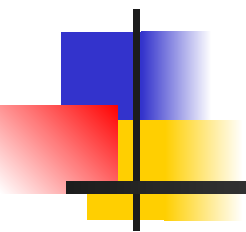


# Арены. Ароматические углеводороды.





# Содержание

---

- Определение. Общая формула.
- Классификация.
- Гомологический ряд, радикалы.
- Изомерия и номенклатура.
- Строение (гибридизация).
- Физические свойства.
- Способы получения.
- Химические свойства.
- Применение.

# Определение. Общая формула.

Арены или ароматические углеводороды - это соединения, молекулы которых содержат устойчивые циклические группы атомов (*бензольные ядра*) с замкнутой системой сопряженных связей.

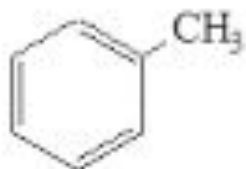
Общая формула :  $C_nH_{2n-6}$

# Классификация

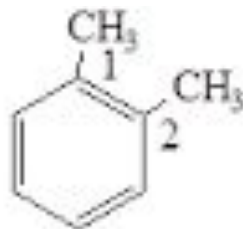
- Моноядерные



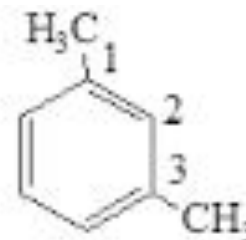
бензол



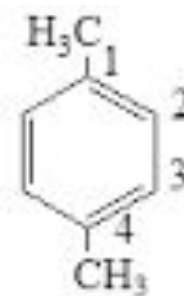
метилбензол  
толуол



1,2-диметилбензол  
орто-ксилол



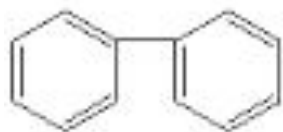
1,3-диметилбензол  
мета-ксилол



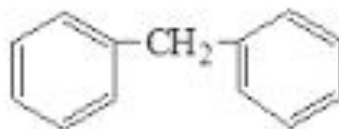
1,4-диметилбензол  
пара-ксилол

# Классификация

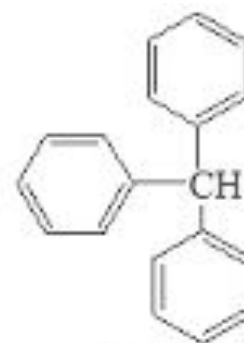
- Полиядерные



бифенил

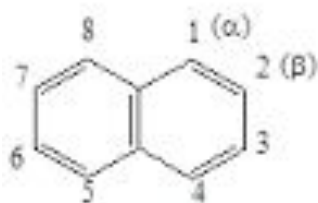


дифенилметан

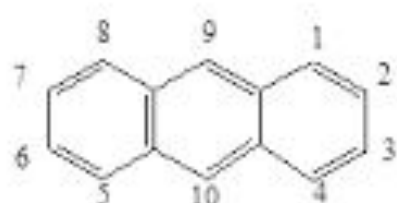


трифенилметан

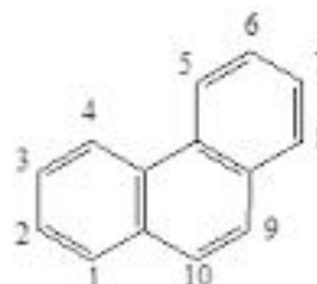
- Конденсированные



нафталин

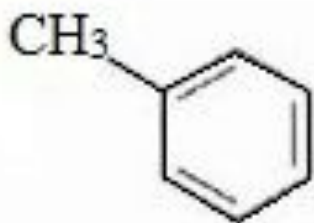


антрацен  
(линейное расположение  
ядер)

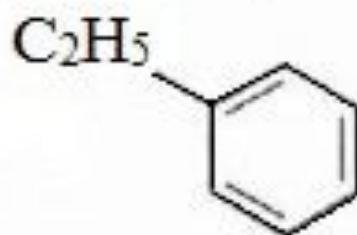


фенантрен  
(нелинейное-ангулярное  
расположение ядер)

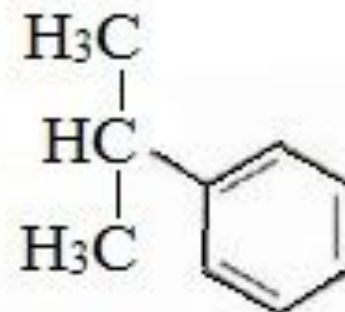
# Гомологический ряд



метилбензол  
(толуол)



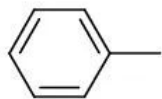
этилбензол



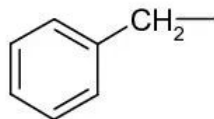
изопропилбензол  
(кумол)

# Радикалы

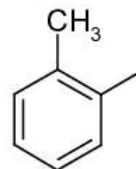
Одновалентные структурные радикалы (суффикс -ол на -ил).



