

**Ароматические  
углеводороды.**

# Общая формула

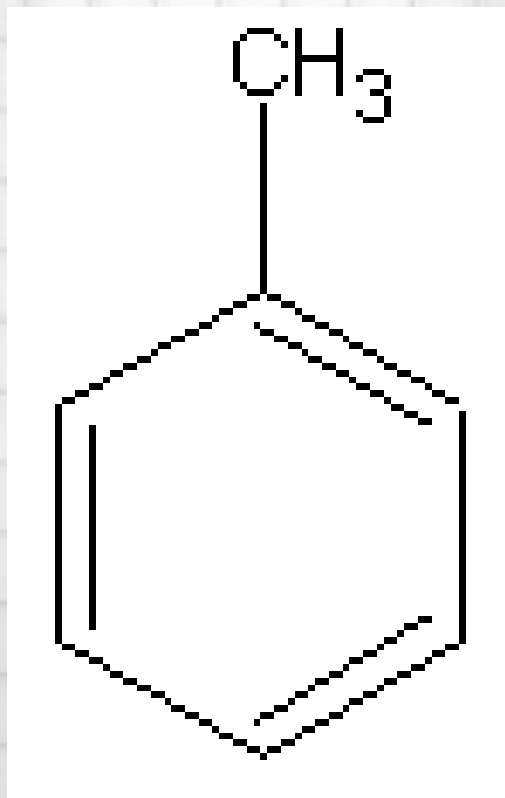
Арены – углеводороды, в молекулах которых содержится одно или несколько бензольных колец.

Общая формула  
гомологического ряда:

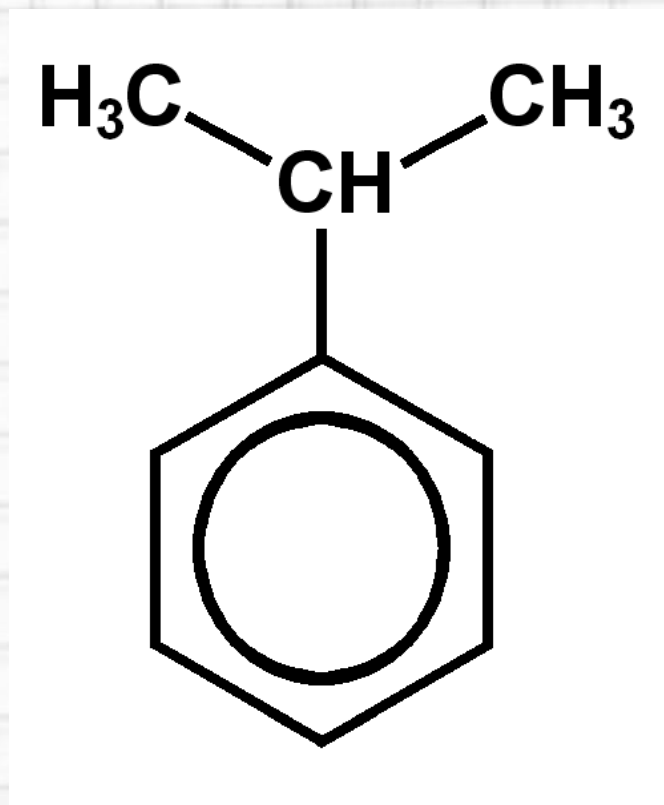
Где  $n \geq 6$



# Номенклатура аренов



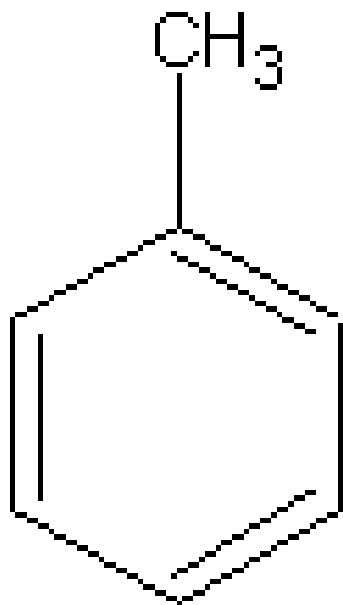
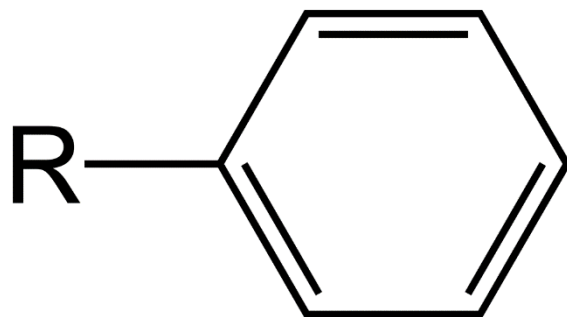
Метилбензол(толуол)



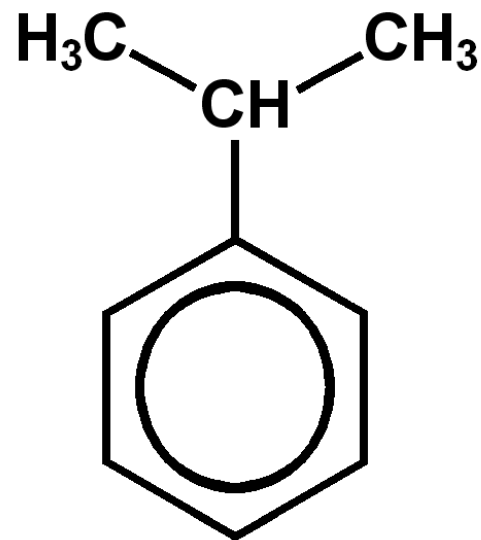
Изопропилбензол (кумол)

# Номенклатура аренов

Радикал ФЕНИЛ(свободная валентность у бензольного кольца)

