



# **АРЕНЫ. БЕНЗОЛ И ЕГО ГОМОЛОГИ**

**ХИМИЯ, 10 КЛАСС**

# СЛОВАРЬ

**Ароматические соединения** (от греч. *âroma* — благовоние), класс органических циклических соединений, все атомы которых участвуют в образовании единой сопряжённой системы; p-электроны такой системы образуют устойчивую, т. е. замкнутую, электронную оболочку.

Название «Ароматические соединения» закрепилось вследствие того, что первые открытые и изученные представители этого класса веществ

Общая формула ароматических углеводородов

$C_n H_{2n-6}$  (n не менее 6)

# Номенклатура

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

$C_6H_5-R$  (алкилбензол),  $R-C_6H_4-R$   
(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**

$C_6H_5-CH_3$   
метилбензол

$C_6H_5-C_2H_5$   
этилбензол

$C_6H_5-C_3H_7$   
пропилбензол

# История открытия

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



**Иоганн  
Глаубер**

Своё второе рождение бензол получил благодаря работам Фарадея.

Бензол был открыт в **1825** году английским физиком **Майклом Фарадеем**, который выделил его из жидкого конденсата



**Майкл  
Фарадей**

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)



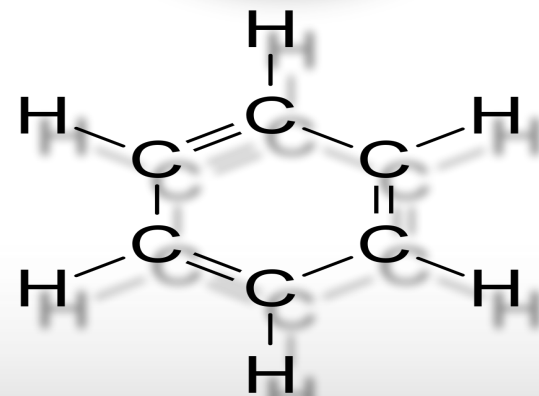
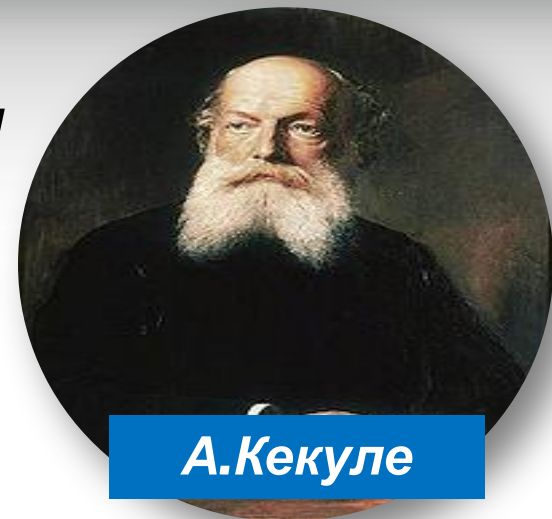
**Эйльгард  
Мичерлих**

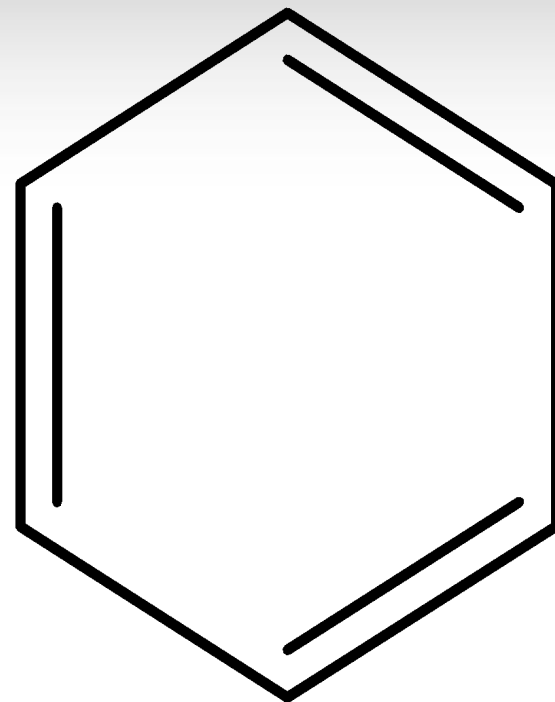
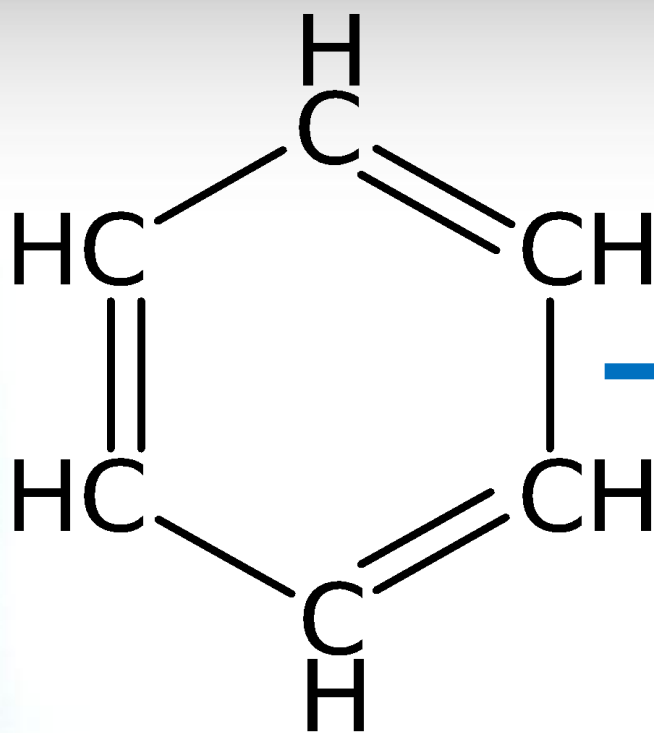
# Структурная формула бензола

Была предложена немецким ученым А. Кекуле в 1865 году

**НО**

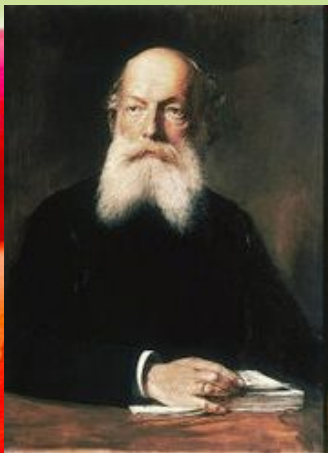
Бензол *не взаимодействует* с бромной водой и раствором перманганата калия!





