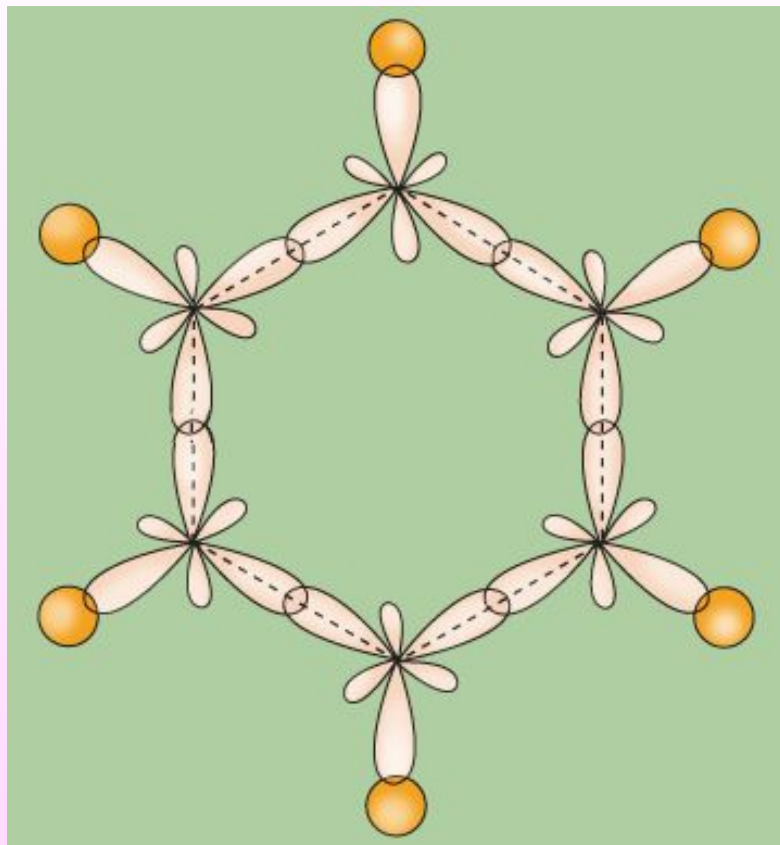


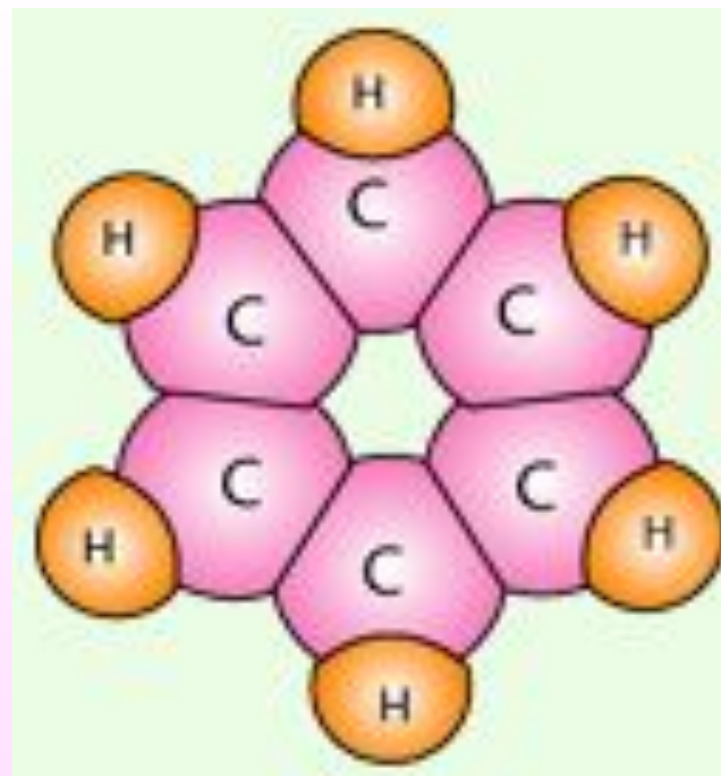
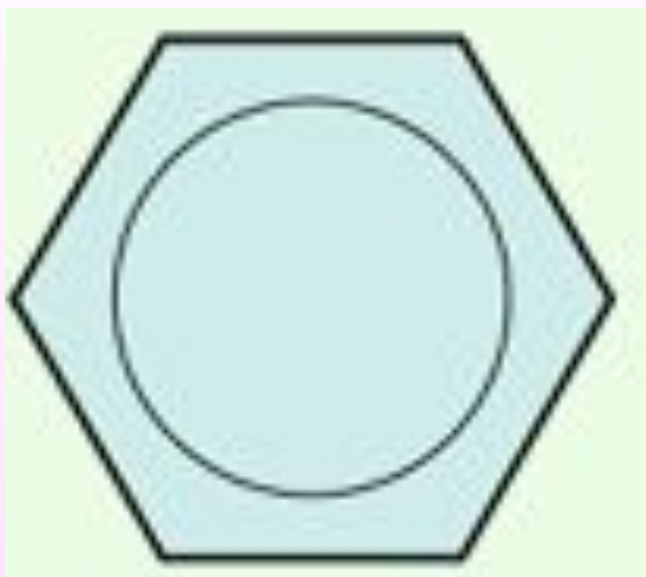
*Арены*