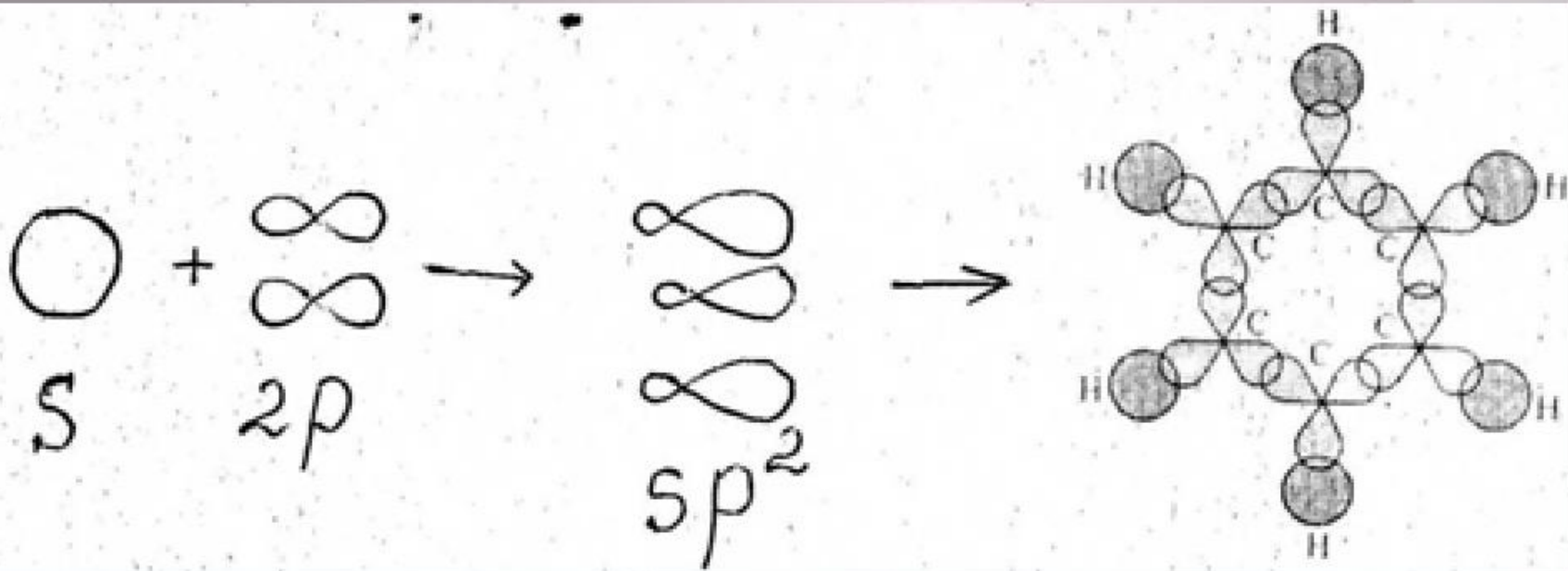


Толуол можно назвать фенилМЕТАН



Кумол (2-фенилПРОПАН)

# Строение молекулы бензола



# СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ БЕНЗОЛА

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФОРМУЛА БЕНЗОЛА

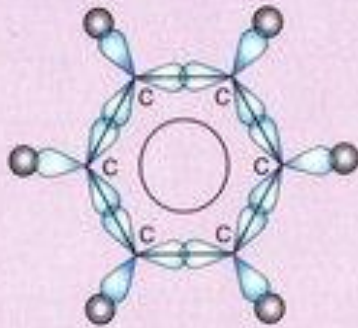
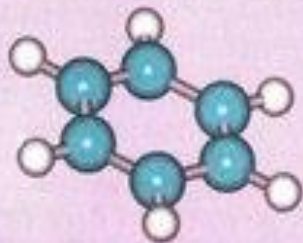


Схема образования  $\sigma$ -связей в молекуле бензола с участием  $sp^2$ -гибридных орбиталей атомов углерода



Модели молекул бензола: шаростержневая (слева) и масштабная (справа)

Длина C — C связи  
0,140 нм

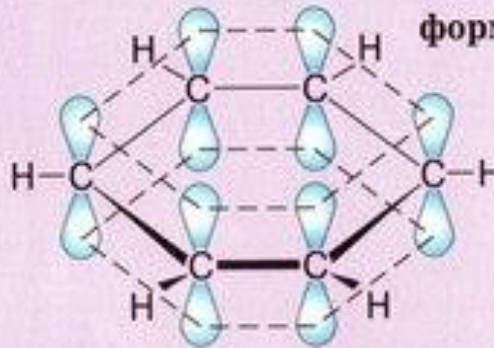


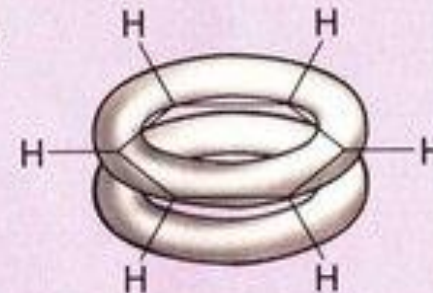
Схема образования  $\pi$ -связей в молекуле бензола



## СТРУКТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ БЕНЗОЛА



формула Кекуле



Делокализованная электронная плотность в молекуле бензола



Масштабная модель молекулы бензола с обозначением делокализованного  $\pi$ -электронного облака

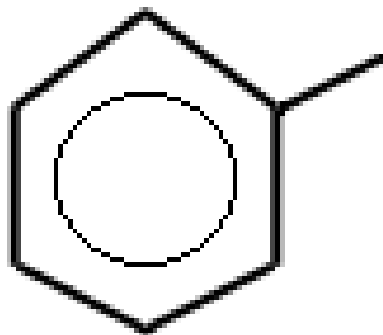
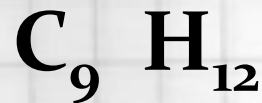


А. Кекуле  
(1829 – 1896)

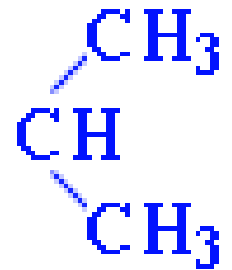
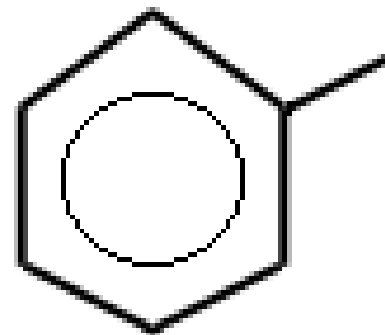
Немецкий химик-органик. Предложил структурную формулу бензола (1865). Синтезировал трифенилметан, антрахинон, предложил методы синтеза тиофена.

