

# Ароматические углеводороды

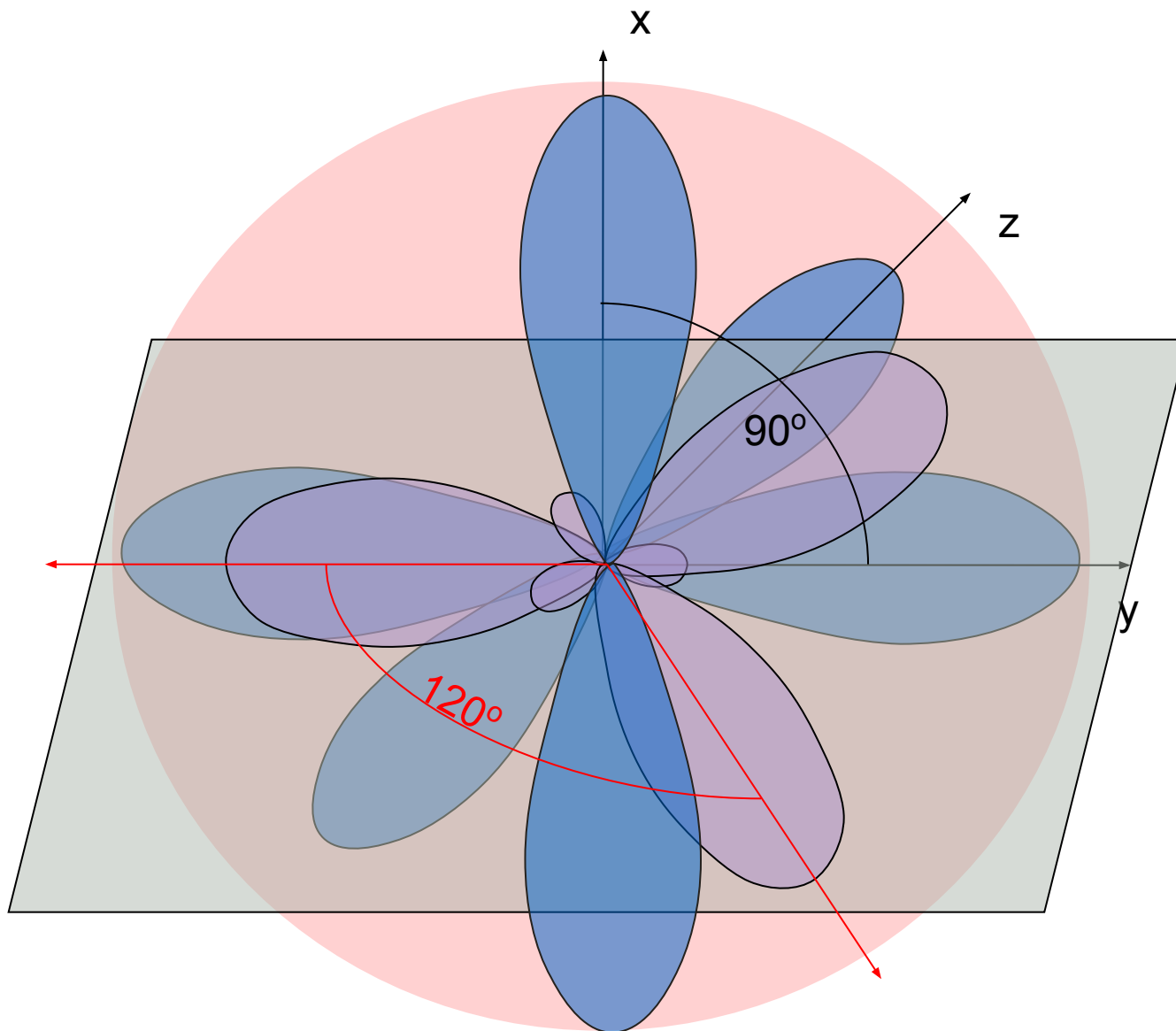
(арены)

$C_n H_{2n-6}$ , где  $n \geq 6$

# Строение молекул

- $sp^2$ -гибридизация;
- $120^\circ$  - валентный угол;
- В основе - шестичленный цикл (бензольное кольцо/ядро);
- Кольцевая ароматическая  $\pi$ -система.