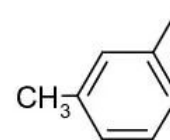
фенил



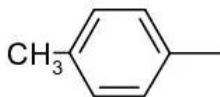
бензил



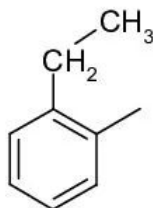
о-толил



м-толил

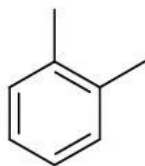


п-толил

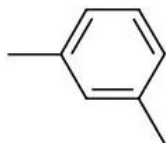


2-этилфенил

Двухвалентные структурные радикалы (суффикс -ол на -ен).



о-фенилен



м-фенилен



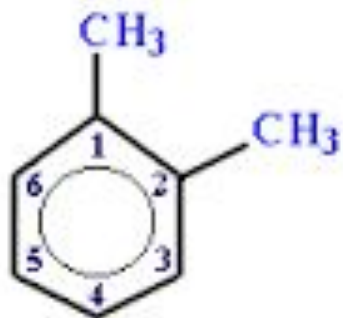
п-фенилен

# Изомерия

Все следующие за метилбензолом гомологи бензола имеют изомеры.

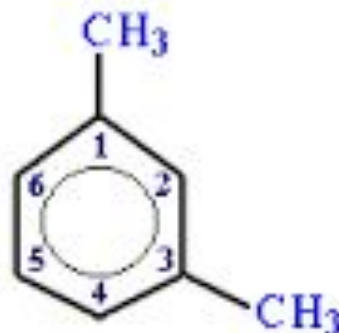
- Изомерия положения заместителей (орто-, мета-, пара-):

1,2-Диметилбензол



*орто*-ксилол  
(*о*-ксилол)

1,3-Диметилбензол



*мета*-ксилол  
(*м*-ксилол)

1,4-Диметилбензол

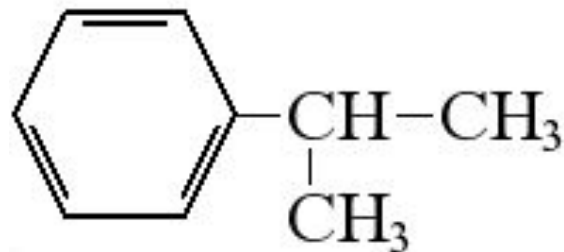


*пара*-ксилол  
(*п*-ксилол)

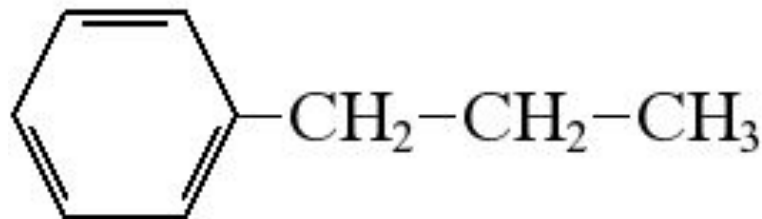


# Изомерия

- Изомерия углеродного скелета в боковой цепи, содержащей не менее 3 атомов углерода:



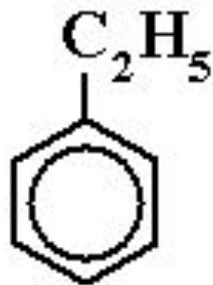
Изопропилбензол (кумол)



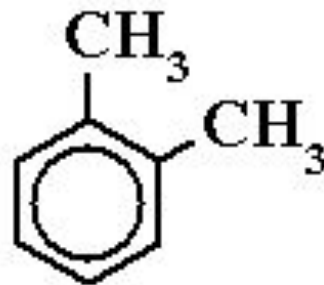
Пропилбензол

# Изомерия

- Изомерия заместителей R, начиная с  $R=C_2H_5$



этилбензол



1,2-диметилбензол  
(орто-ксилол)



# Номенклатура

---

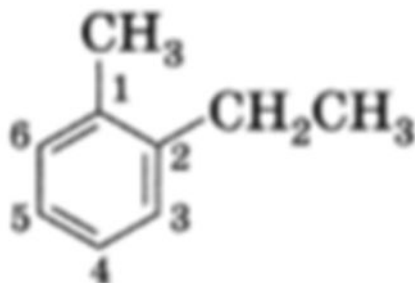
Систематические названия строят из названия углеводородного радикала (приставка) и слова **бензол** (корень).

