бы одно бензольное кольцо**

# История открытия бензола

Впервые бензол описал немецкий химик **Иоганн Глаубер**, который получил это соединение в 1649 году в результате перегонки каменно-угольной смолы. Но ни названия вещество не получило, ни состав его не был известен.



Свое второе рождение бензол получил благодаря работам Фарадея. Бензол был открыт в 1825 году английским физиком **Майклом Фарадеем**, который выделил его из жидкого конденсата светильного газа.

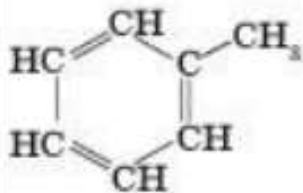
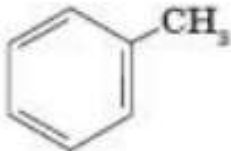
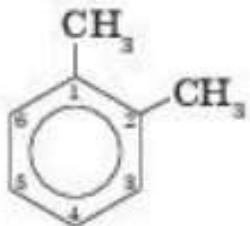
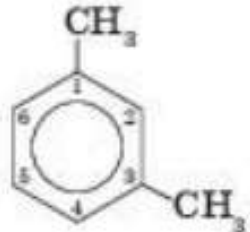

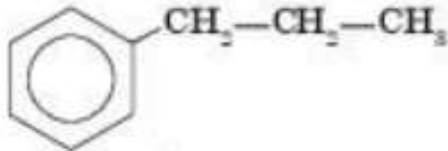
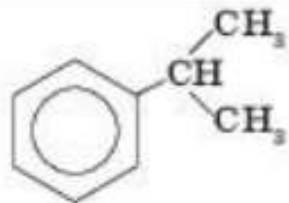


В 1833 году немецкий физик и химик **Эйльгард Мичерлих** получил бензол при сухой перегонке кальциевой соли бензойной кислоты (именно от этого и произошло название бензол)



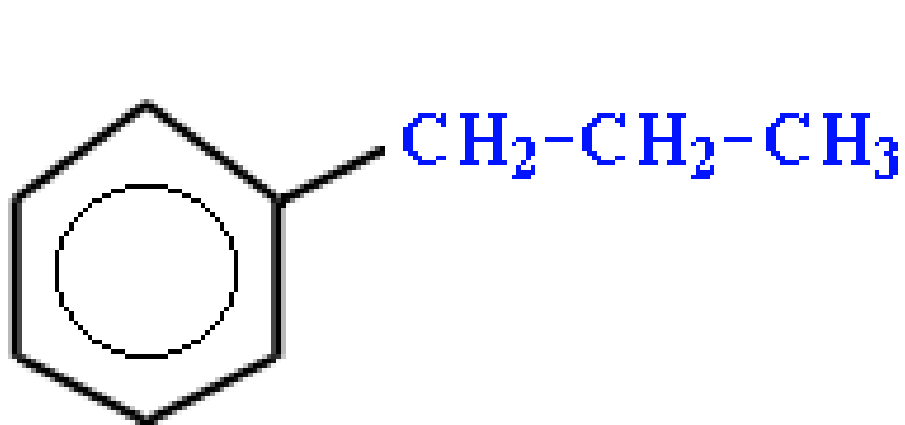


# Гомологи бензола

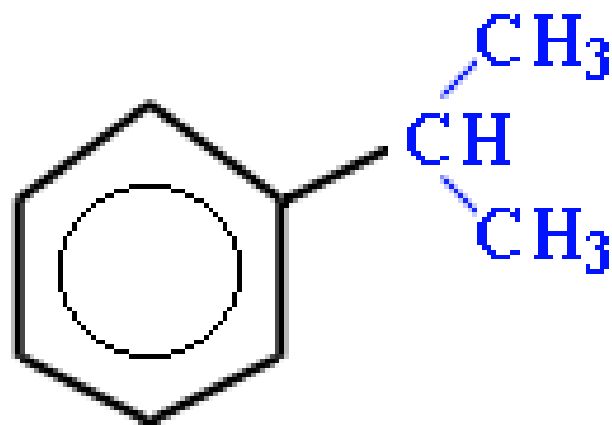
Формула арена	Название		
$C_7H_8$	Метилбензол или толуол $C_6H_5CH_3$ <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="margin: 0 10px;">или</div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		
$C_8H_{10}$	1,2-диметилбензол  <i>орто</i> -ксилол ( <i>о</i> -ксилол)	1,3-диметилбензол  <i>мета</i> -ксилол ( <i>м</i> -ксилол)	1,4-диметилбензол  <i>пара</i> -ксилол ( <i>п</i> -ксилол)
$C_9H_{12}$	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">   <i>н</i>-пропилбензол </div> <div style="text-align: center;">   изопропилбензол  (кумол) </div> </div>		

# Изомерия аренов

1. Структурная углеродного скелета (может зависеть от строения УВ радикала).