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

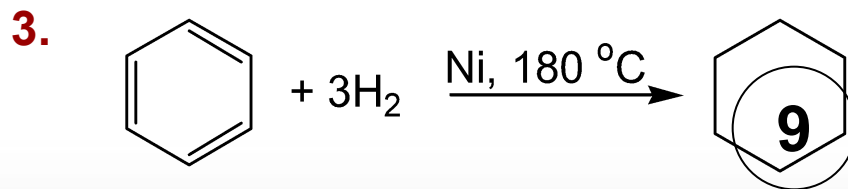
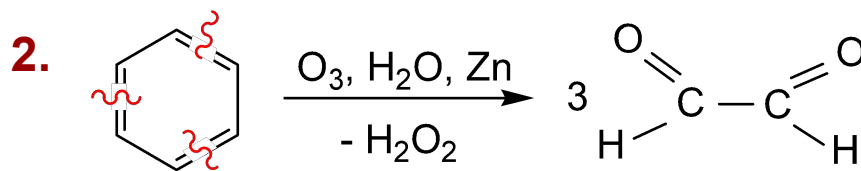
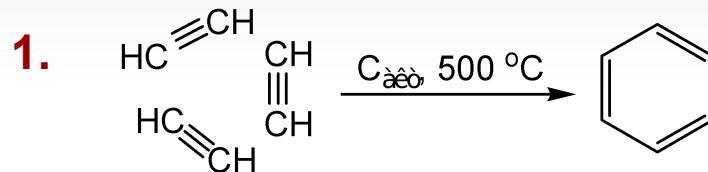
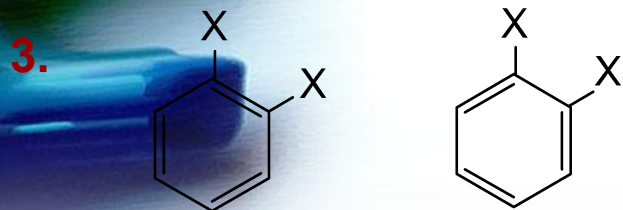
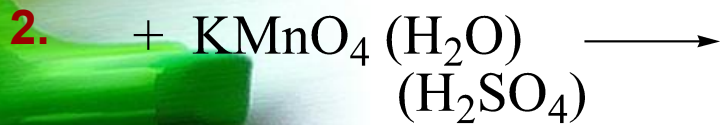