# Изомерия.

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



н-Пропилбензол

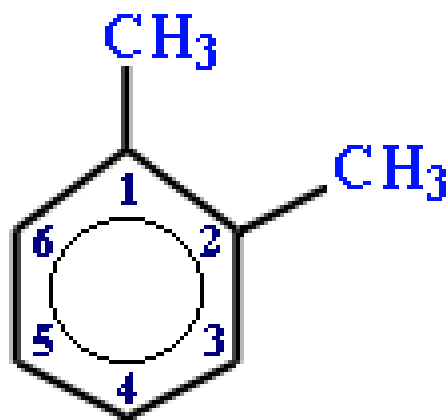


Изопропилбензол  
(кумол)

# Структурная

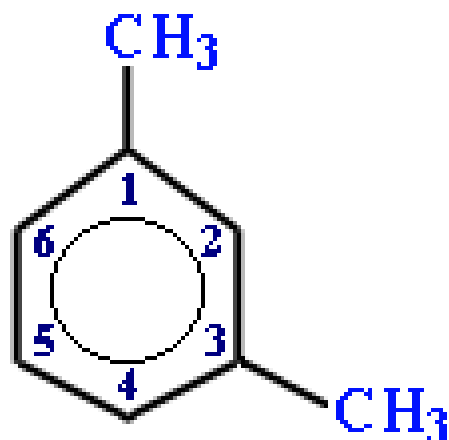
(от положения заместителей в бензольном кольце).

1,2-Диметилбензол



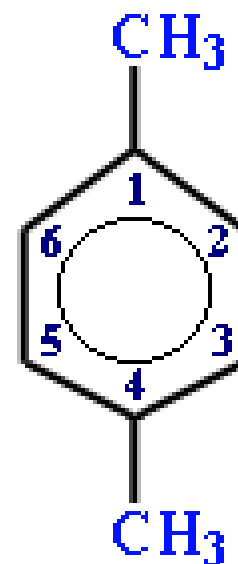
*орто*-ксилол  
(*о*-ксилол)

1,3-Диметилбензол



*мета*-ксилол  
(*м*-ксилол)

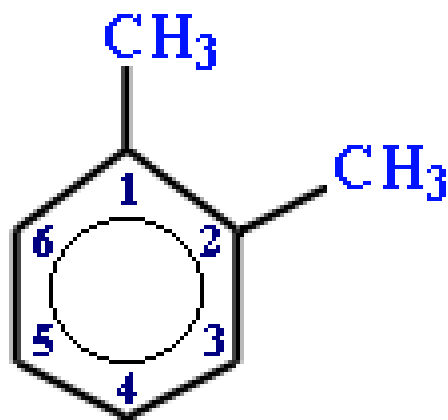
1,4-Диметилбензол



*пара*-ксилол  
(*п*-ксилол)

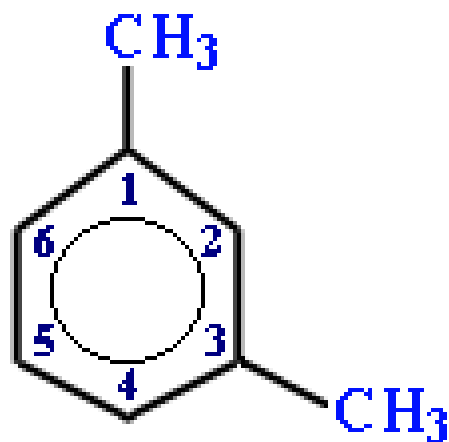
# Диметилбензол имеет общее название КСИЛОЛЫ.

1,2-Диметилбензол



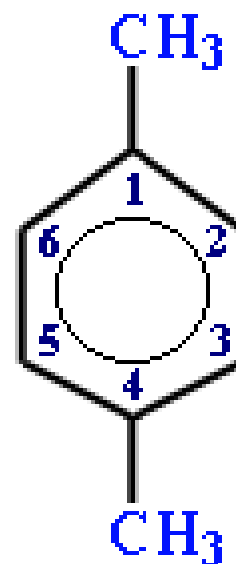
**орто-ксилол**  
(*o*-ксилол)

1,3-Диметилбензол



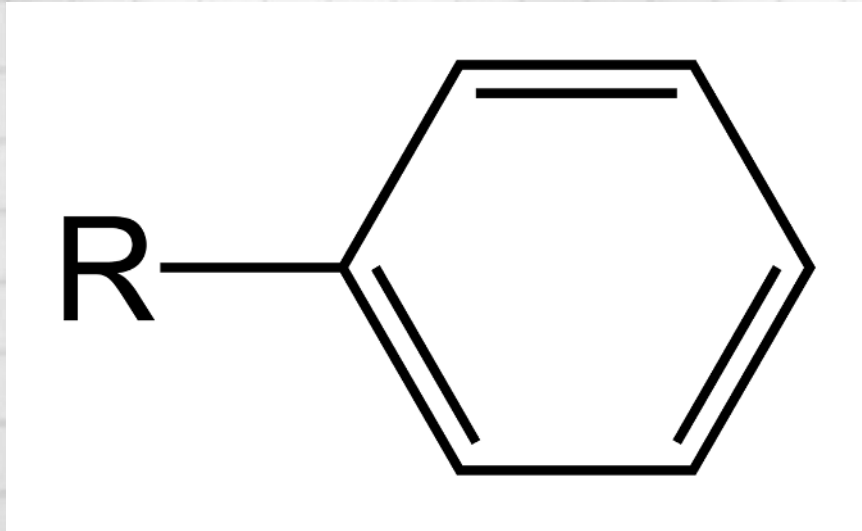
**мета-ксилол**  
(*m*-ксилол)