н-Пропилбензол



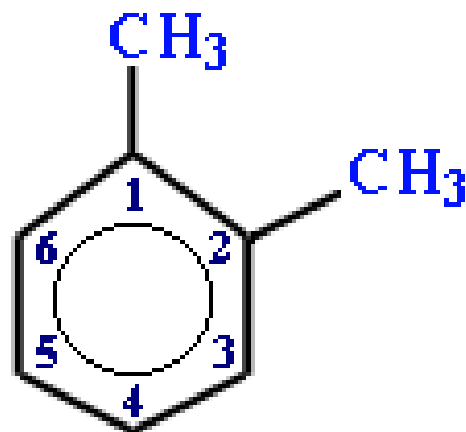
Изопропилбензол  
(кумол)

# Изомерия аренов

## Структурная

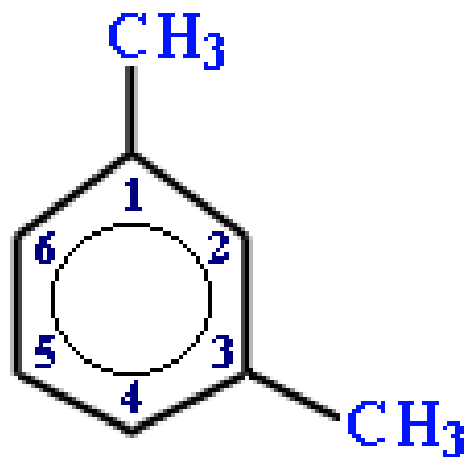
(от положения заместителей в бензольном кольце).

1,2-Диметилбензол



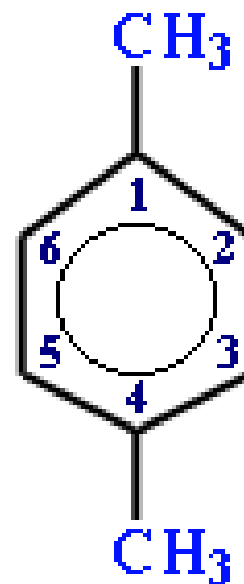
*орто*-ксилол  
(*о*-ксилол)

1,3-Диметилбензол



*мета*-ксилол  
(*м*-ксилол)

1,4-Диметилбензол



*пара*-ксилол  
(*п*-ксилол)

# Номенклатура аренов

**Гомологи бензола** – соединения, образованные заменой одного или нескольких атомов водорода в молекуле бензола на углеводородные радикалы (R):

$\text{C}_6\text{H}_5\text{--R}$  (алкилбензол),  $\text{R--C}_6\text{H}_4\text{--R}$  (диалкилбензол) и т.д.

**Номенклатура.** Широко используются тривиальные названия (толуол, ксилол, кумол и т.п.). Систематические названия строят из названия углеводородного радикала (приставка) и слова бензол

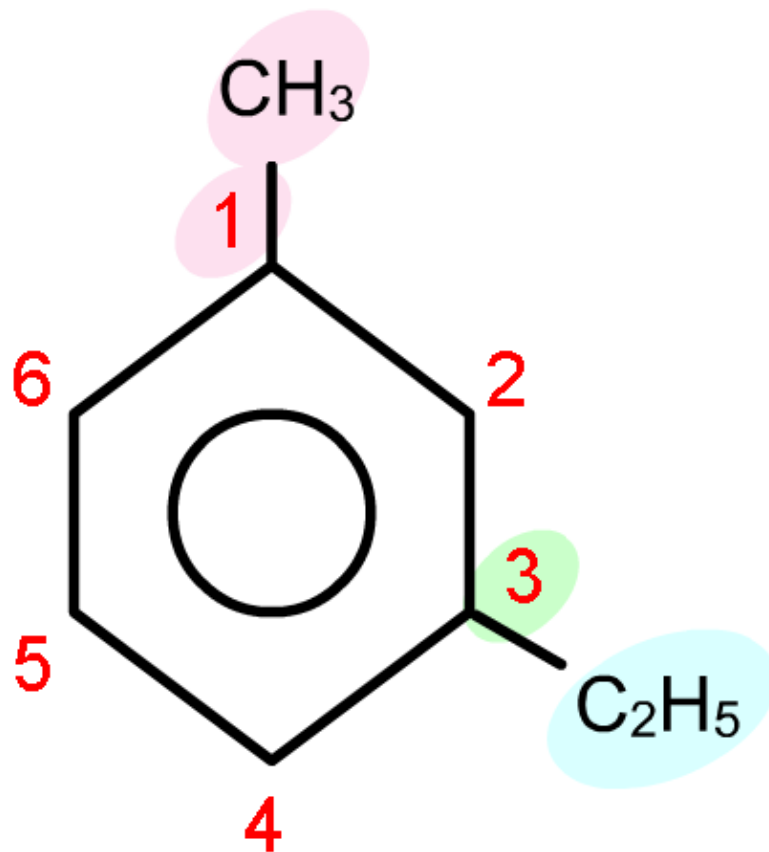
$\text{C}_6\text{H}_5\text{--CH}_3$   
метилбензол