Если радикалов 2 и более, их положение указывается номерами атомов углерода в бензольном кольце, с которыми они связаны.

# Номенклатура

Нумеруют атомы углерода в бензольном кольце:

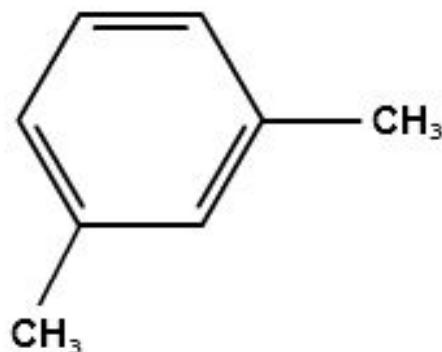
1) Начиная от старшего заместителя к младшему:



1-метил-2-этилбензол

# Номенклатура

2) Если заместители одинаковые, то нумерую по самому короткому пути:



1,3-диметилбензол

~~1,5-диметилбензол~~



# Номенклатура

---

Если заместителя 2, то можно указать их положение тривиальными (историческими) приставками:

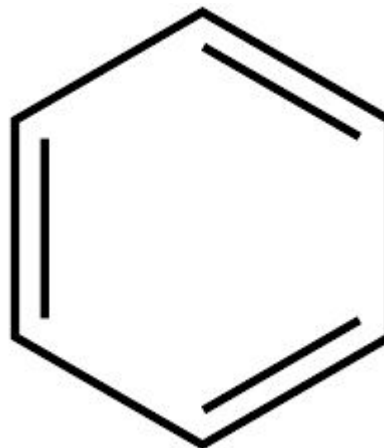
**орто- (о-)** – заместители у соседних атомов углерода (1,2);

**мета- (м-)** – заместители через один атом углерода (1,3);

**пара- (п-)** – заместители на противоположных сторонах конца (1,4).

# Строение

Первое ароматическое соединение – бензол был открыт в 1825 г. М. Фарадеем. В 1865 г. Кекуле предложил его структурную формулу как циклогексатриен-1,3,5:





# Строение

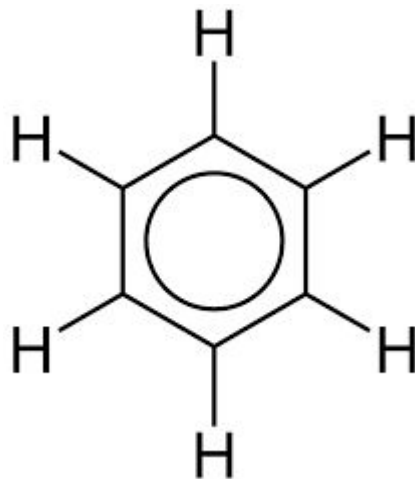
---

В формуле Кекуле неопределенные (двойные) связи, следовательно, бензол должен иметь ненасыщенный характер (легко вступать в реакции присоединения). Экспериментально это было опровергнуто: бензол вступает в реакции присоединения только в жестких условиях, устойчив к окислению.



# Строение

Пытаясь объяснить эти несоответствия, ученые предложили изображать бензол формулой (шестиугольник с окружностью внутри):





# Строение

---

Атомы углерода в молекуле бензола находятся в  $sp^2$ -гибридизации и лежат в одной плоскости.

Длина связи C-C: 0,139 нм.

# Строение

Негибридизированные р-орбитали атомов углерода, составляющие двойные связи, ориентированы перпендикулярно плоскости кольца и параллельны друг другу.