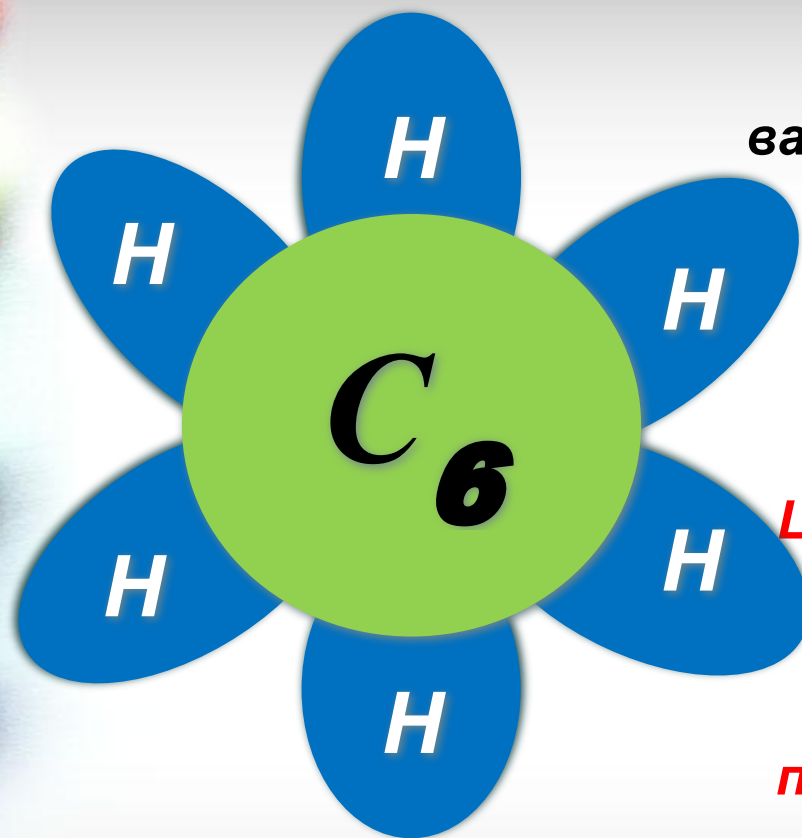
# Формула Кекуле и ее противоречивость

**против!**

**за!**



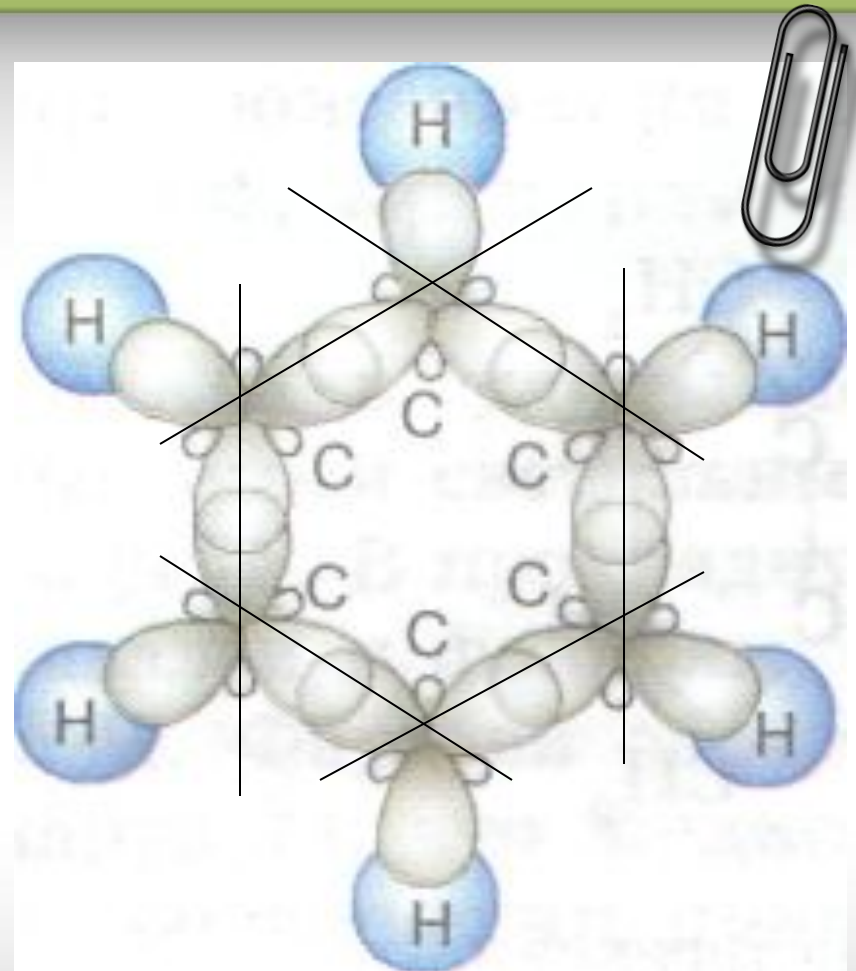
# Строение бензола



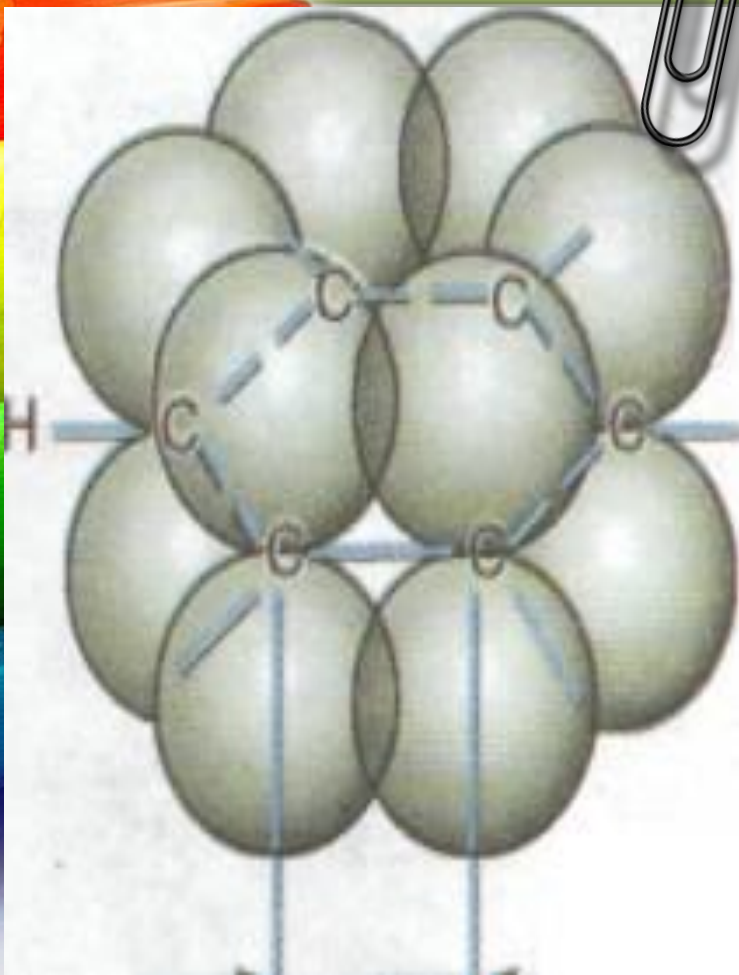
В свое время было предложено много вариантов структурных формул бензола, **но ни одна из них не смогла удовлетворительно объяснить его особые свойства.** Цикличность строения бензола подтверждается тем фактом, что его **однозамещенные производные не имеют изомеров.**

# Схема образования сигма – связей в молекуле бензола.

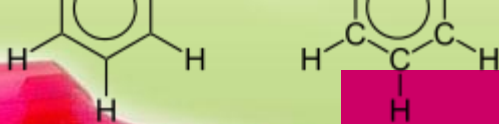
- ❑ 1) Тип гибридизации -  **$sp^2$**
- ❑ 2) между атомами углерода и углерода и водорода образуются сигма – связи, **лежащие в одной плоскости.**
- ❑ 3) валентный угол – **120 градусов**
- ❑ 4) длина связи C-C **0,140 нм**



# Схема образования пи – связей в молекуле бензола



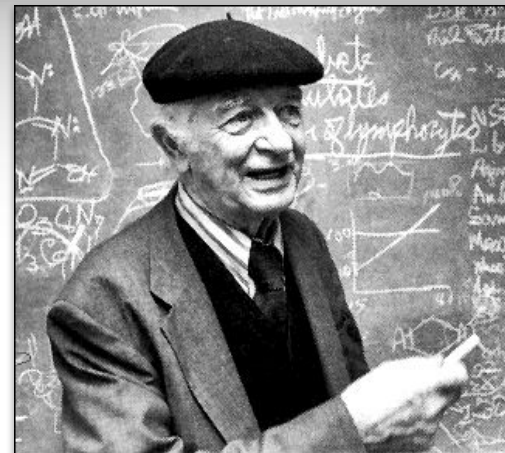
За счет негибридных **p – электронных** облаков в молекуле бензола перпендикулярно плоскости образования сигма - связей образуется единая **p- электронная** система, состоящая из **6 p – электронов** и общая для всех атомов углерода.