$\text{C}_6\text{H}_5\text{--C}_2\text{H}_5$   
этилбензол

$\text{C}_6\text{H}_5\text{--C}_3\text{H}_7$   
пропилбензол



# Номенклатура аренов



1 - МЕТИЛ - 3 - ЭТИЛБЕНЗОЛ

# Структурная формула бензола

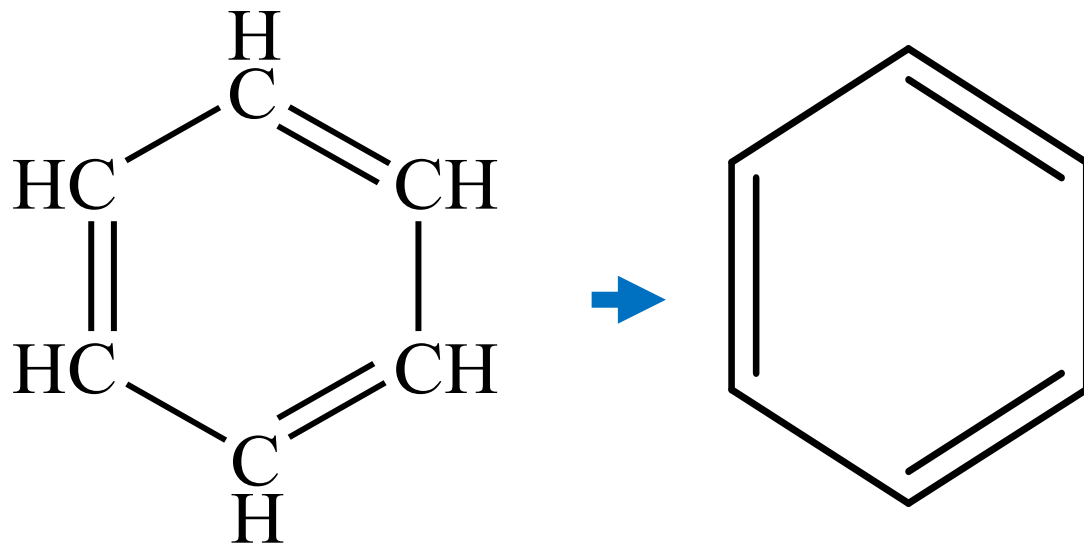
Была предложена немецким  
ученым А. Кекуле в 1865 году

**НО**

Бензол *не взаимодействует с*  
*бромной водой и*  
*раствором перманганата*  
*калия!*



А.Кекуле



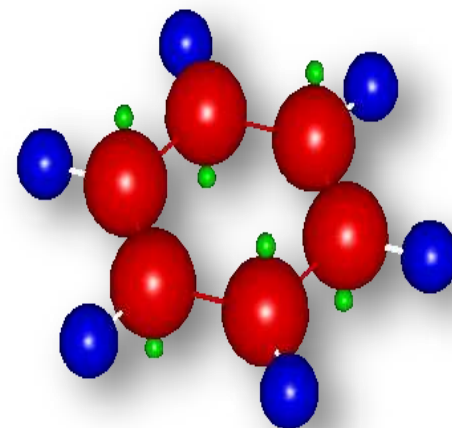
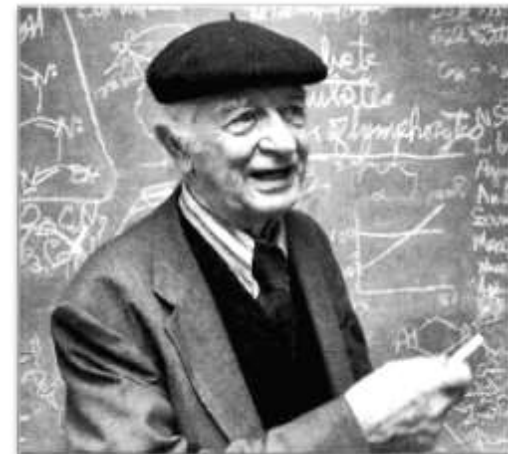
**Ф. Кекуле**  
**предположил,**  
**что в молекуле**  
**бензола**  
**существуют три**  
**двойных связи.**

# Электронное строение бензола

Современное представление об электронной природе связей в бензоле основывается на гипотезе американского физика и химика, дважды лауреата Нобелевской премии

***Л. Полинга.***

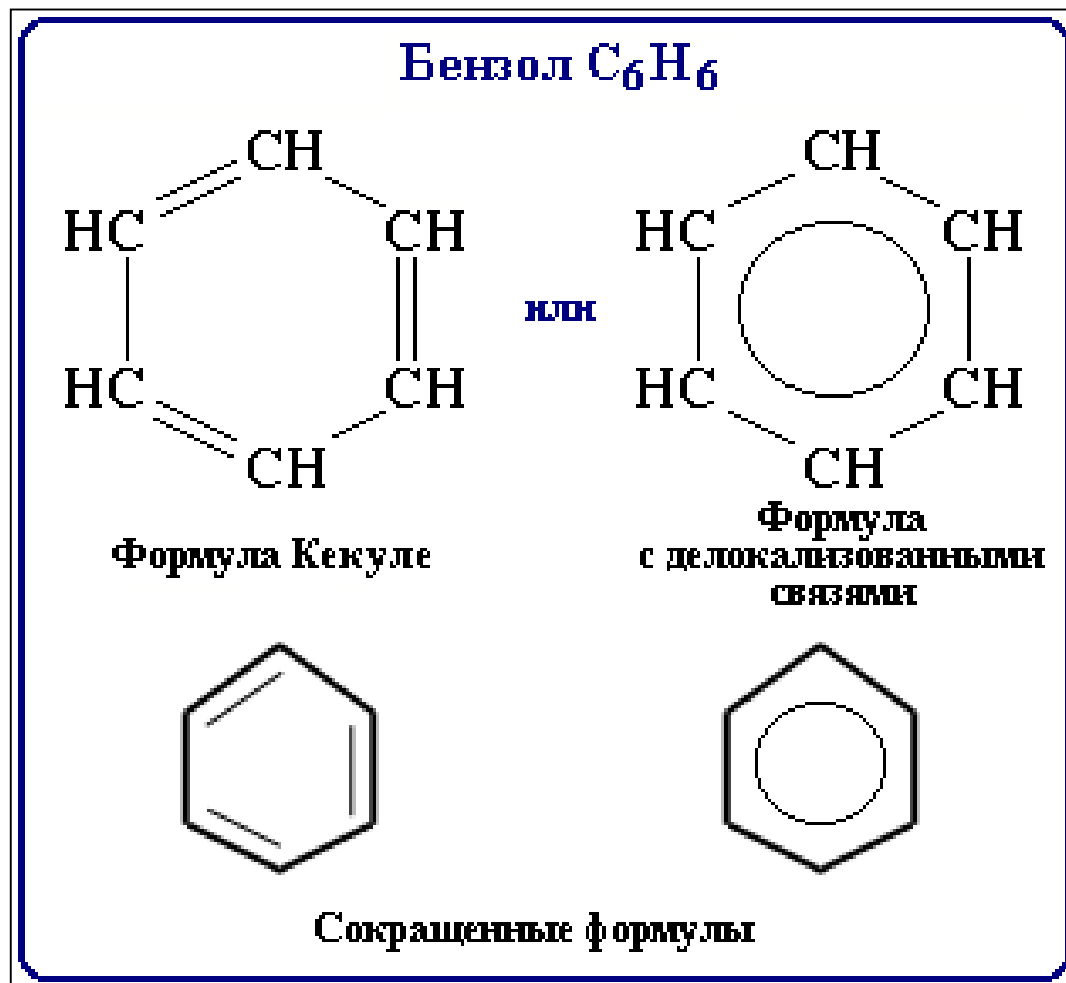
*Именно по его предложению молекулу бензола стали изображать в виде шестиугольника с вписанной окружностью, подчеркивая тем самым отсутствие фиксированных двойных связей и наличие единого электронного облака, охватывающего все шесть атомов углерода цикла.*