$\pi$ -Электронное облако  
в молекуле бензола

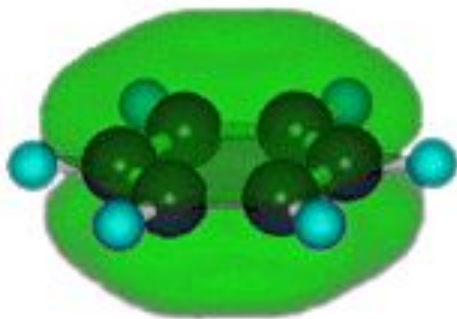
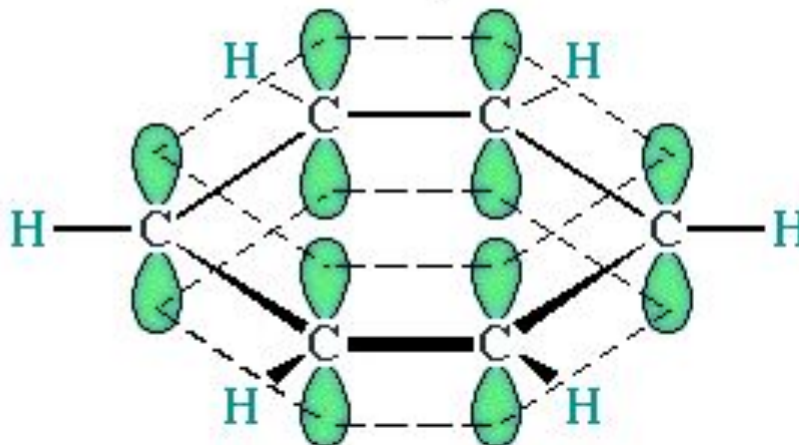


Схема делокализации  
 $\pi$ -электронов





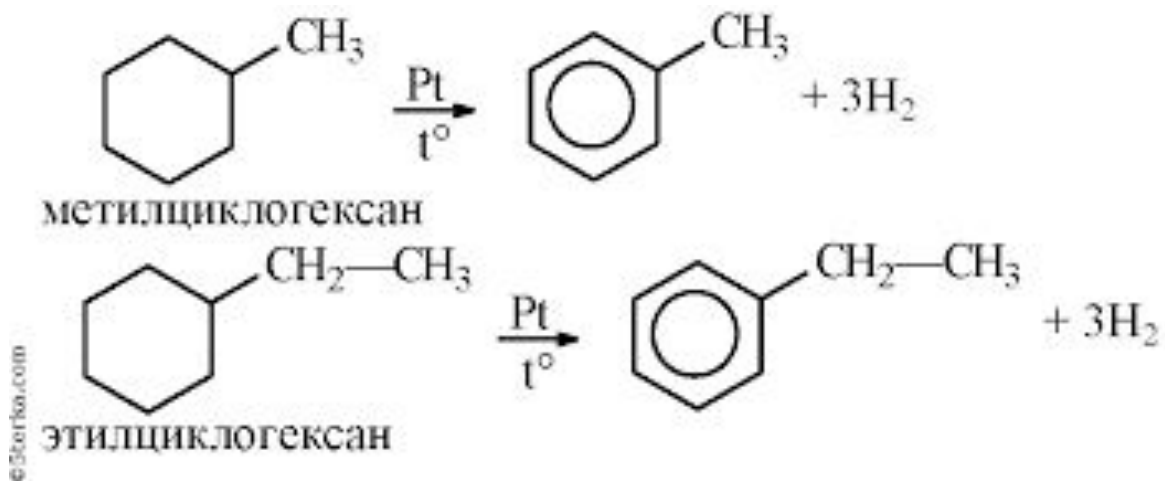
# Физические свойства

Бензол и его простейшие гомологи в обычных условиях весьма токсичные жидкости с характерным запахом. Плохо растворяются в воде, но хорошо – в органических растворителях

Название	Формула	Т.пл., °С	Т.кип., °С
Бензол	$C_6H_6$	5,5	80
Толуол	$C_6H_5CH_3$	-95	111
Этилбензол	$C_6H_5C_2H_5$	-95	136
Изопропилбензол (кумол)	$C_6H_5CH(CH_3)_2$	-96	152
Стирол	$C_6H_5CH=CH_2$	-31	145

