

## §1. Ароматические углеводороды. Общая характеристика, классификация, номенклатура.

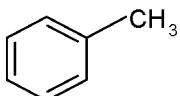
Арены – это циклические углеводороды, объединяемые понятием ароматичности, которая обуславливает общие признаки и химические свойства.

Классификация.

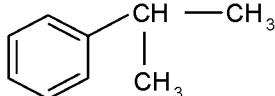
### I. Моноядерные арены



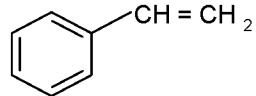
бензол



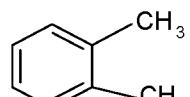
толуол



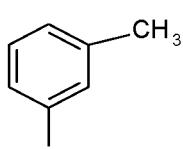
кумол (изопропилбензол)



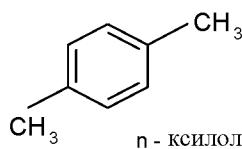
стирол (винилбензол)



о - ксилол

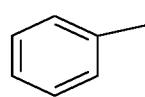


м- ксилол

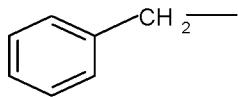


н - ксилол

Радикалы:

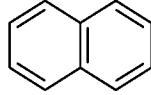


фенил

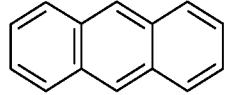


бензил

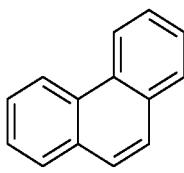
### II. Многоядерные арены



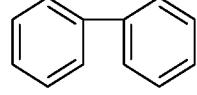
нафталин



антрацен



фенантрен



дифенил

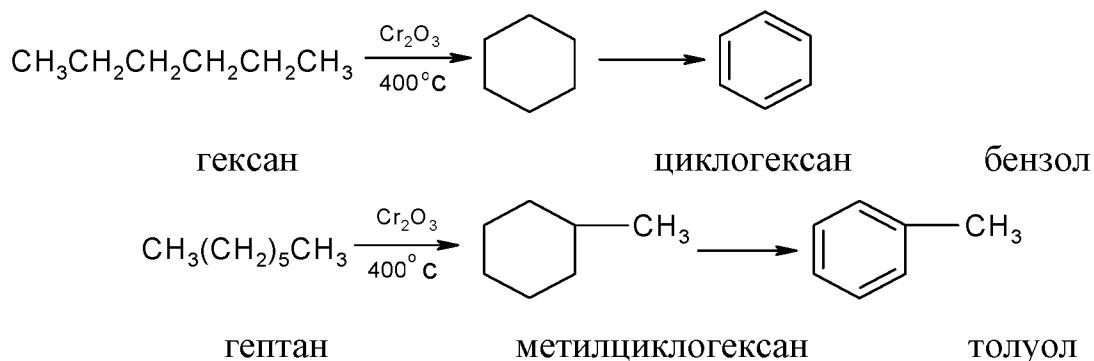
## §2. Физические свойства аренов. Способы получения.

### Физические свойства

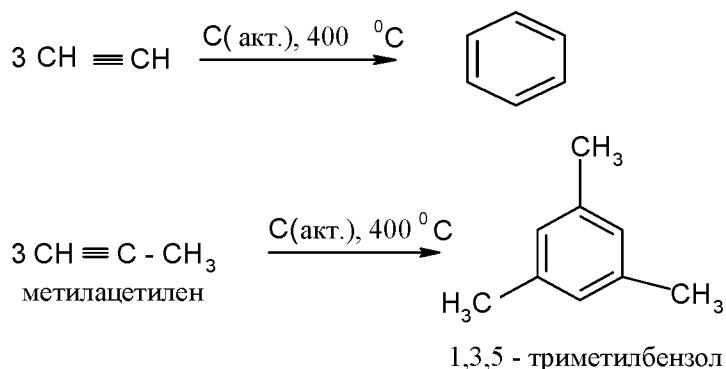
Бензол – бесцветная жидкость с характерным запахом, легче воды, в воде не растворим, токсичен. Толуол – жидкость без цвета, с характерным запахом, в воде не растворим, менее токсичен, чем бензол.