1,4-Диметилбензол

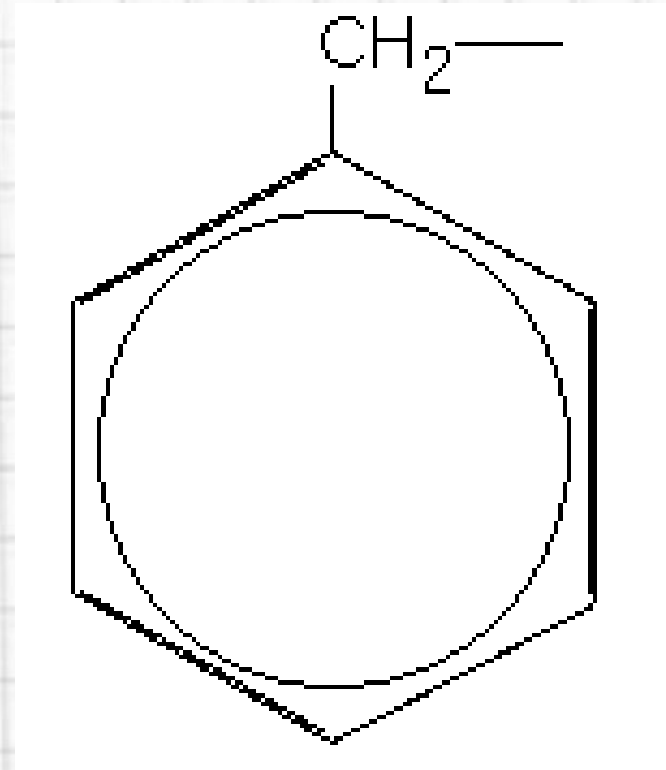


**пара-ксилол**  
(*p*-ксилол)

## Фенил



## Бензил



Бензил имеет свободную валентность у метильной группы заместителя

# ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

ЖИДКОСТЬ

НЕПРИЯТНЫЙ ЗАПАХ

НЕ СМЕШИВАЕТСЯ С ВОДОЙ

ЯД

ОГНЕОПАСЕН

НАГРЕВАНИЕ БЕНЗОЛА В ОТКРЫТОЙ  
ПРОБИРКЕ НА ОТКРЫТОМ ПЛАМЕНИ  
ЗАПРЕЩЕНО



# Физические свойства

👉 **Бензол** – легкокипящая ( $t_{\text{плав}} = 5,5^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{кип}} = 80^{\circ}\text{C}$ ), бесцветная жидкость с характерным запахом, не растворяется в воде

👉 **Внимание! Бензол** – яд, действует на почки, изменяет формулу крови (при длительном воздействии), может нарушать структуру хромосом.

👉 Большинство ароматических углеводородов опасны для жизни, токсичны.

# Физические свойства

*Ближайшие гомологи бензола также являются жидкостями, не растворимыми в воде.*

*С увеличением молярной массы повышается  $t_{\text{кип}}$  соединений ряда бензола, причем*

*орто-изомеры кипят при более высокой  $t$ , чем пара-изомеры.*



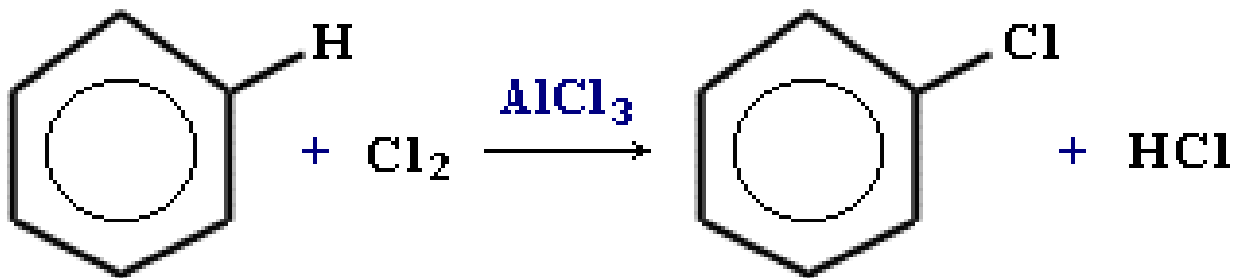
# Химические свойства.

1 группа.

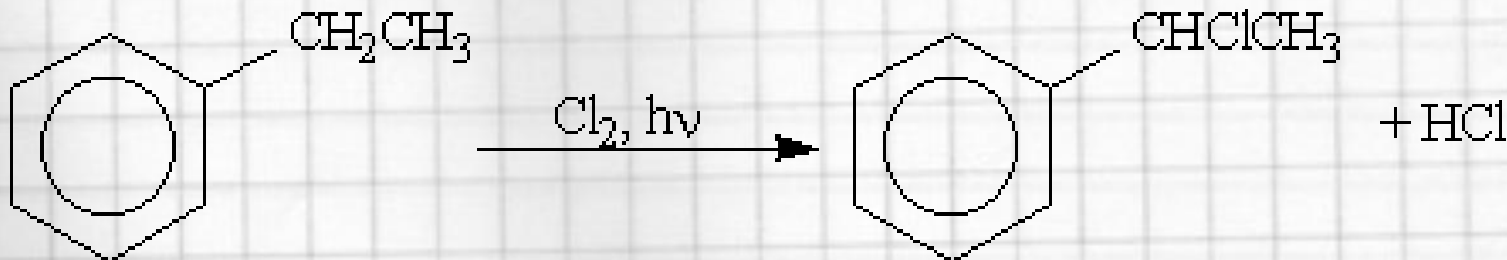
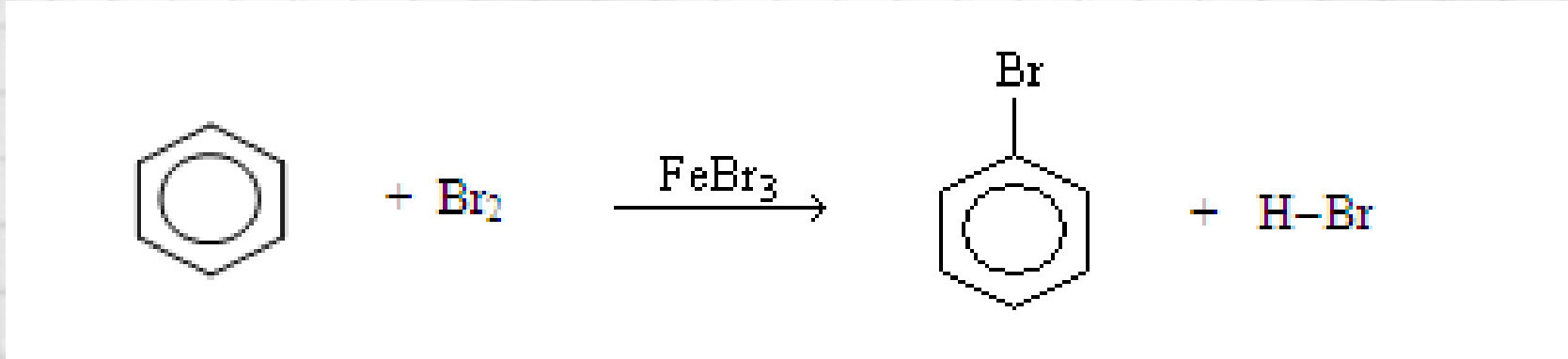
Реакции ЗАМЕЩЕНИЯ.