**Бензол  $C_6H_6$  – родоначальник ароматических углеводородов.**



**Каждый из шести атомов углерода в его молекуле находится в состоянии  $sp^2$ -гибридизации и связан с двумя соседними атомами углерода и атомом водорода тремя  $\sigma$ -связями. Валентные углы между каждой парой  $\sigma$ -связей равны  $120^\circ$ . Все связи C–C в бензоле равноценны, их длина равна 0,140 нм.**





**p-электроны всех атомов углерода взаимодействуют между собой путем бокового перекрывания соседних  $2p$ -АО, расположенных перпендикулярно плоскости  $\sigma$ -скелета бензольного кольца. Они образуют единое циклическое  $\pi$ -электронное облако, сосредоточенное над и под плоскостью кольца .**

**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.

Общая формула гомологического ряда бензола  $C_nH_{2n-6}$  (n не менее 6).

**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

$C_6H_5-C_2H_5$        $C_6H_5-C_3H_7$   
этилбензол      пропилбензол

[\(толуол\)](#)

# Химические свойства

Для ароматических соединений наиболее типичны реакции *электрофильного замещения*.

Другие реакции (присоединение, окисление) идут с трудом.

*Реакции замещения*

*Реакции присоединения*

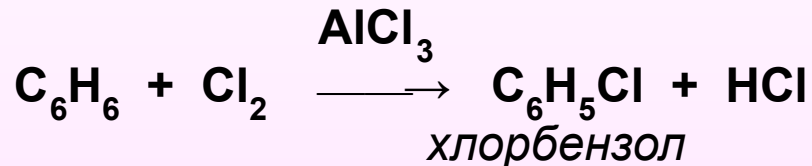
*Реакции окисления*



# Реакции замещения в бензольном кольце

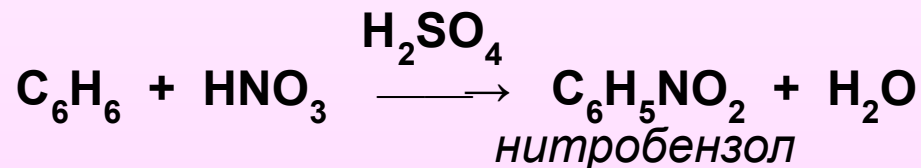
## 1. Галогенирование

Замещение атома водорода в бензольном кольце на галоген происходит в присутствии катализаторов (кислот Льюиса):

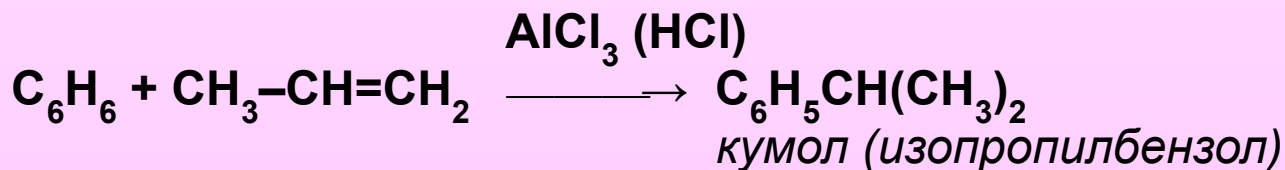
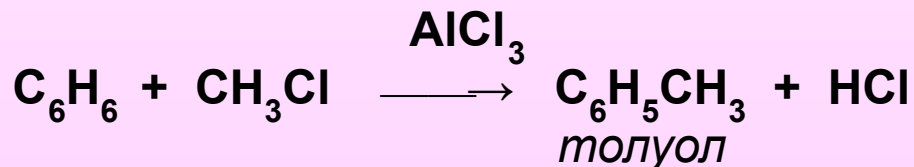