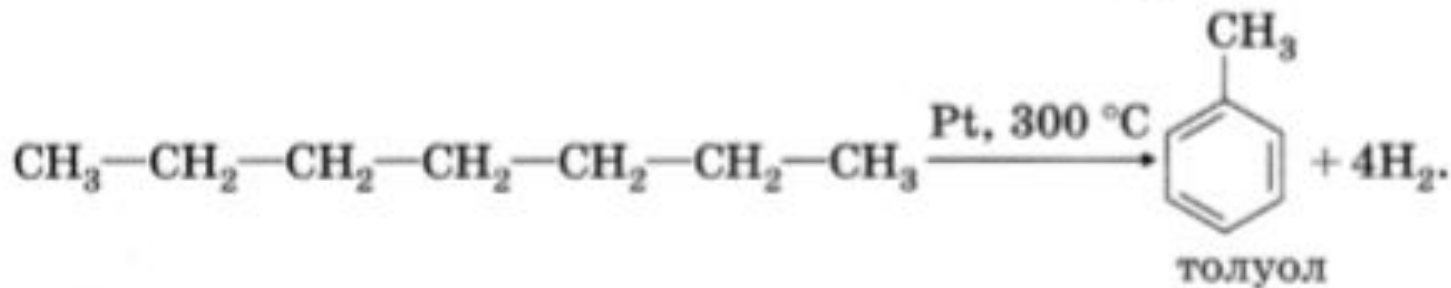
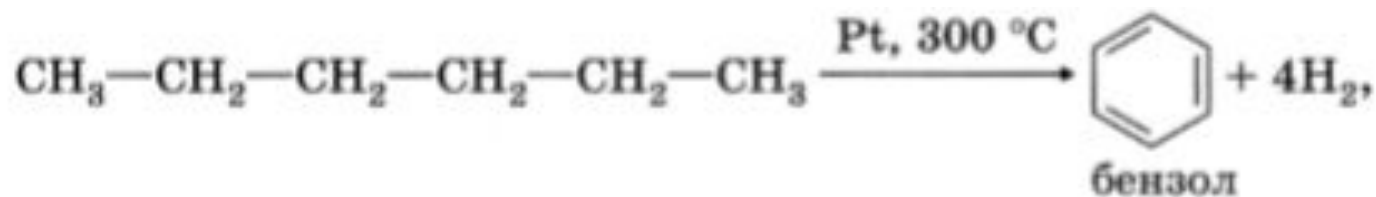
# Получение

## 1) Дегидрирование циклогексана:



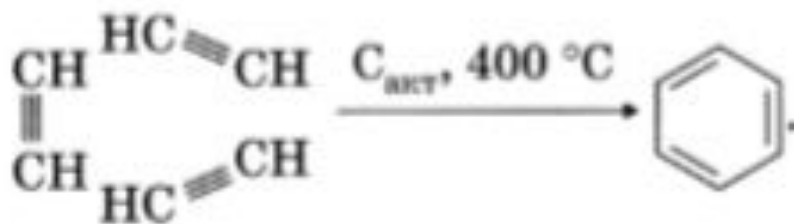
# Получение

2) Ароматизация (дегидроциклизация) алканов (C<sub>6</sub> и более):

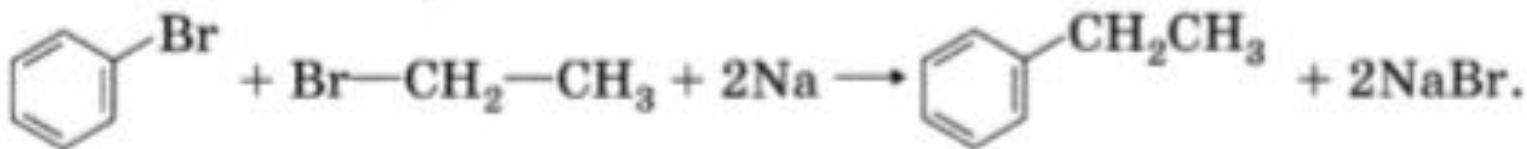


# Получение

3) Тримеризация ацетилена:



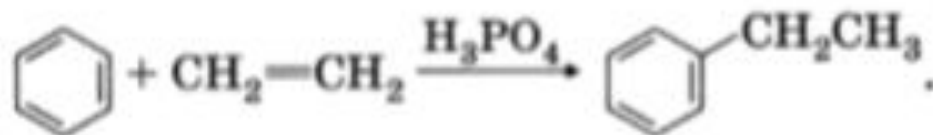
4) Синтез Вюрца:



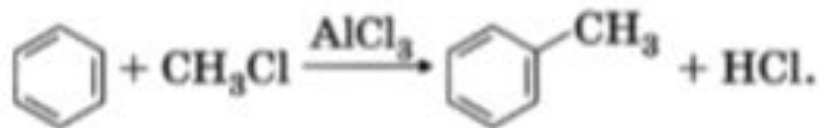
# Получение

## 5) Алкилирование:

- взаимодействие бензола и алкена в присутствии кислоты



- реакция бензола с галогенпроизводным в присутствии хлорида алюминия

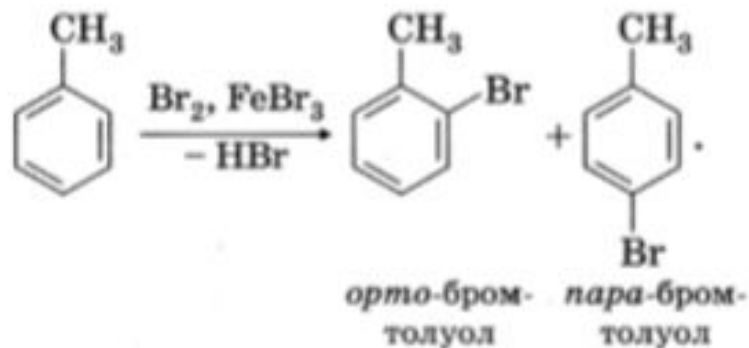




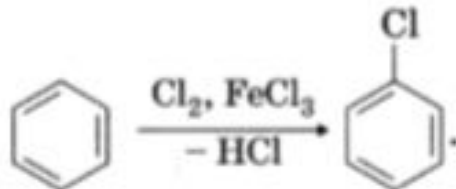
# Химические свойства

## 1. Реакции замещения

1) галогенирование (бромирование и хлорирование):

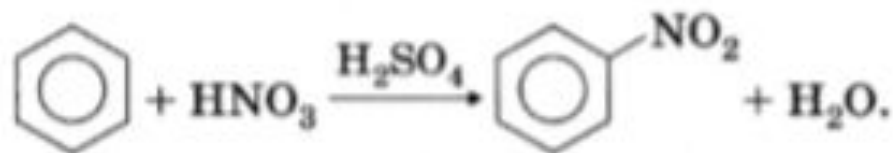


Аналогично протекает хлорирование бензола:

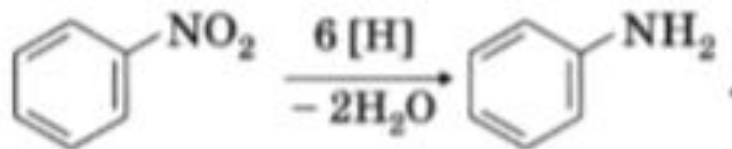


# Химические свойства

## 2) нитрование

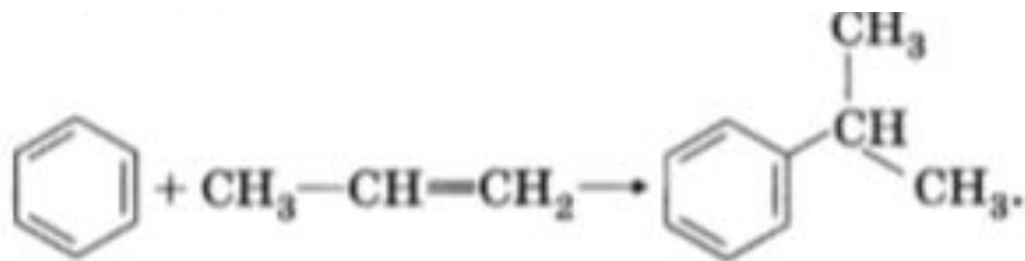


Восстановлением образовавшегося в этой реакции нитробензола получают анилин — вещество, которое применяется для получения анилиновых красителей:



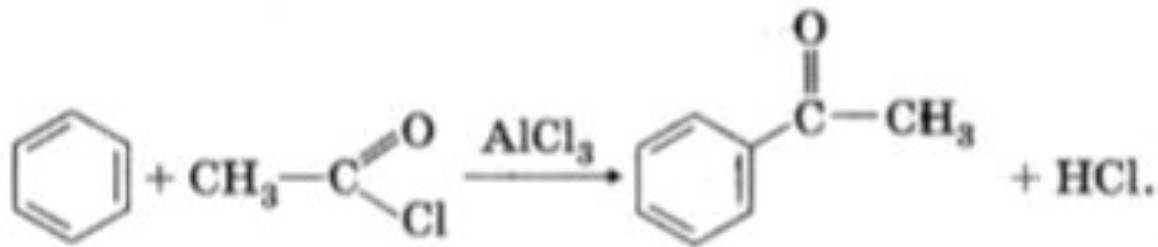
# Химические свойства

3) Алкилирование (введение алкильного заместителя):