1. Галогенирование. (ионный механизм)

Схема реакции хлорирования бензола

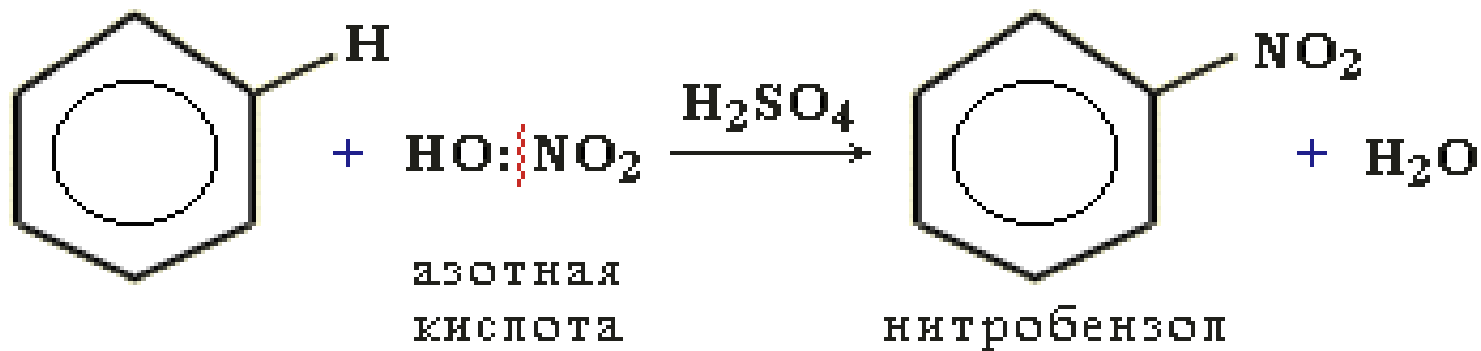


**Реакция происходит с молекулярным бромом;  
при нагревании**

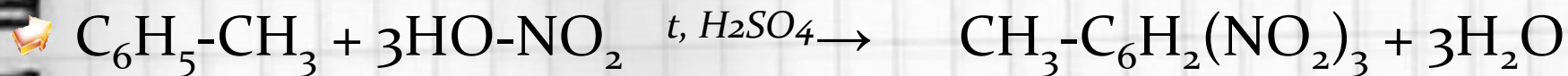


## 2. Нитрование бензола.

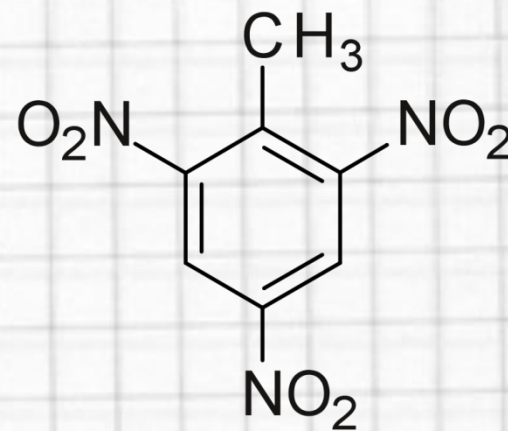
Схема реакции нитрования бензола



### 3. Нитрование толуола

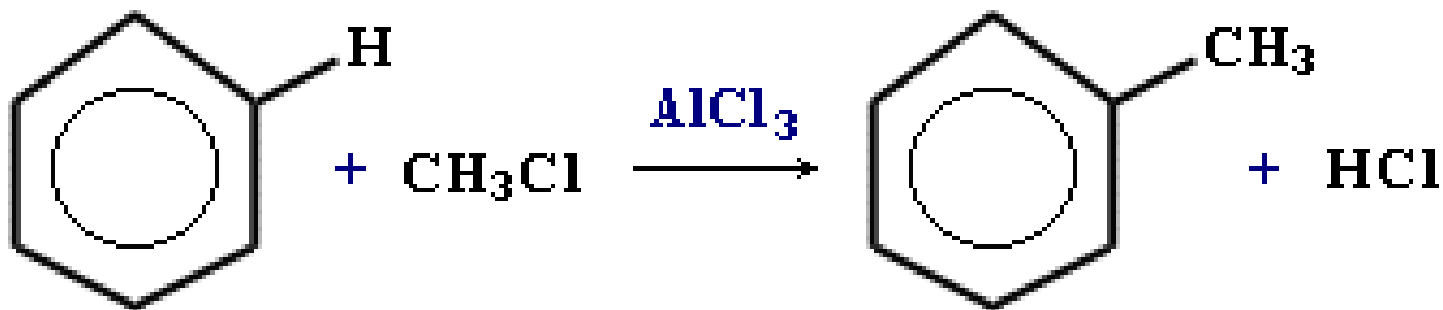


2,4,6-тринитротолуол  
(тол, тротил)



## 4. Алкилирование бензола галогеноалканами. Реакция Фриделя-Крафтса

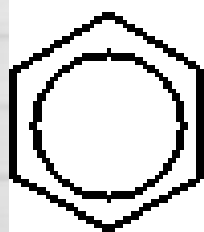
Схема реакции алкилирования бензола



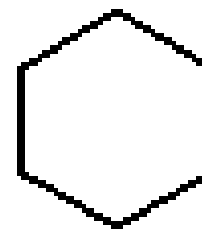
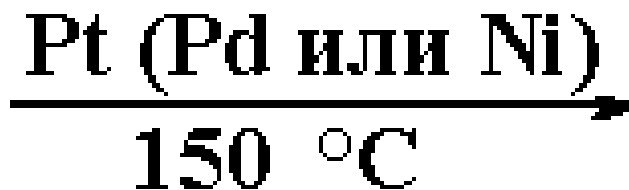
## 2 группа.