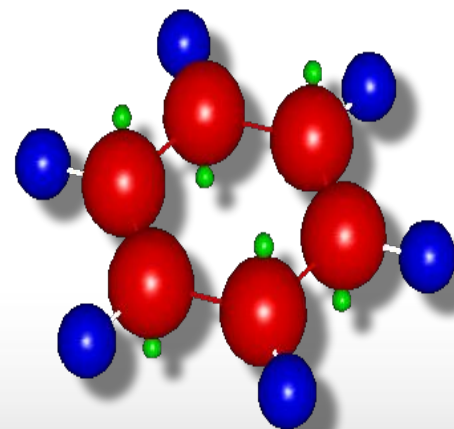
# Электронное строение бензола

- 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



# Современная структурная формула бензола.

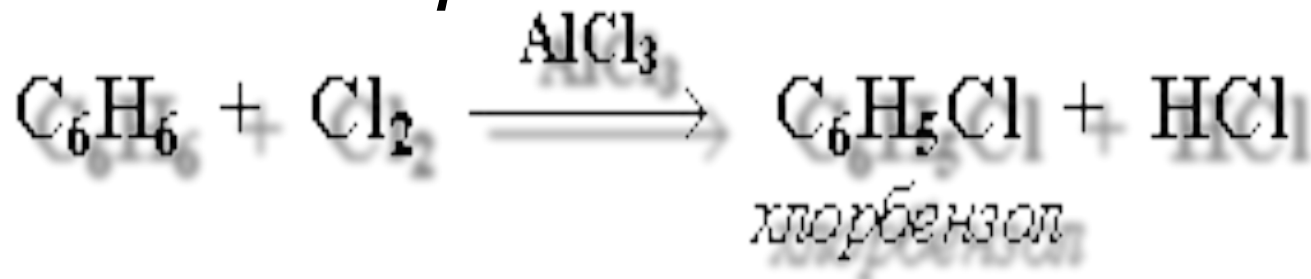
- Сочетание шести сигма – связей с единой  $\pi$  – системой называется **ароматической связью**
- Цикл из шести атомов углерода, связанных ароматической связью, называется **бензольным кольцом** или **бензольным ядром.**



# Реакции замещения.

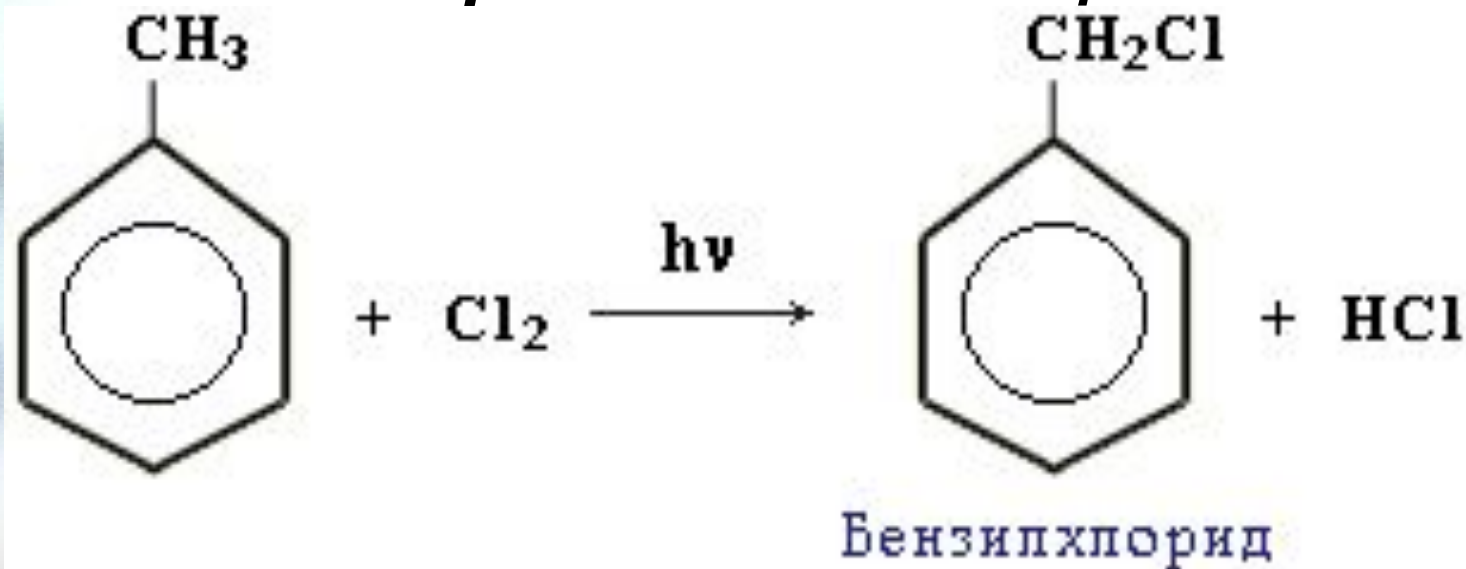
## 1) Галогенирование

При взаимодействии бензола с галогеном (в данном случае с хлором) атом водорода ядра замещается галогеном.