## 2. Нитрование

Бензол реагирует с нитрующей смесью (смесью концентрированных азотной и серной кислот):



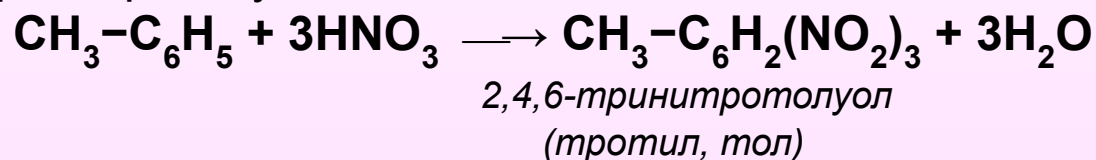
## 3. Алкилирование (реакция Фриделя-Крафтса)



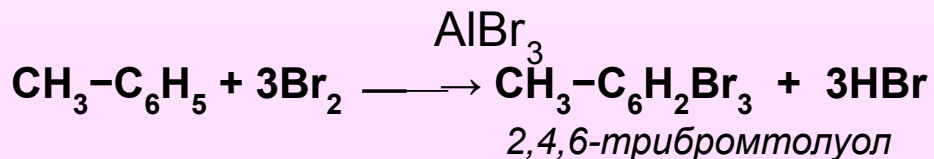
# Замещение в алкилбензолах

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

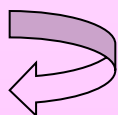
Например, при нитровании толуола  $C_6H_5CH_3$  (70 °С) происходит замещение не одного, а трех атомов водорода с образованием 2,4,6-тринитротолуола:



При бромировании толуола также замещаются три атома водорода:



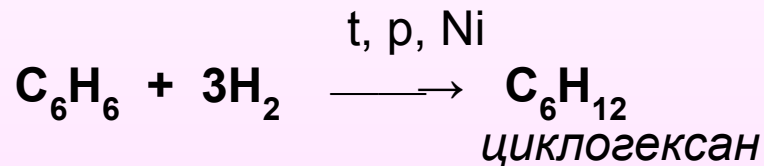
## Правила ориентации



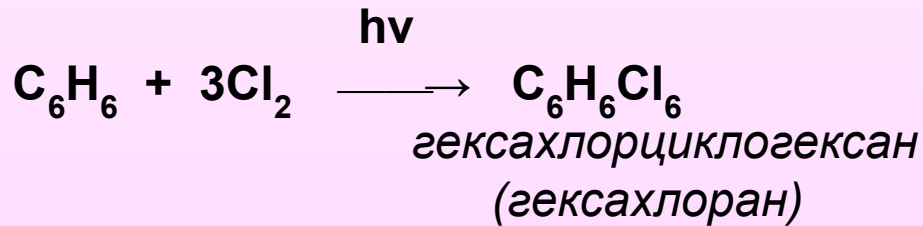
# Реакции присоединения

В реакции присоединения, приводящие к разрушению ароматической структуры бензольного кольца, арены могут вступать с большим трудом.

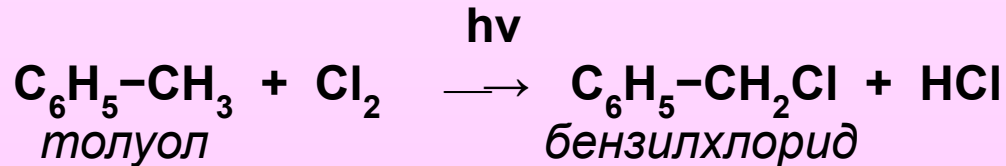
## 1. Гидрирование



## 2. Радикальное хлорирование на свету



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



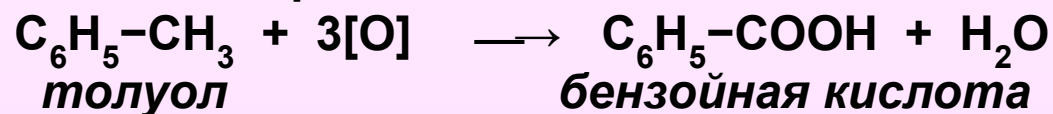


## Реакции окисления

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.