### Реакции присоединения.

#### 5. Гидрирование.



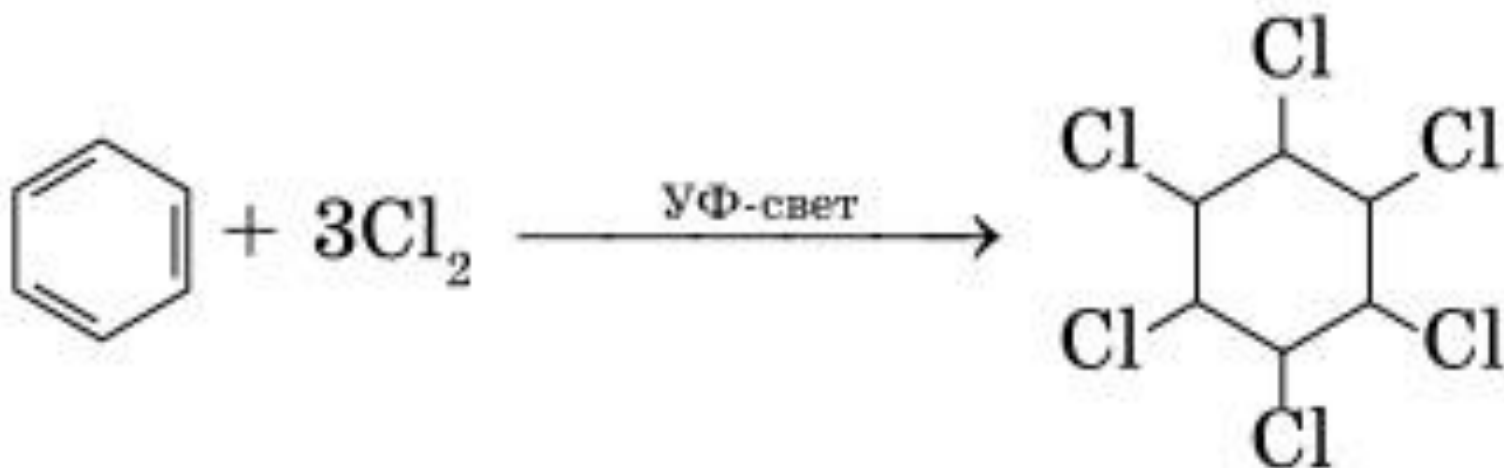
+



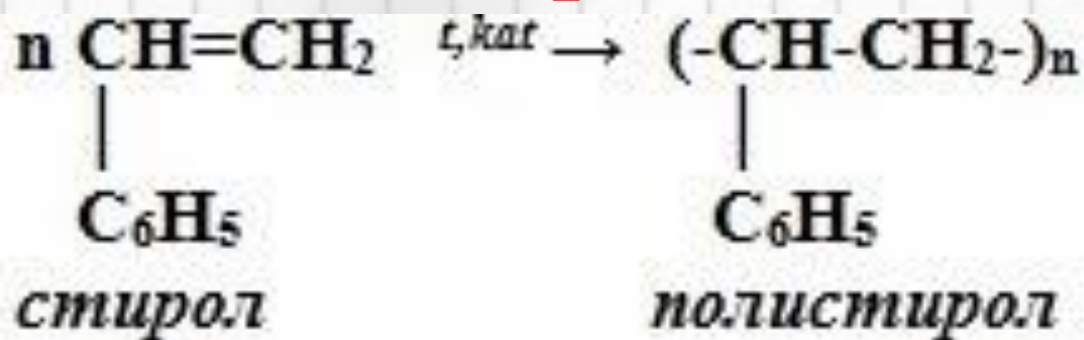
ЦИКЛОГЕКСАН

## 6. Хлорирование.

(по радикальному механизму)



## 7. Полимеризация.



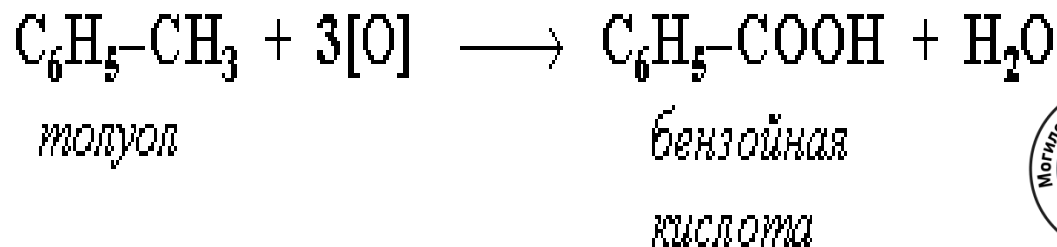
# 3 группа.

## Окисление.

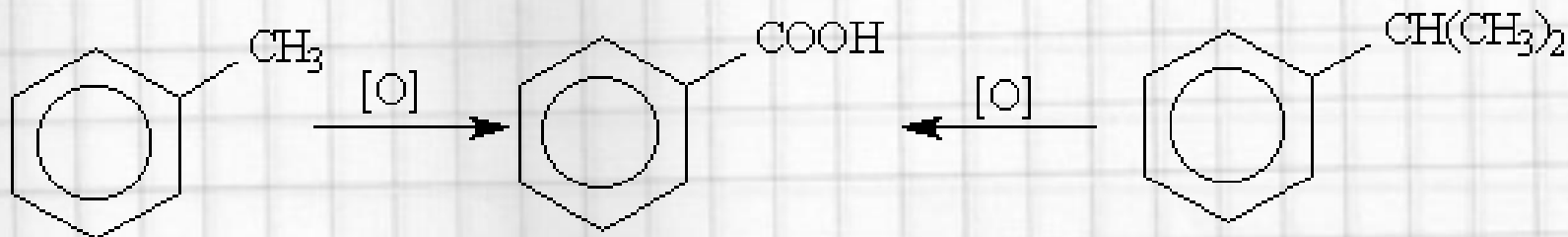
👉 Бензол не окисляется даже под действием сильных окислителей ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и т.п.). Поэтому он часто используется как инертный растворитель при проведении реакций окисления других органических соединений. **Бензол при обычных условиях не обесцвечивает бромную воду и водный раствор марганцовки!**

👉 В отличие от бензола его гомологи окисляются довольно легко.