# Химические свойства

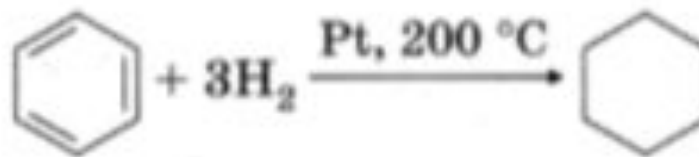
4) Ацилирование (введение ацильной группы):



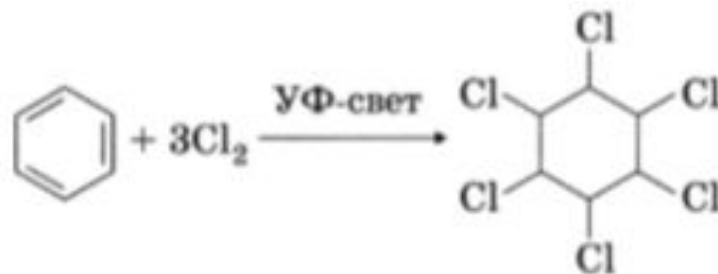
# Химические свойства

## 2. Реакции присоединения.

### 1) Гидрирование



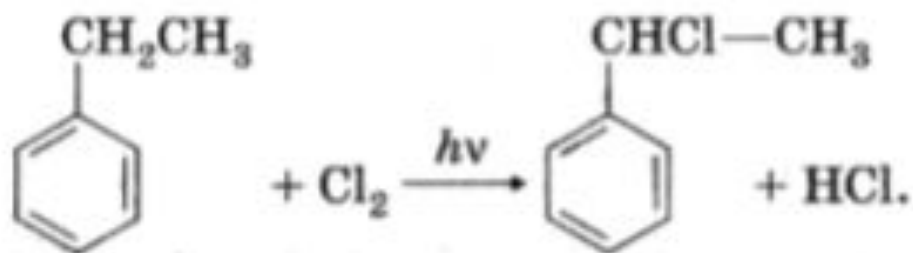
### 2) Хлорирование



# Химические свойства

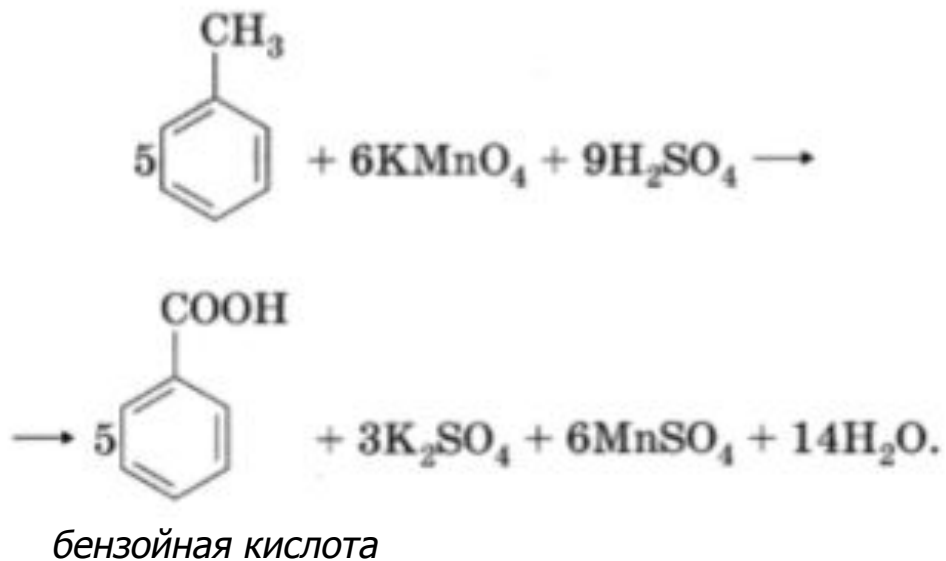
## 3. Реакции по алкильному заместителю.

### 1) галогенирование



# Химические свойства

## 2) окисление:





# Применение

---

Гомологи бензола применяются как химическое сырье для производства:

- лекарств
  - пластмасс
  - красителей
  - ядохимикатов
  - и многих других органических веществ.
- Широко используются как растворители.