# Реакции замещения.

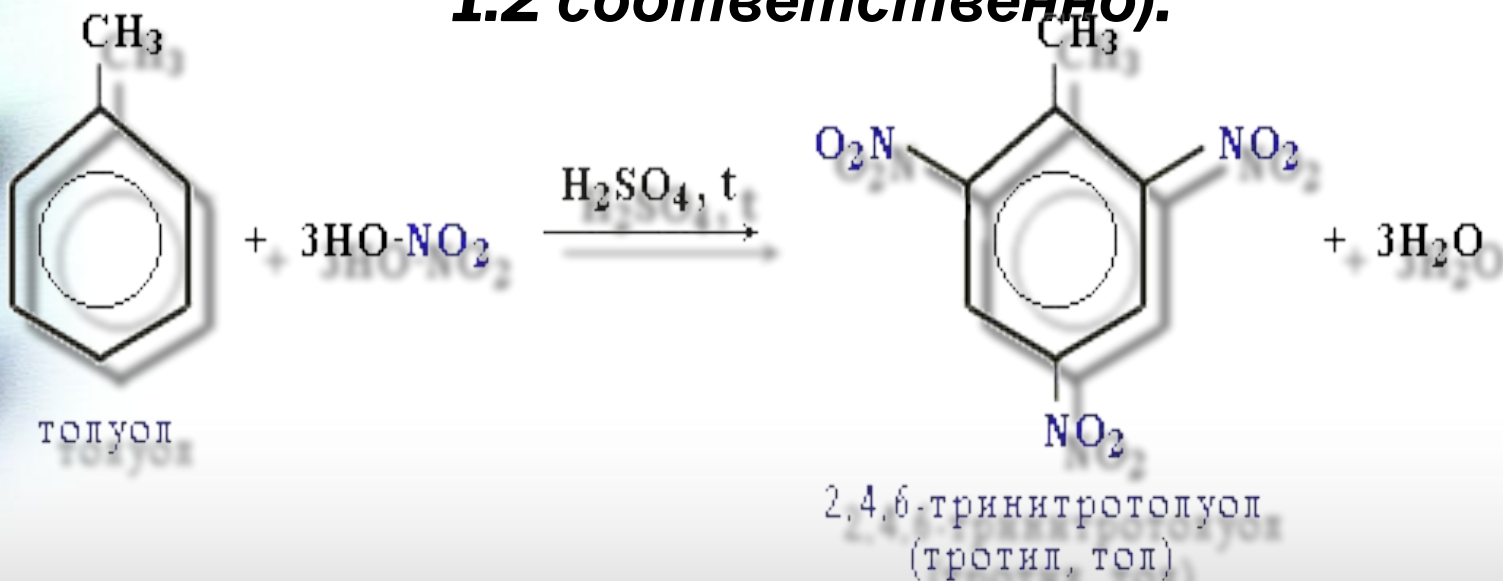
В случае **гомологов бензола** более легко происходит реакция радикального замещения атомов водорода в боковой цепи





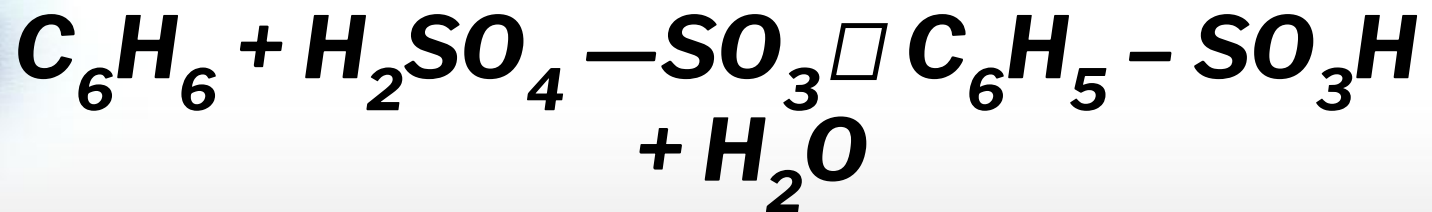
# Реакции замещения.

**2) Нитрование.** При действии на бензол нитрующей смеси атом водорода замещается нитрогруппой (нитрующая смесь – это смесь концентрированных азотной и серной кислот в соотношении 1:2 соответственно).