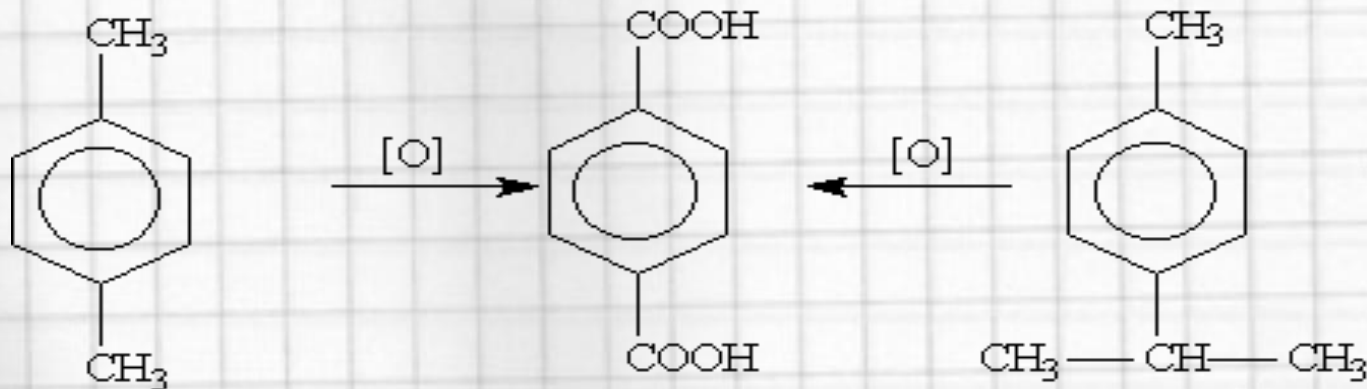
👉 При действии раствора  $\text{KMnO}_4$  и нагревании в гомологах бензола окислению подвергаются только боковые цепи:



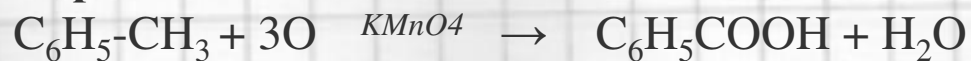
## 8. Окисление в кислой среде – до бензойной кислоты



*Гомологи, содержащие две боковые цепи, дают двухосновные кислоты:*

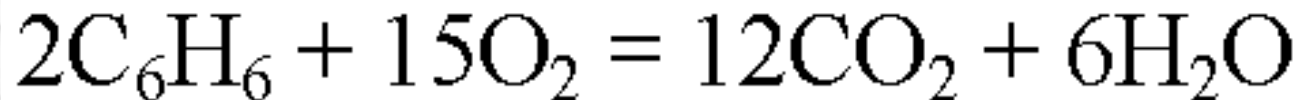


**Упрощённо:**



## 9. Горение (полное окисление).

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



Бензол и его летучие гомологи образуют с воздухом и кислородом взрывоопасные смеси.



# Получение аренов

## В лаборатории

1. Сплавление солей бензойной кислоты с твёрдыми щелочами

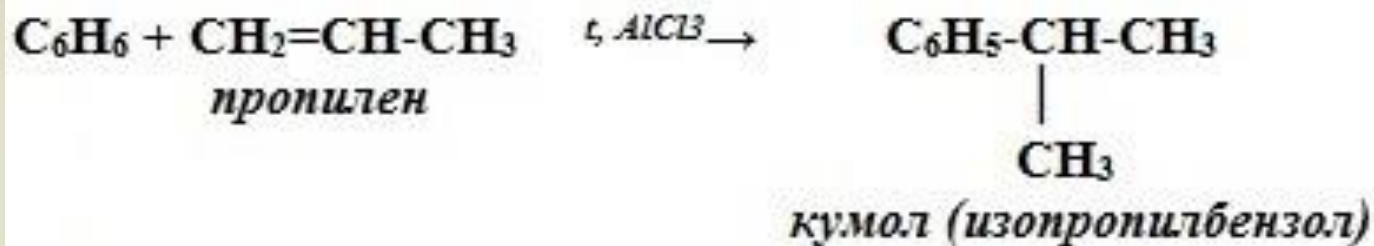
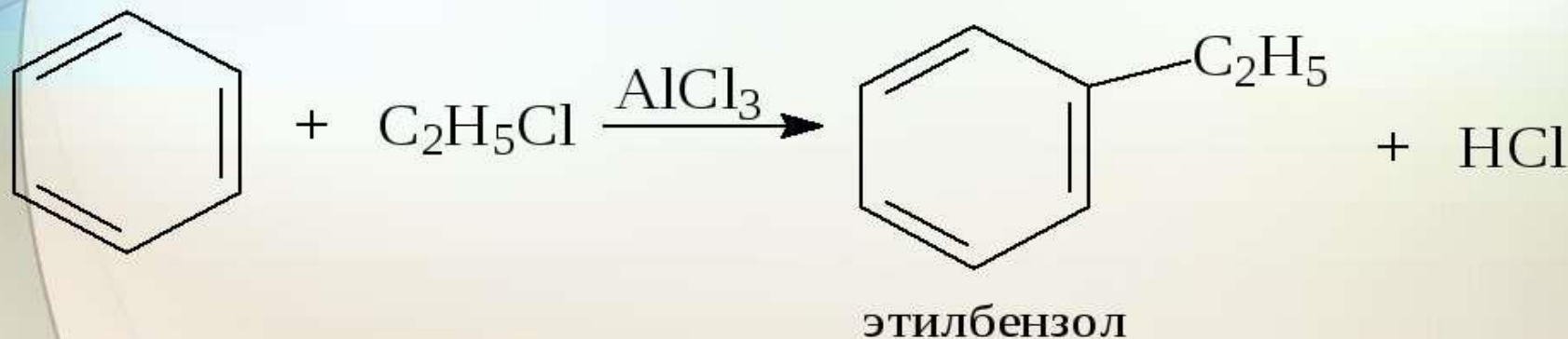