## Способы получения

### 1. Переработка угля и нефти

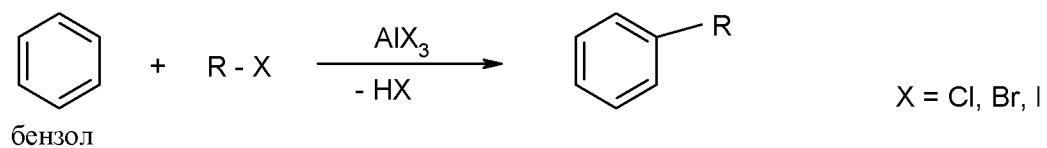
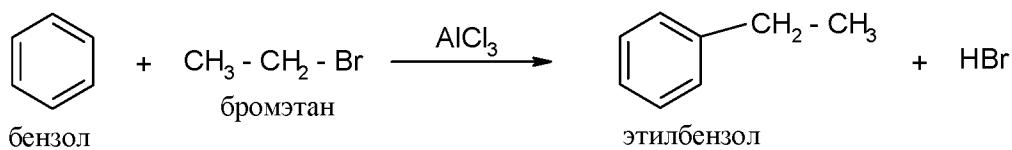


### 2. Тримеризация ацетилена

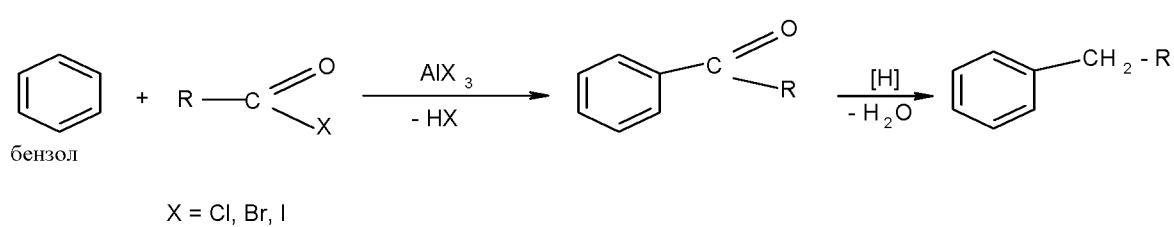
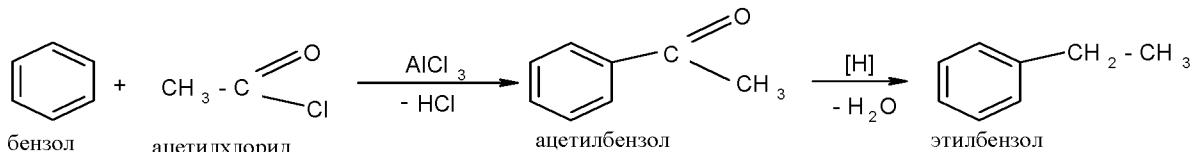


### 3. Получение гомологов бензола

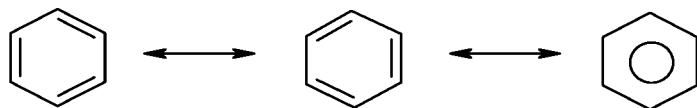
#### а) алкилирование по Фриделю-Крафтсу:



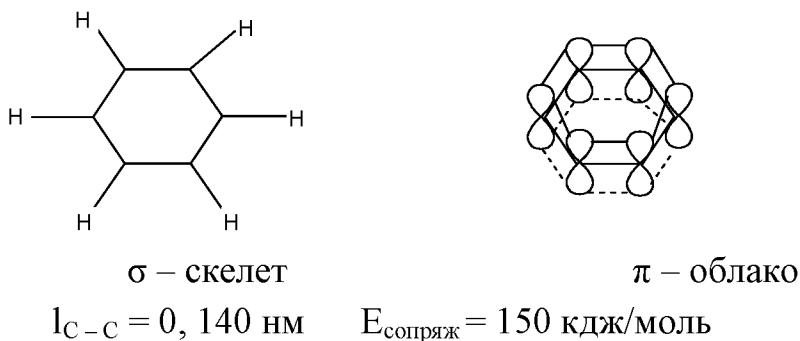
#### б) ацилирование по Фриделю-Крафтсу и восстановление:



### §3. Электронное строение на примере бензола. Ароматичность. Критерии ароматичности.



Атомы углерода в молекуле бензола находятся в  $sp^2$  – гибридизации: три гибридные орбитали лежат в одной плоскости и направлены к вершинам равностороннего треугольника под углом  $120^\circ$ , образуя  $\sigma$ -скелет; негибридные  $p$ -орбитали перпендикулярны плоскости, при их взаимном пререкрывании образуется единое 6-электронное  $\pi$ -облако над и под плоскостью  $\sigma$ -скелета:



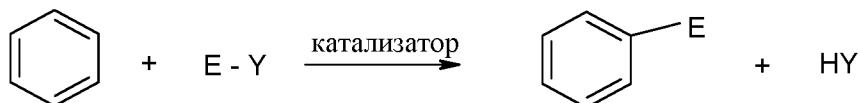
Критерии ароматичности:

1. Наличие цикла в молекуле.
2. Молекула должна быть плоской ( $sp^2$  – гибридизация)
3. Все атомы цикла должны входить в сопряжённую систему.
4. Общее делокализованное облако должно быть образовано  $(4n + 2)$  электронами (правило Хюккеля), где  $n = 0, 1, 2, 3 \dots$  (целое число).
5. Выигрыш энергии.

## §4. Химические свойства

## I. Реакции электрофильного замещения ( $S_E$ ) аренов.

Для бензола и его гомологов характерны реакции электрофильного замещения.

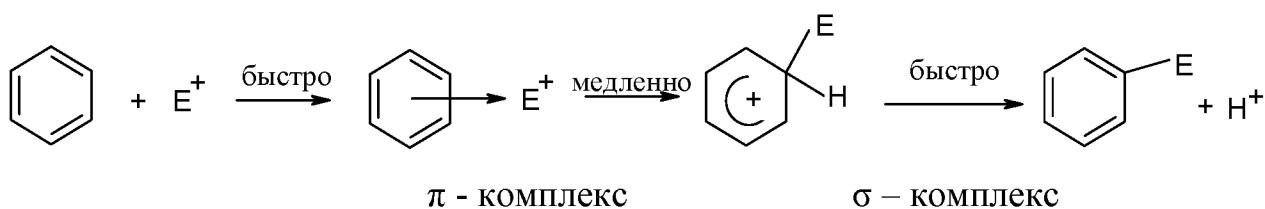


### *Механизм реакции:*

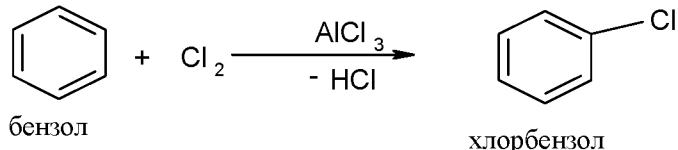
- ## 1. Образование электрофильной частицы:



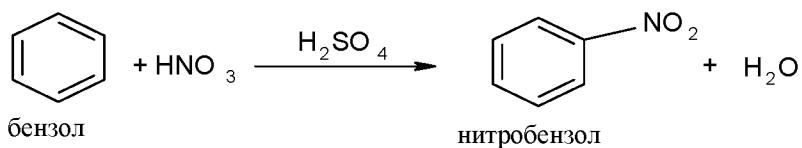
- ## 2. Образование $\pi$ - и $\sigma$ -комплексов:



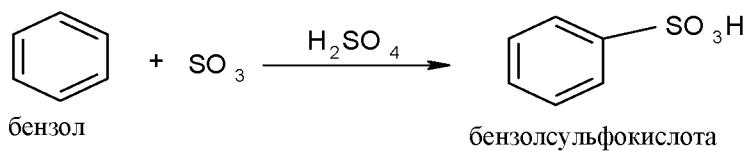
- ### 1) Галогенирование бензола:



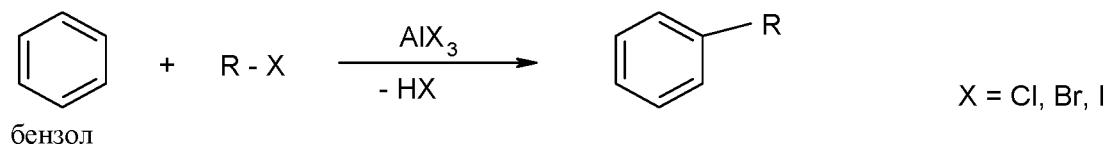
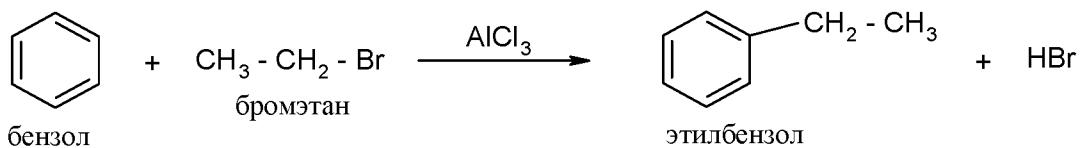
- ## 2) Нитрование



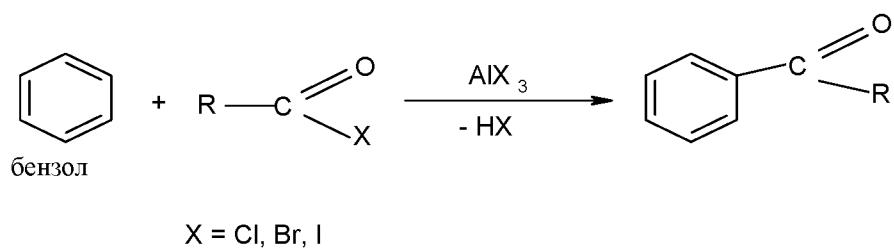
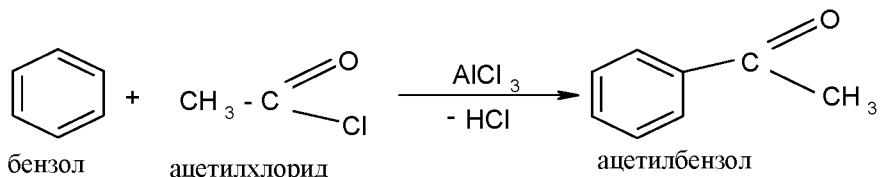
- ### 3) Сульфирование



4) Алкилирование по Фриделю-Крафтсу:



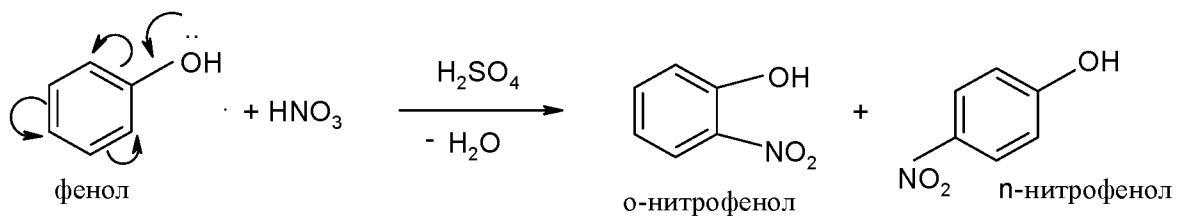
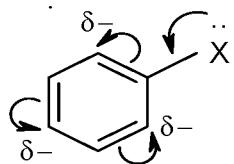
5) Ацилирование по Фриделю-Крафтсу:



## II. Ориентирующее действие заместителей в бензольном кольце:

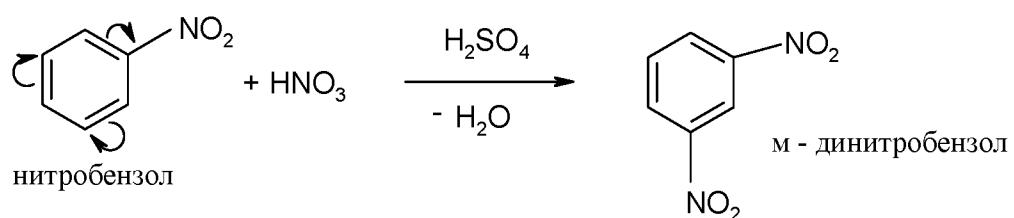
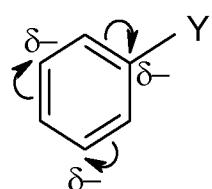
1. Электронодонорные заместители увеличивают электронную плотность в бензольном кольце, облегчают реакции электрофильного замещения и направляют новый заместитель в *ортопара*-положения (ориентанты I рода):

–CH<sub>3</sub>; –CH<sub>2</sub>R; –CH=CH<sub>2</sub>; –C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>; –OH; –OR; –NH<sub>2</sub>;  
–F; –Cl; –Br; –I

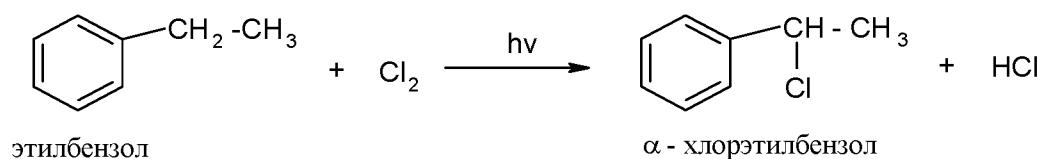


2. Электронакцепторные заместители уменьшают электронную плотность в бензольном кольце, замедляют реакции электрофильного замещения и направляют новый заместитель в *мета*-положение (ориентанты II рода):

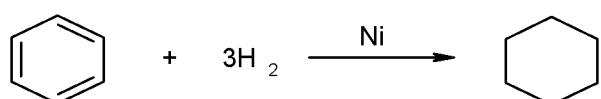
- $\text{NO}_2$  ; –  $\text{SO}_3\text{H}$  ; –  $\text{C}(\text{O})\text{H}$  ; –  $\text{COOH}$  ; –  $\text{COOR}$  ; –  $\text{CN}$



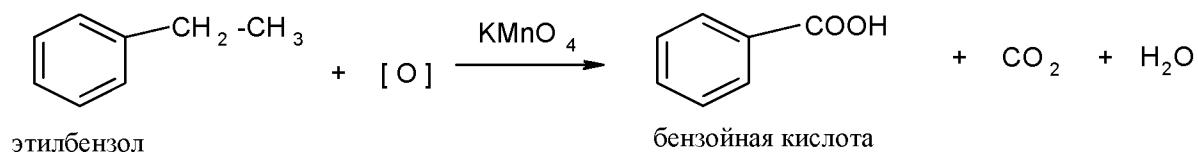
III. Реакции радикального замещения:



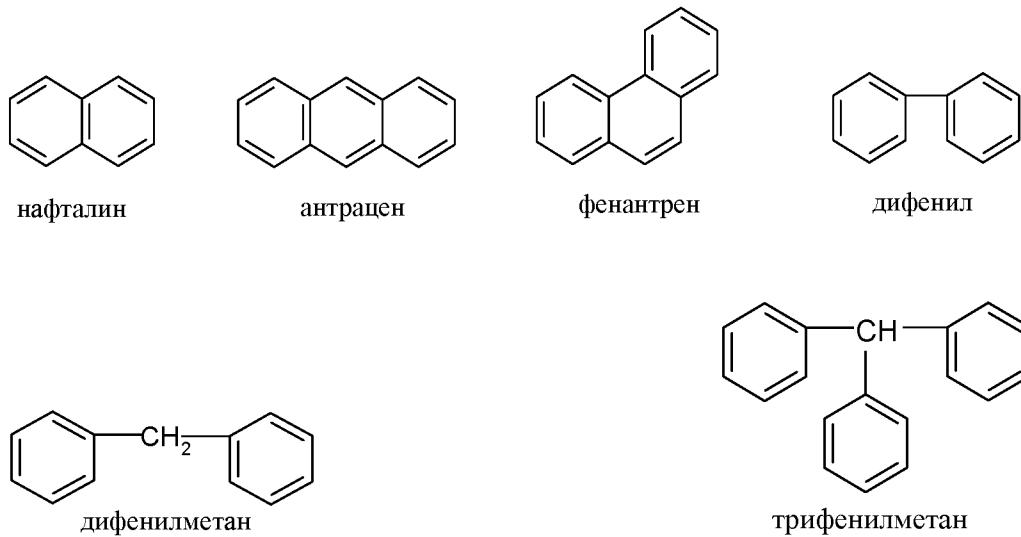
IV. Восстановление:



V. Окисление:

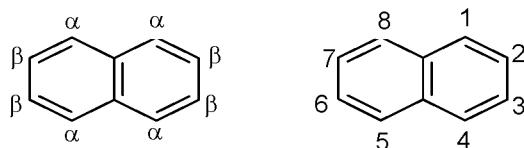


## §5. Понятие о многоядерных аренах. Конденсированные арены (нафталин, антрацен, фенантрен)



В молекуле нафталина, также как и в бензоле, нет обычных простых и двойных связей. Связи между углеродными атомами выравнены, что и обуславливает специфический ароматический характер нафталинового ядра.

В отличие от бензола каждое монозамещенное производное нафталина может существовать в виде двух изомеров, так как в молекуле нафталина не все атомы углерода равнозначны – имеются два углеродных атома, принадлежащих обоим бензольным кольцам, а остальные атомы углерода либо непосредственно связаны с этими атомами углерода, либо удалены от них на один атом углерода.



Положения 1, 4, 5, 8 – равнозначны и соответствуют  $\alpha$  – положениям, так же как равнозначны положения 2, 3, 6, 7, соответствующие  $\beta$  – положениям.

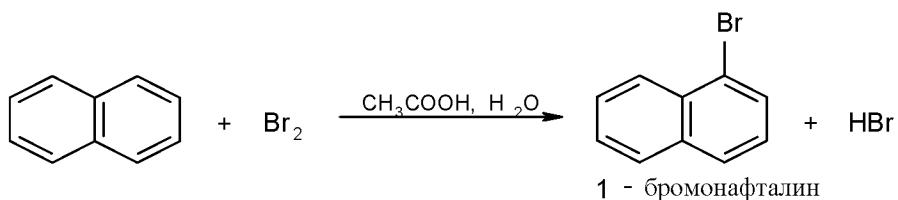
Нафталин – бесцветные пластиинки с характерным запахом, летучи; нерастворим в воде, хорошо растворяется в бензоле, эфире. Легко возгоняется.

## §6. Химические свойства конденсированных аренов

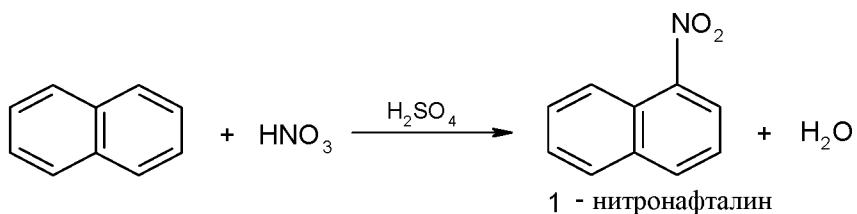
### 1. Реакции электрофильного замещения у нафталина.