# Реакции замещения.

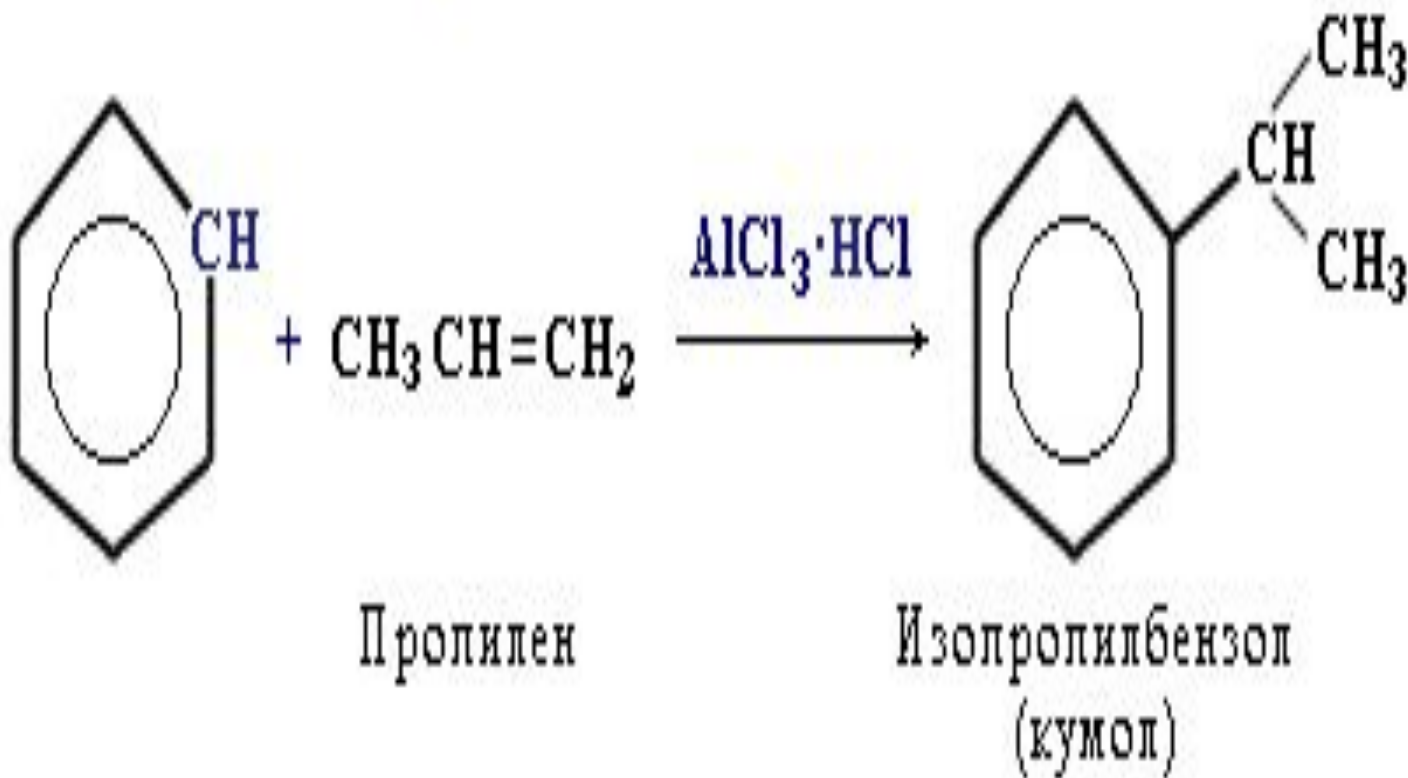
**3) Сульфирование**  
осуществляется  
концентрированной серной  
кислотой или олеумом. В процессе  
реакции водородный атом  
замещается сульфогруппой.



(бензолсульфокислота)

# Реакции замещения.

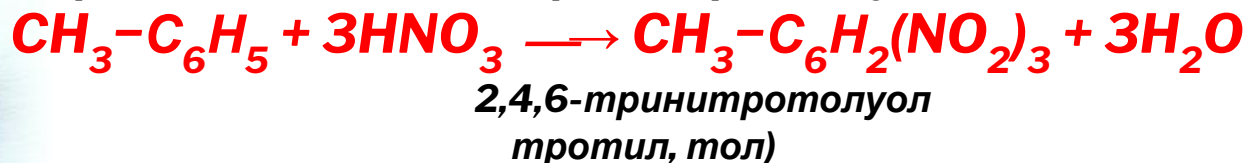
## Алкилирование бензола алкенами



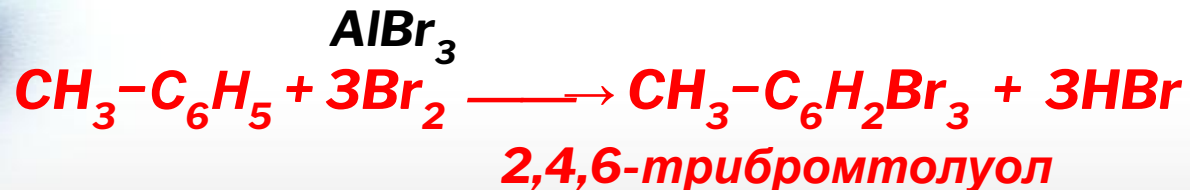
# Реакции замещения с гомологами бензола

Гомологи бензола (алкилбензолы)  $C_6H_5-R$  более активно вступают в реакции замещения по сравнению с бензолом.

Например, при нитровании толуола  $C_6H_5CH_3$  ( $70^\circ C$ ) происходит замещение не одного, а трех атомов водорода с образованием 2,4,6-тринитротолуола:




При бромировании толуола также замещаются три атома водорода:



# Реакции присоединения

Несмотря на склонность бензола к реакциям замещения, он в жестких условиях вступает и в **реакции присоединения.**





# Реакции присоединения

## 5) Гидрирование.

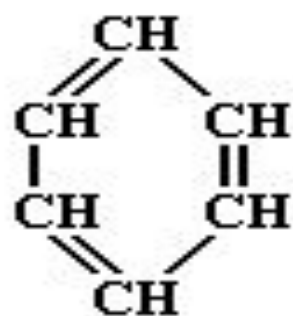
Присоединение водорода осуществляется только в присутствии **катализаторов** и при **повышенной температуре**.

Бензол гидрируется с образованием циклогексана, а производные бензола дают производные циклогексана.

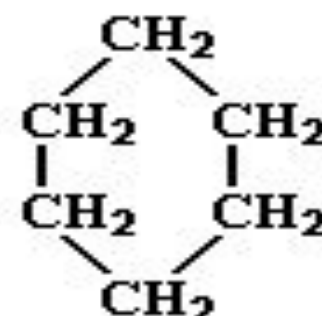
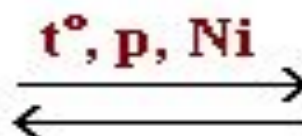
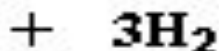


# Реакции присоединения

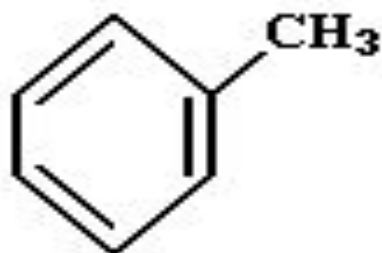
## Гидрирование бензола и его гомологов



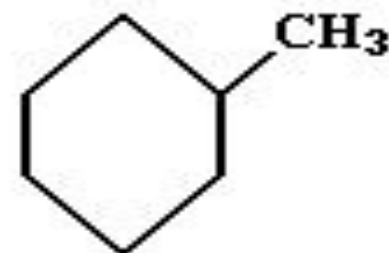
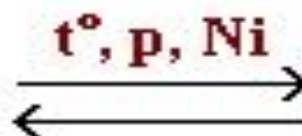
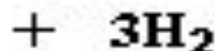
Бензол