*бензоат натрия*

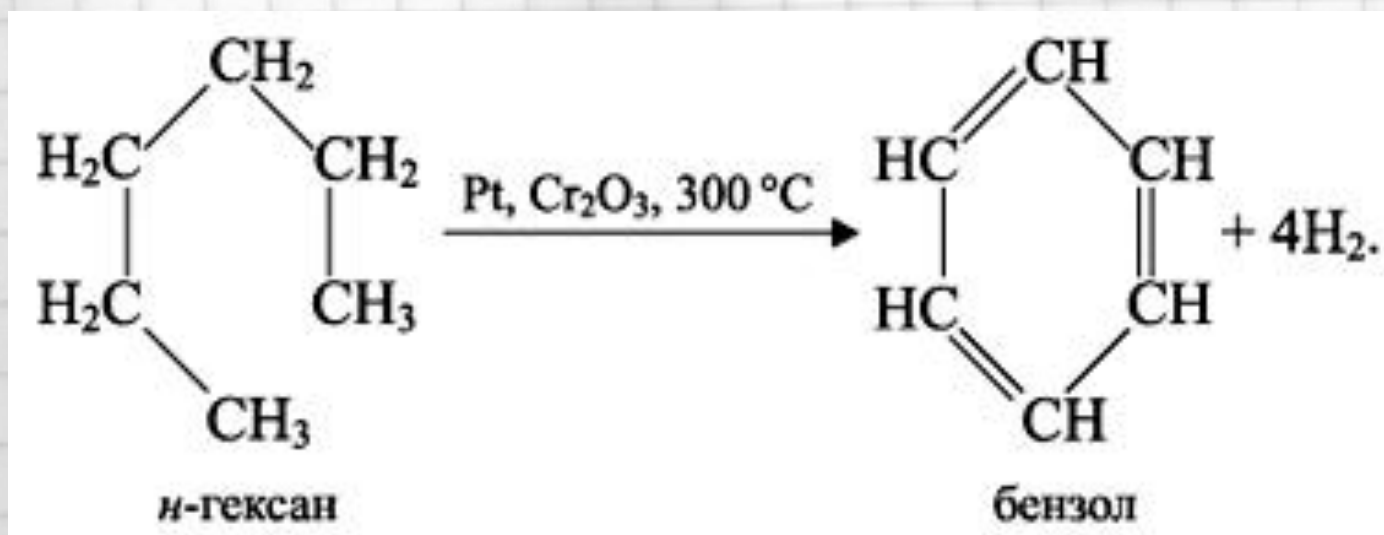
# Арены

## Способы получения

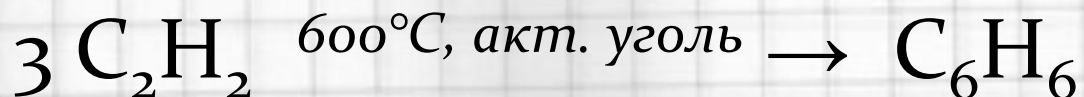
### Реакция Фриделя—Крафтса



👉 2. Дегидроциклизацией алканов с числом атомов углерода больше 6:

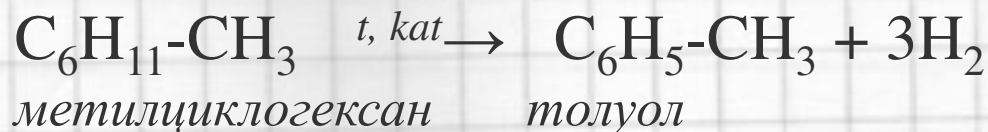
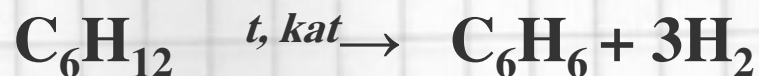


3. Тримеризация ацетилена (только для бензола) – реакция Зелинского:



4. Дегидрированием циклогексана и его гомологов:

Советский академик *Николай Дмитриевич Зелинский* установил, что бензол образуется из циклогексана (дегидрирование циклоалканов)



# Применение бензола и его ГОМОЛОГОВ.

👉 Бензол  $C_6H_6$  – хороший растворитель. Бензол в качестве добавки улучшает качество моторного топлива. Служит сырьем для получения многих ароматических органических соединений – нитробензола  $C_6H_5NO_2$  (растворитель, из него получают анилин), хлорбензола  $C_6H_5Cl$ , фенола  $C_6H_5OH$ , стирола и т.д.



# Применение бензола и его ГОМОЛОГОВ.

👉 Тoluол  $C_6H_5-CH_3$  – растворитель, используется при производстве красителей, лекарственных и взрывчатых веществ (тротил (тол), или 2,4,6-тринитротолуол ТНТ).

# Применение бензола и его ГОМОЛОГОВ.

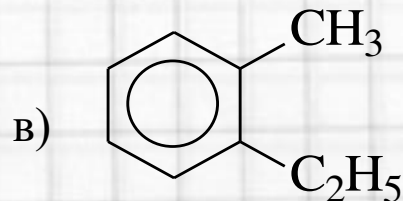
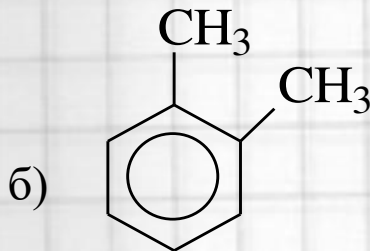
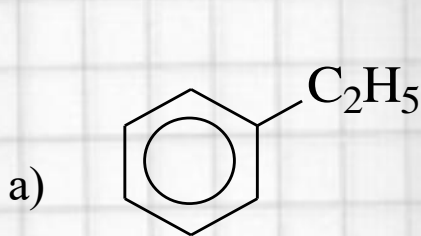
👉 Изопропилбензол  $C_6H_5-CH(CH_3)_2$  служит для получения фенола и ацетона.

# Применение бензола и его ГОМОЛОГОВ.

👉 Хлорпроизводные бензола используют для защиты растений. Так, продукт замещения в бензоле атомов H атомами хлора – гексахлорбензол  $C_6Cl_6$  – фунгицид; его применяют для сухого протравливания семян пшеницы и ржи против твердой головни. Продукт присоединения хлора к бензолу – гексахлорциклогексан (гексахлоран)  $C_6H_6Cl_6$  – инсектицид; его используют для борьбы с вредными насекомыми. Упомянутые вещества относятся к пестицидам – химическим средствам борьбы с микроорганизмами, растениями и животными.

# Задания для самоконтроля

1) Назовите соединения:



2) В результате реакции  $3\text{CH}\equiv\text{CH} \rightarrow$  образуется вещество X. Напишите уравнение реакции.

3) Составьте структурные формулы следующих соединений :

а) 1,2-диметилбензол

б) 1,4-диметил-2-этилбензол

в) 1,2-диэтилбензол

г) 1-этил-2-метилбензол