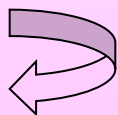
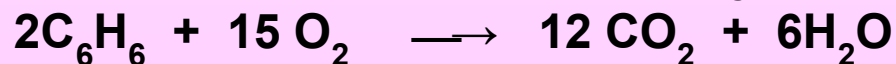
В отличие от бензола его гомологи окисляются довольно легко.

1. При действии раствора  $\text{KMnO}_4$  и нагревании в гомологах бензола окислению подвергаются только боковые цепи:



Окисление других гомологов (этилбензол, пропилбензол и т.д.) также приводит к образованию бензойной кислоты. Разрыв связи при этом происходит между двумя ближайшими к кольцу атомами углерода в боковой цепи

2. Бензол и его гомологи на воздухе горят коптящим пламенем, что обусловлено высоким содержанием углерода в их молекулах:



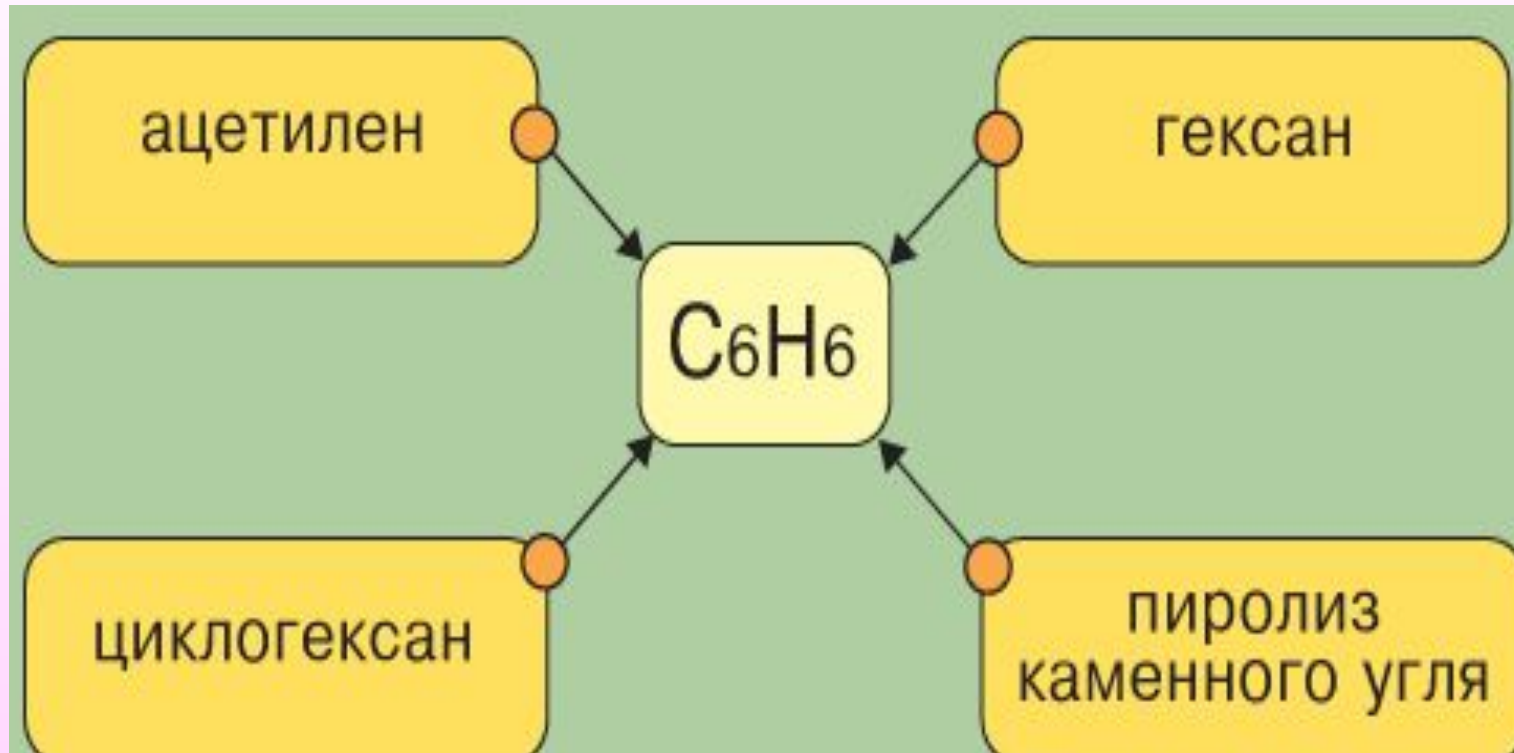
# Реакции окисления



# Реакции окисления



# Получение

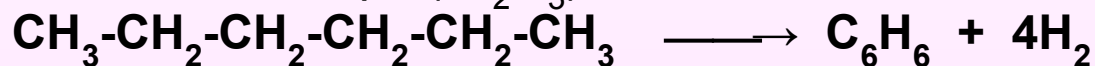


Основными природными источниками ароматических углеводородов являются каменный уголь и нефть.

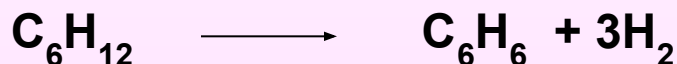
1. При **коксовании каменного угля** образуется каменноугольная смола, из которой выделяют бензол, толуол, ксилолы, нафталин и многие другие органические соединения.

## 2. Ароматизация нефти:

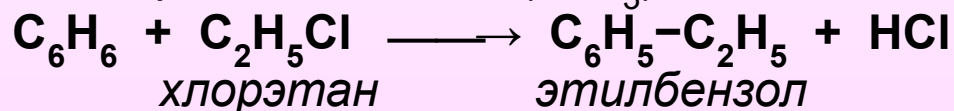
а) дегидроциклизация (дегидрирование и циклизация) алканов в присутствии катализатора ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )



б) дегидрирование циклоалканов

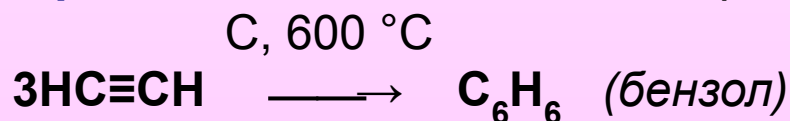