# Современная структурная формула бензола

Сочетание шести  
сигма – связей с единой  
 $\pi$  – системой  
называется  
**ароматической связью**

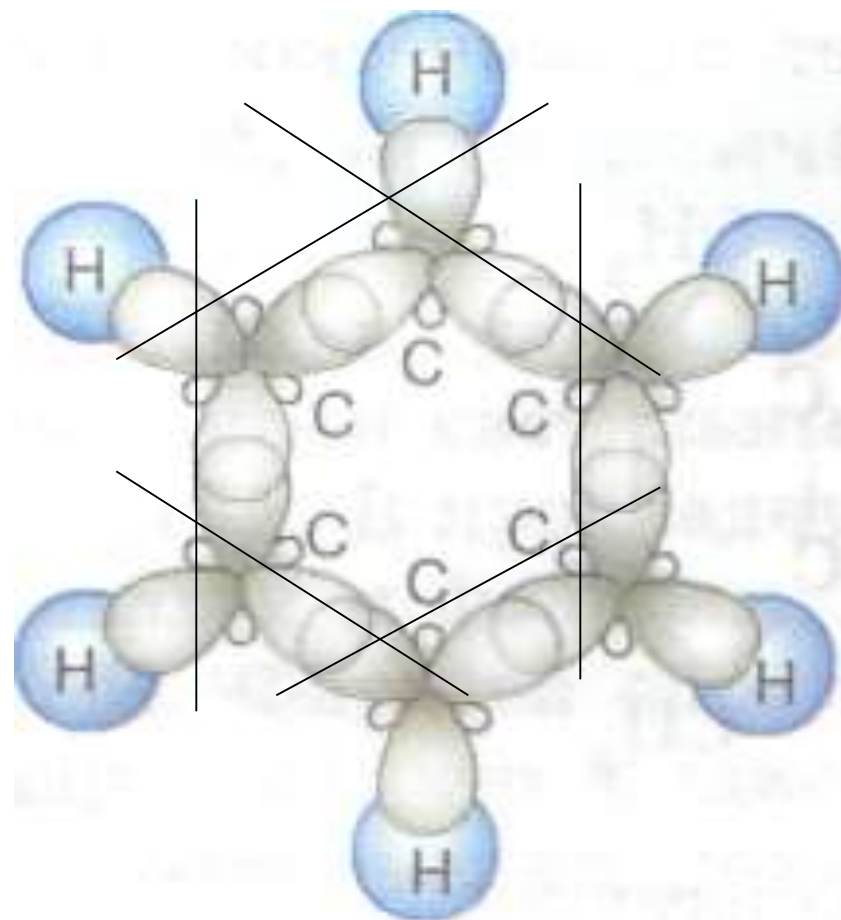
Цикл из шести атомов  
углерода, связанных  
ароматической связью,  
называется **бензольным  
кольцом или  
бензольным ядром.**



# Строение бензола

## *Схема образования сигма – связей в молекуле бензола.*

- 1) Тип гибридизации - **sp<sup>2</sup>**
- 2) между атомами углерода и углерода и водорода образуются сигма – связи, лежащие в одной плоскости.
- 3) валентный угол – 120 градусов
- 4) длина связи С-С 0,140нм



# Физические свойства аренов

## Бензол

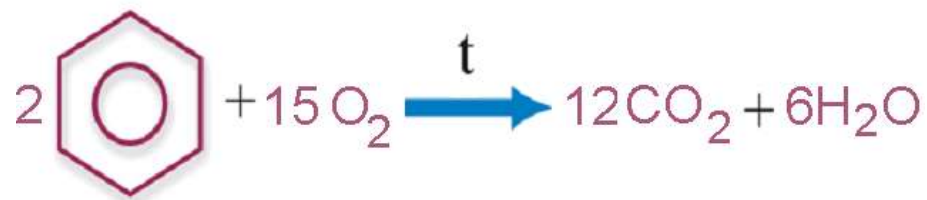
- Бесцветная, летучая, огнеопасная жидкость
- С неприятным запахом
- Легче воды ( $\rho=0,88 \text{ г/см}^3$ )
- Не смешивается с водой
- Растворим в органических растворителях
- Сам является растворителем.
- Бензол кипит при  $80,1 \text{ }^\circ\text{C}$
- При охлаждении легко застывает в белую кристаллическую массу
- *Бензол и его пары ядовиты*
- *Систематическое вдыхание его паров вызывает анемию и лейкемию.*