Циклогексан



Метилбензол  
(толуол)



Метилцикло-  
гексан



# Реакции присоединения

## **б) Галогенирование.**

### **Радикальное хлорирование**

**В условиях радикальных реакций**

**(ультрафиолетовый свет,  
повышенная температура)**

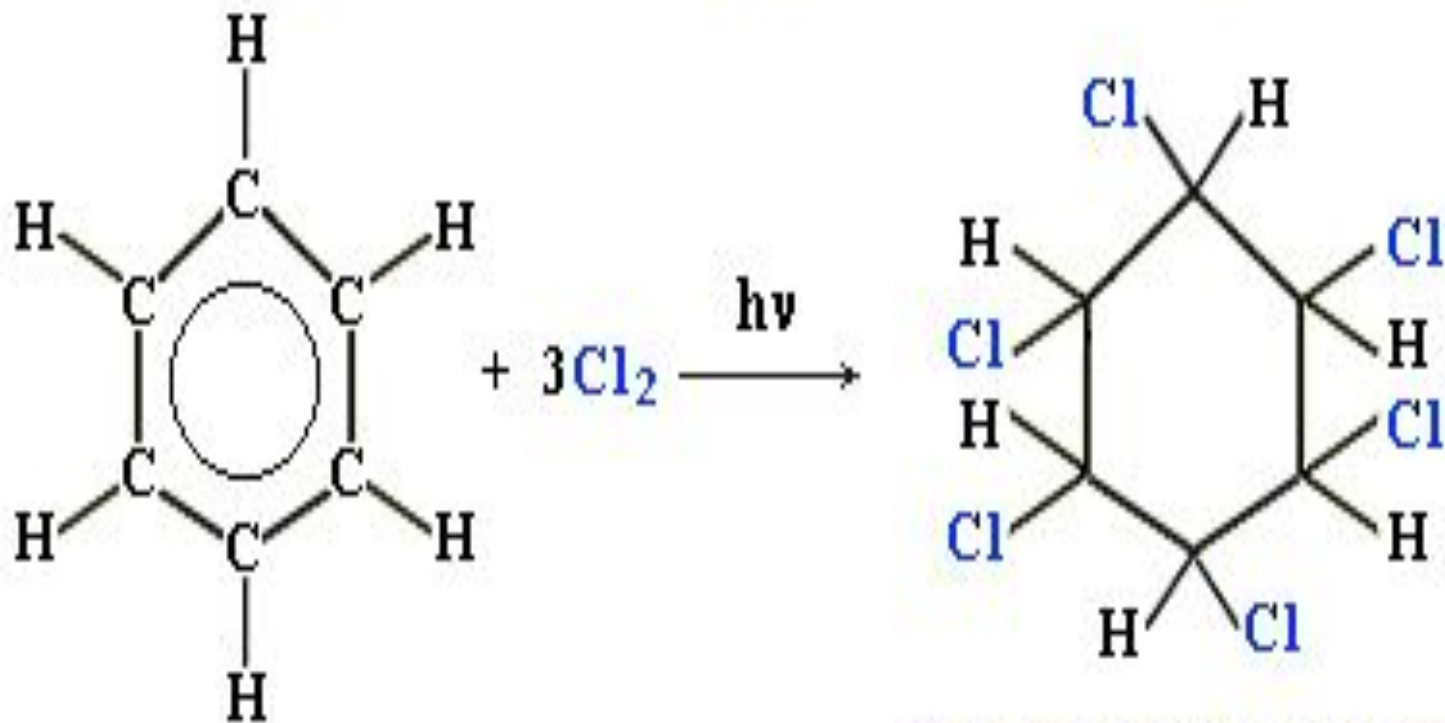
**возможно присоединение галогенов  
к ароматическим соединениям. При  
радикальном хлорировании бензола  
получен "гексахлоран" (средство  
борьбы с вредными насекомыми).**





# Реакции присоединения

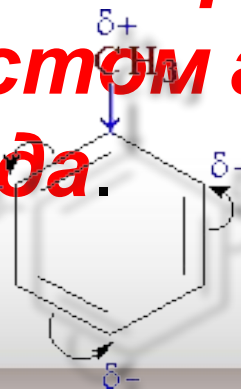
Радикальное хлорирование на свету



Гексахлорциклогексан  
(гексахлоран)

# Запомните

Если в молекуле бензола один из атомов водорода **замещен на углеводородный радикал**, то в дальнейшем **в первую очередь** будут замещаться атомы **водорода при втором, четвертом и шестом атомах углерода**.