3. **Алкилирование бензола** галогеналканами или алкенами в присутствии безводного хлорида алюминия ( $\text{AlCl}_3$ )

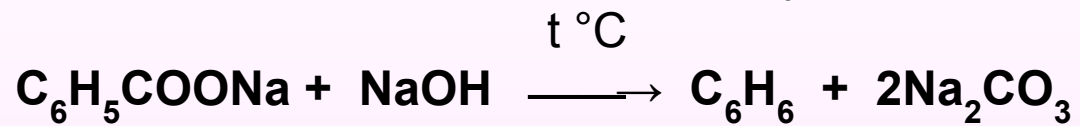


При дегидрировании этилбензола образуется производное бензола с непредельной боковой цепью – винилбензол (стирол)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH=CH}_2$  (исходное вещество для получения ценного полимера *полистирола*).

4. **Тримеризация алкинов** над активированным углем (*Зелинский*):



В лаборатории бензол можно получить из бензоата натрия



# 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.

**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.

**п-Ксилол** используется при получении полимерного материала *лавсан*, из которого изготавливают синтетические волокна и пленки.  
**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*.





**Толуол  $C_6H_5-CH_3$  применяется в производстве красителей, лекарственных и взрывчатых веществ (тротил, тол).**





## Вопросы для контроля

1. Какие вещества относят к аренам? Их общая формула?
2. Особенности строения молекулы бензола.
3. Какие химические свойства характерны для бензола?
4. Почему гомологи бензола активнее вступают в реакции замещения и окисления, чем бензол?
5. Как получают арены в промышленности?
6. Назовите области применения ароматических углеводородов.