# Химические свойства аренов

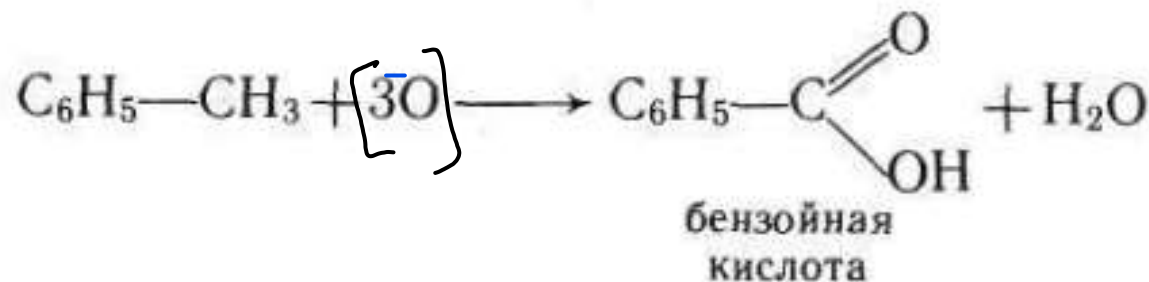
## 1) Реакции окисления

### 1. Горение



2. НЕ обесцвечивает раствор перманганата калия и бромную воду.

3. Каталитическое окисление.

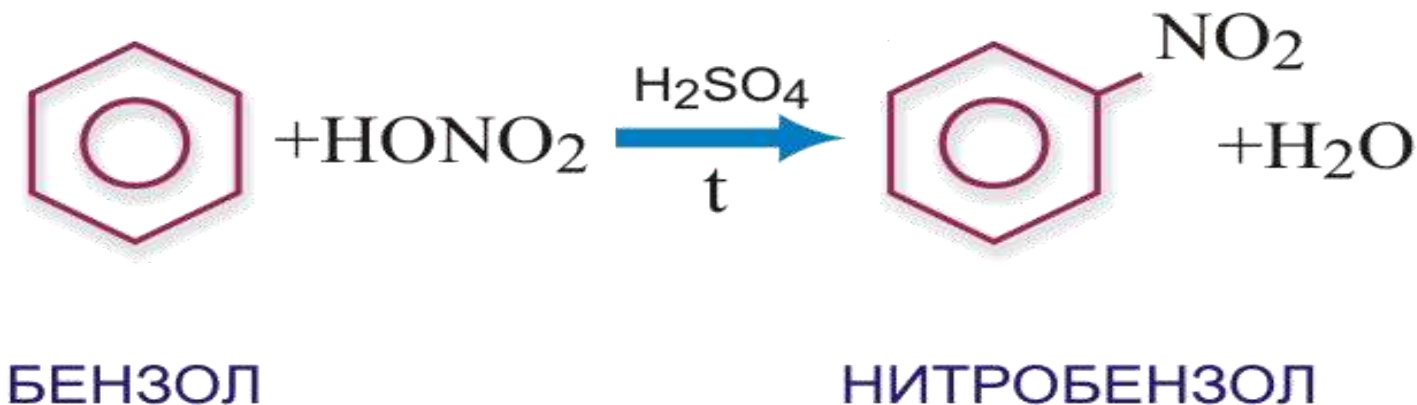


Реакции замещения протекают легче чем у предельных углеводородов



# Химические свойства аренов

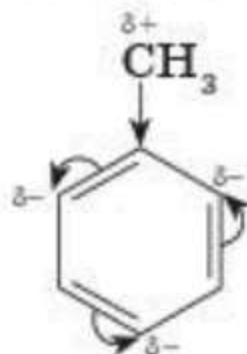
## 2) Нитрование (+HNO<sub>3</sub>)



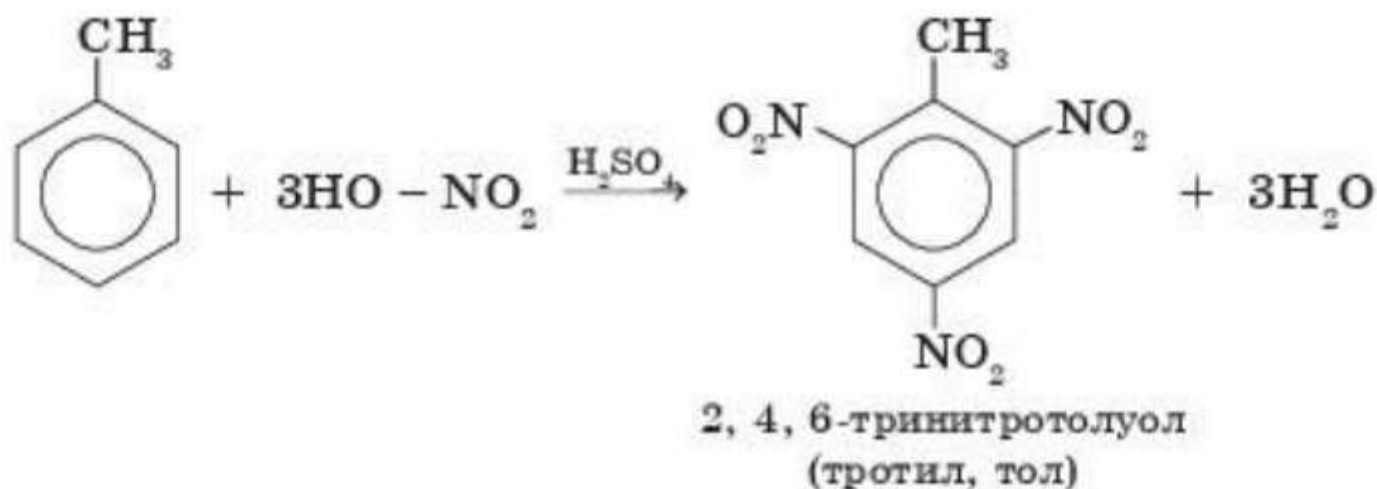
Нитрующая смесь = конц. Серная кислота +  
конц. Азотная кислота