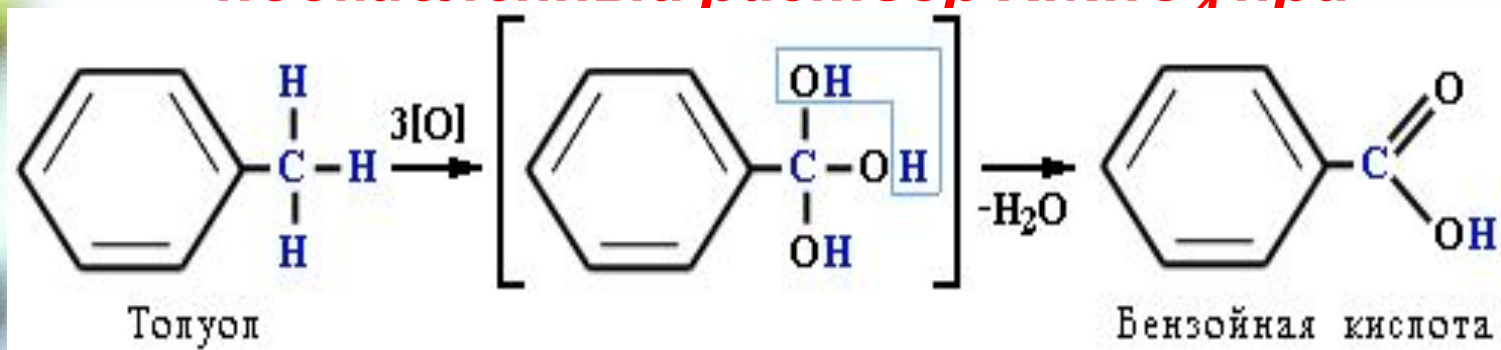


**+I**-эффект  
группы  $-CH_3$

# Реакции окисления

## 7) Реакции окисления.

Толуол, в отличие от метана, окисляется в мягких условиях (обесцвечивает подкисленный раствор  $\text{KMnO}_4$ , при



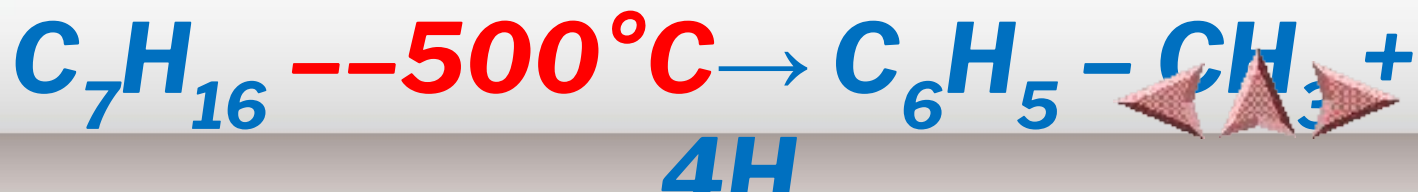
В толуоле окисляется не бензольное кольцо, а метильный радикал.


## 8) Горение.



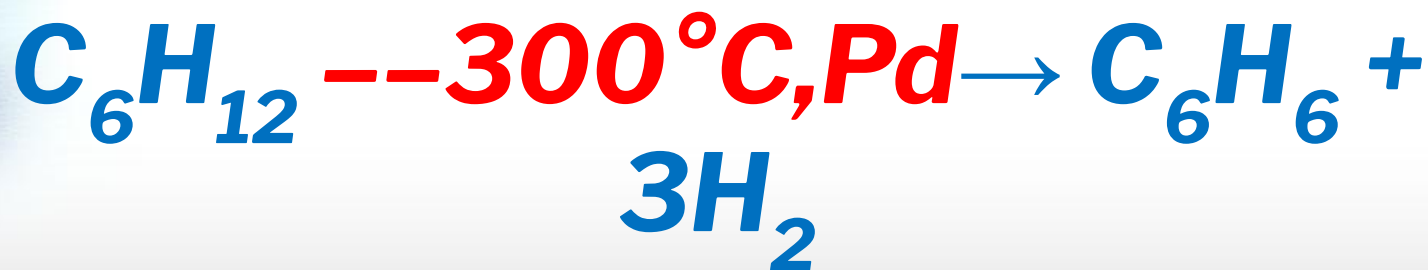
# Получение


1) **Каталитическая дегидроциклизация алканов, т.е. отщепление водорода с одновременной циклизацией (способ Б.А.Казанского и А.Ф.Платэ). Реакция осуществляется при повышенной температуре с использованием катализатора, например оксида хрома**





**2) Каталитическое дегидрирование циклогексана и его производных (Н.Д.Зелинский). В качестве катализатора используется палладиевая чернь или платина при 300°С.**






**3) Циклическая тримеризация ацетилен и его гомологов над активированным углем при 600°С (Н.Д.Зелинский).**

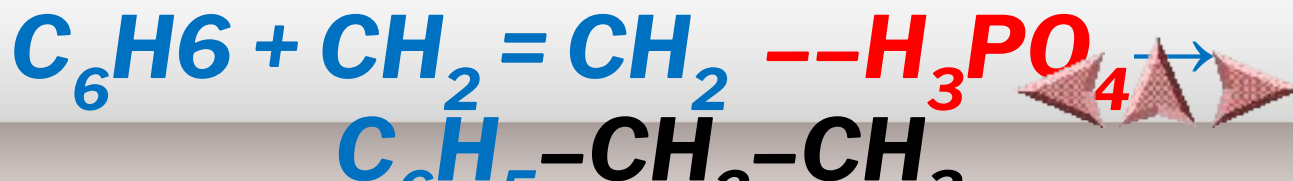


**4) Сплавление солей ароматических кислот со щелочью или натронной известью.**



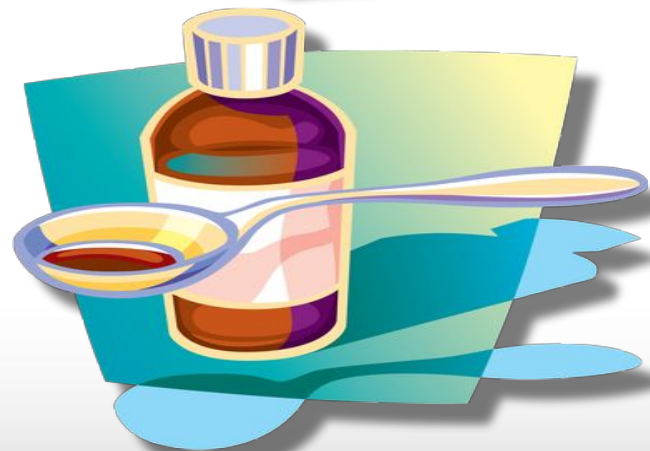


**5) Алкилирование собственно бензола галогенопроизводными (реакция Фриделя-Крафтса) или олефинами.**



# Применение

**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.**





# Применение

- **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.