Аналогично бензолу нафталин образует галогензамещенные, нитропроизводные, сульфокислоты и др.

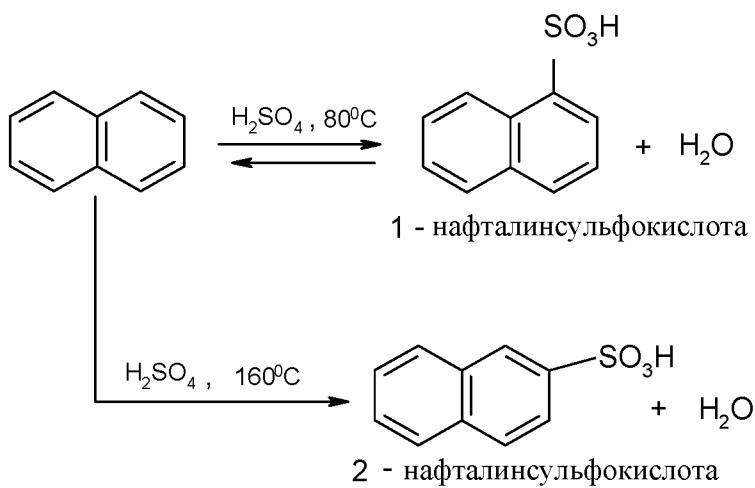
Галогенирование:



Нитрование:



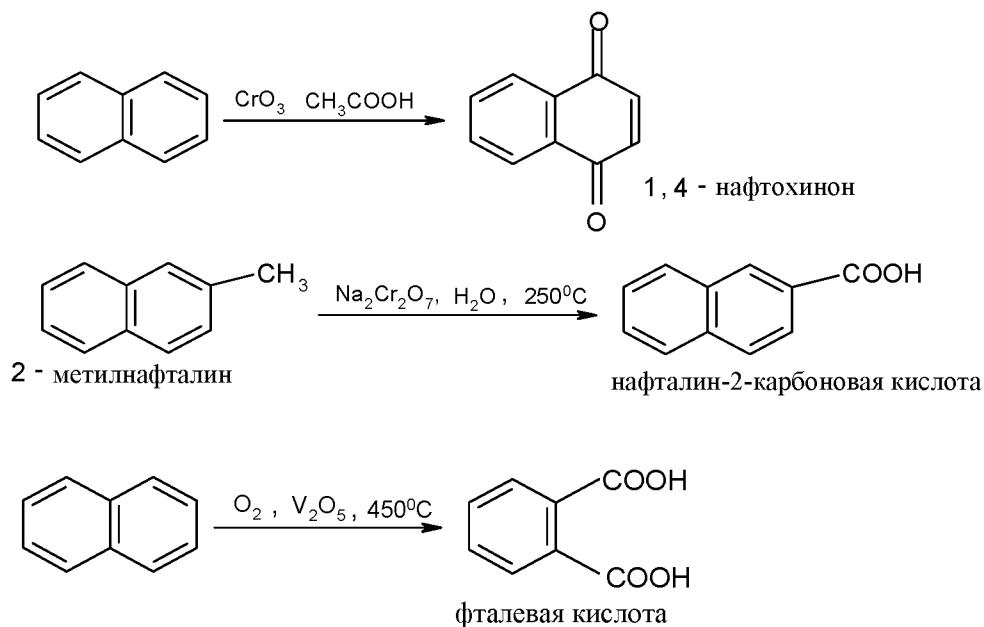
Сульфирование:



### 2. Каталитическое гидрирование нафталина



### 3. Окисление нафталина и его гомологов



### Применение.

Бензол используется в качестве растворителя и сырья для синтеза полимеров, взрывчатых веществ, лекарственных препаратов. Нафталин применяют в производстве фталевого ангидрида, лекарственных препаратов. Тетралин и декалин – растворители. Нафтохиноновое кольцо входит в состав витамина К.