Реакции замещения протекают легче чем у предельных углеводородов

Гомологи бензола, вследствие взаимного влияния атомов в бензольном кольце, реагируют с азотной кислотой иначе:



Замещение происходит в трех положениях бензольного кольца: 2, 4, 6 (орто-, пара-положениях):

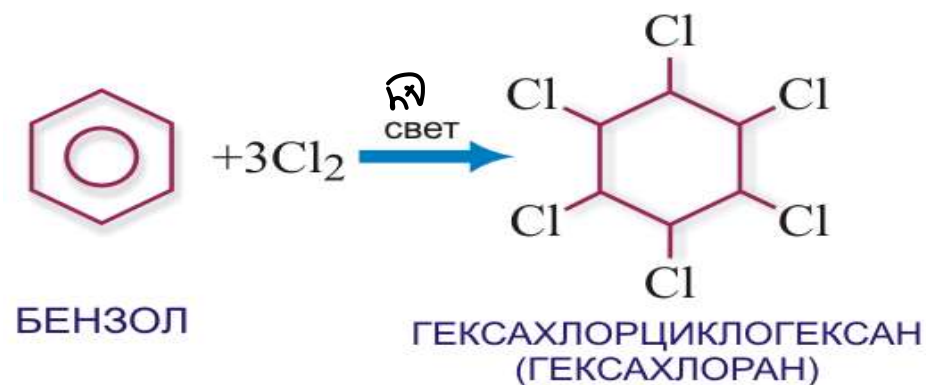


Вследствие такой реакции образуется сильно взрывчатое вещество тротил, который применяют для взрывных работ (при прокладке туннелей, шахт, метро и т. д.).

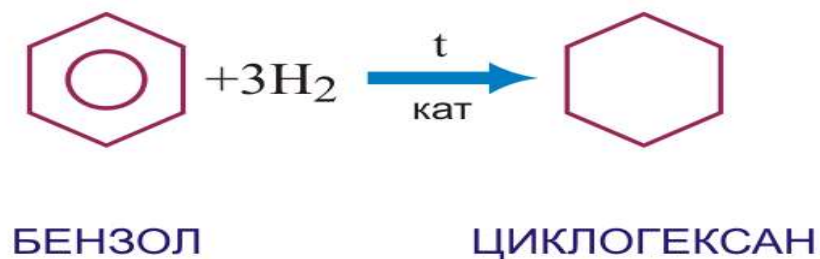
# Химические свойства аренов

## 2. Реакции присоединения

### 1) Хлорирование



### 2) Гидрирование



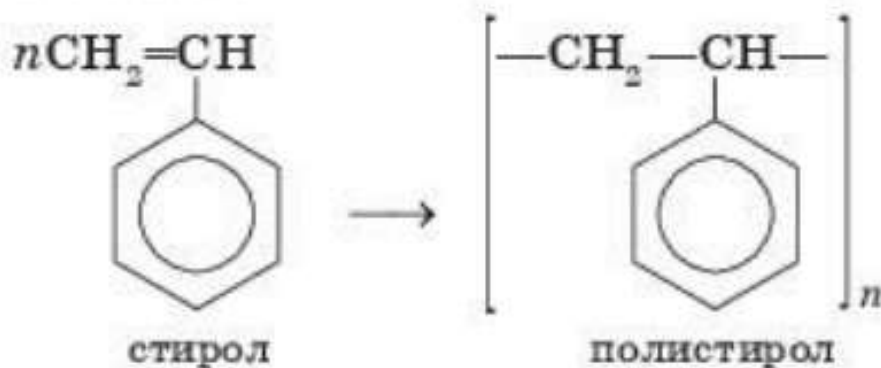
Реакции присоединения протекают труднее чем у непредельных углеводородов



Рис 4. Бензойная кислота

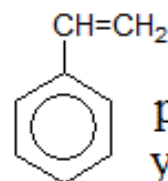
Среди ароматических углеводородов есть разновидности таких веществ, в которых есть радикалы, содержащие кратные связи. Таким веществом является, например, винилбензол (полистирол) (рис. 5):

Этот углеводород обладает и свойствами гомологов бензола, но проявляет и свойства непредельных углеводородов. Винилбензол обесцвечивает бромную воду, реагирует с галогеноводородами и т. д. Но самым важным свойством стирола является реакция полимеризации, в результате которой получается полимер-полистирол:



Из полистирола изготавливают разнообразную продукцию.

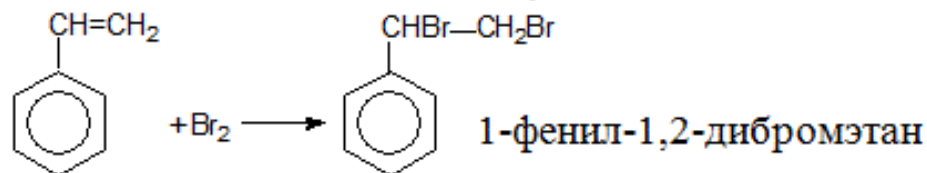
Стирол – не является гомологом бензола!



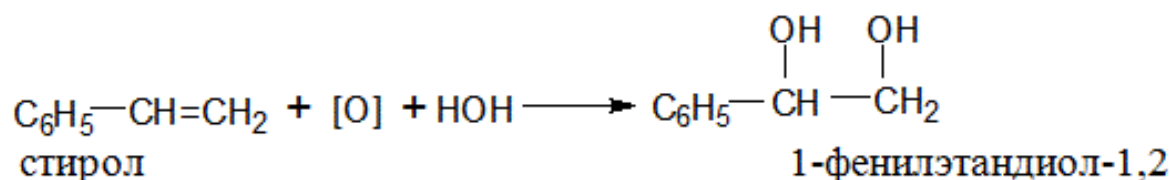
Стирол (винилбензол) – производное бензола, у которого один атом Н замещен на радикал  $\text{CH}_2=\text{CH}$  – винил. Его можно рассматривать и как производное этилена, у которого один атом Н замещен на ароматический радикал  $\text{C}_6\text{H}_5$  – фенил.

### Химические свойства:

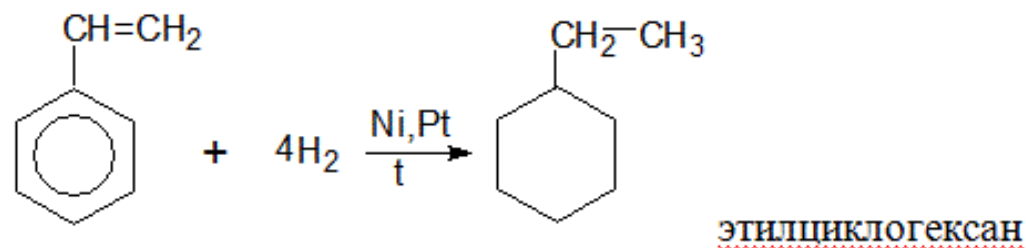
1. С бромной водой (обесцвечивание) – по месту разрыва двойной связи:



2. Реакция Вагнера (обесцвечивание раствора  $\text{KMnO}_4$ ):  $[\text{O}]$  – условный окислитель



3. Гидрирование (по кольцу и по двойной связи):

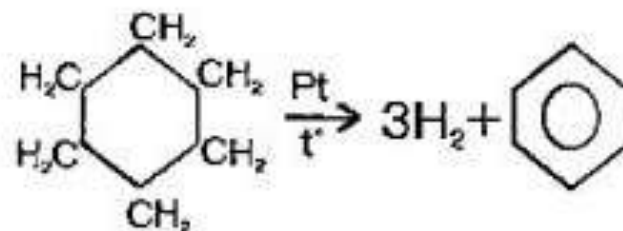


# Получение аренов

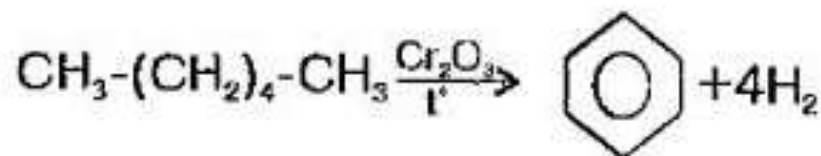
**П** 1. Выделение из природных источников (нефти, каменного угля)

**О** 2. Ароматизация нефти:

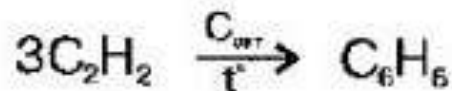
**Л** а) дегидрирование  
**у** циклопарафинов



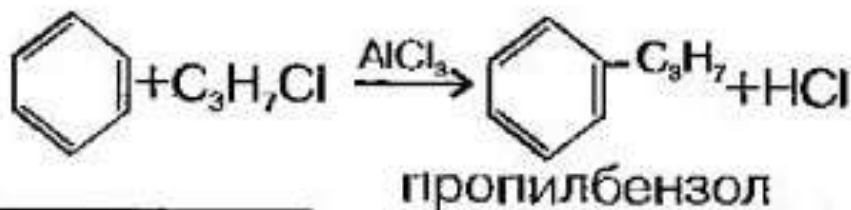
**Ч** б) циклизация и  
**Е** дегидрирование  
алканов



**Н** 3. Тримеризация  
**И** алкинов



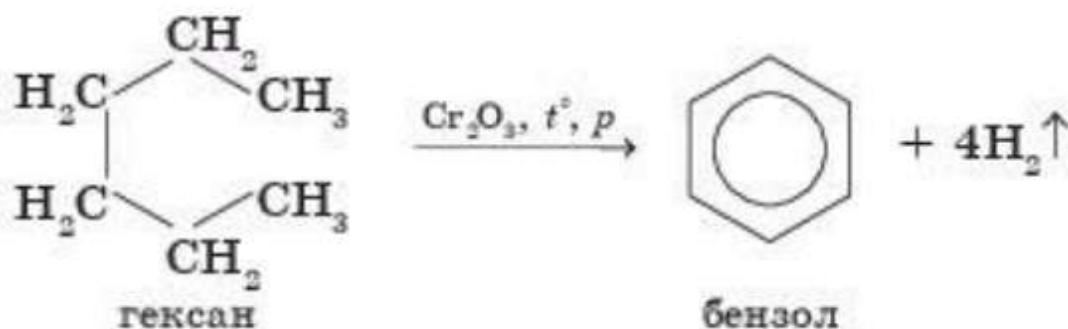
**Е** 4. Алкилирование  
бензола



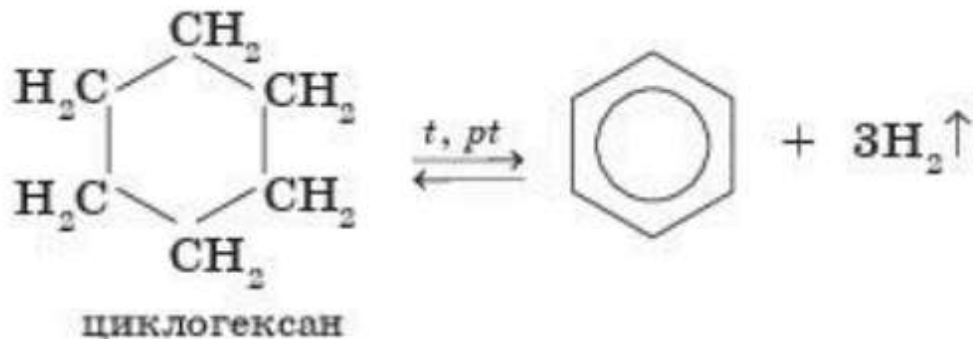


# Получение аренов

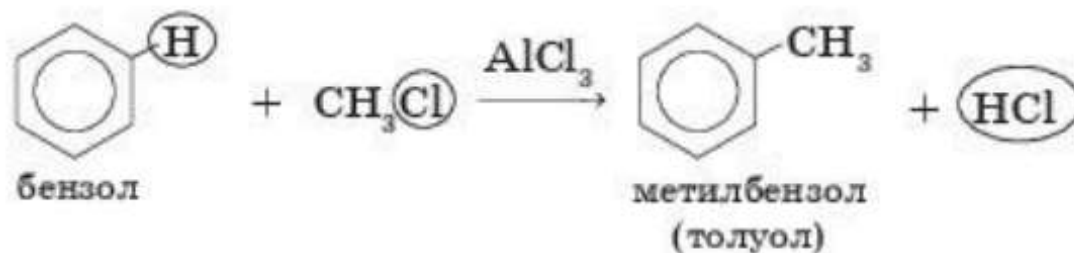
**1. Ароматизация алканов.** Предельные углеводороды, входящие в состав нефти, при пропускании над нагретым катализатором отщепляют водород и замыкаются в цикл. Этот процесс называется *ароматизацией*. При ароматизации гексана образуется бензол



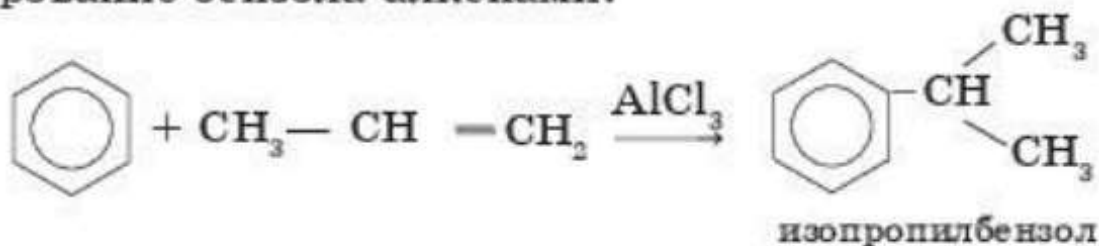
**2. Дегидрирование циклогексана и его производных.** Русский ученый Н. Д. Зелинский доказал, что бензол можно получить из циклогексана, выделяемого из некоторых сортов нефти:



3. Алкилирование бензола галогеналканами в присутствии катализатора  $\text{AlCl}_3$  (Реакция Фриделя – Крафтса) получают производные бензола:



Алкилирование бензола алкенами:



4. При дегидрировании этилбензола образуется производное бензола с неопределенной боковой цепью — винилбензол (стирол)  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$



Важнейшими источниками ароматических углеводородов являются каменноугольная смола и газы, образующиеся при коксовании углей и перегонке нефти.



# Применение аренов

- ✓ **Бензол  $C_6H_6$**  используется как исходный продукт для получения различных ароматических соединений – нитробензола, хлорбензола, анилина, фенола, стирола и т.д., применяемых в производстве лекарств, пластмасс, красителей, ядохимикатов и многих других органических веществ.
- ✓ **Толуол  $C_6H_5-CH_3$**  применяется в производстве красителей, лекарственных и взрывчатых веществ (тротил, тол).
- ✓ **Ксилолы  $C_6H_4(CH_3)_2$**  в виде смеси трех изомеров (орто-, мета- и пара-ксилолов) – технический ксилол – применяется как растворитель и исходный продукт для синтеза многих органических соединений.
- ✓ **Изопропилбензол (кумол)  $C_6H_4-CH(CH_3)_2$**  – исходное вещество для получения фенола и ацетона.
- ✓ **Винилбензол (стирол)  $C_6H_5-CH=CH_2$**  используется для получения ценного полимерного материала полистирола.