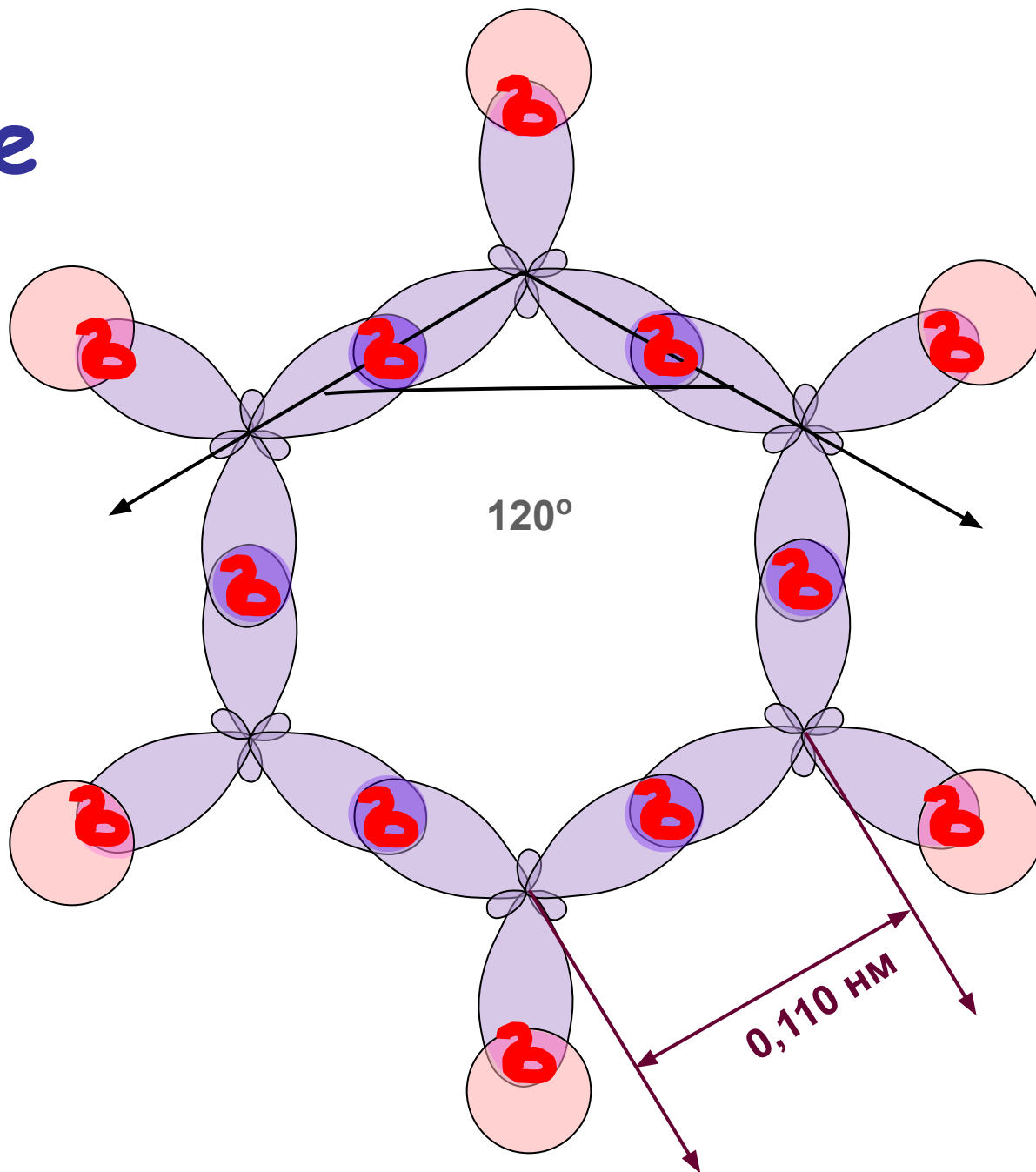
# sp<sup>2</sup>-гибридизация



# $\sigma$ -СВЯЗИ

## В МОЛЕКУЛЕ бензола

(вид сверху,  
 $\pi$ -связи не показаны)

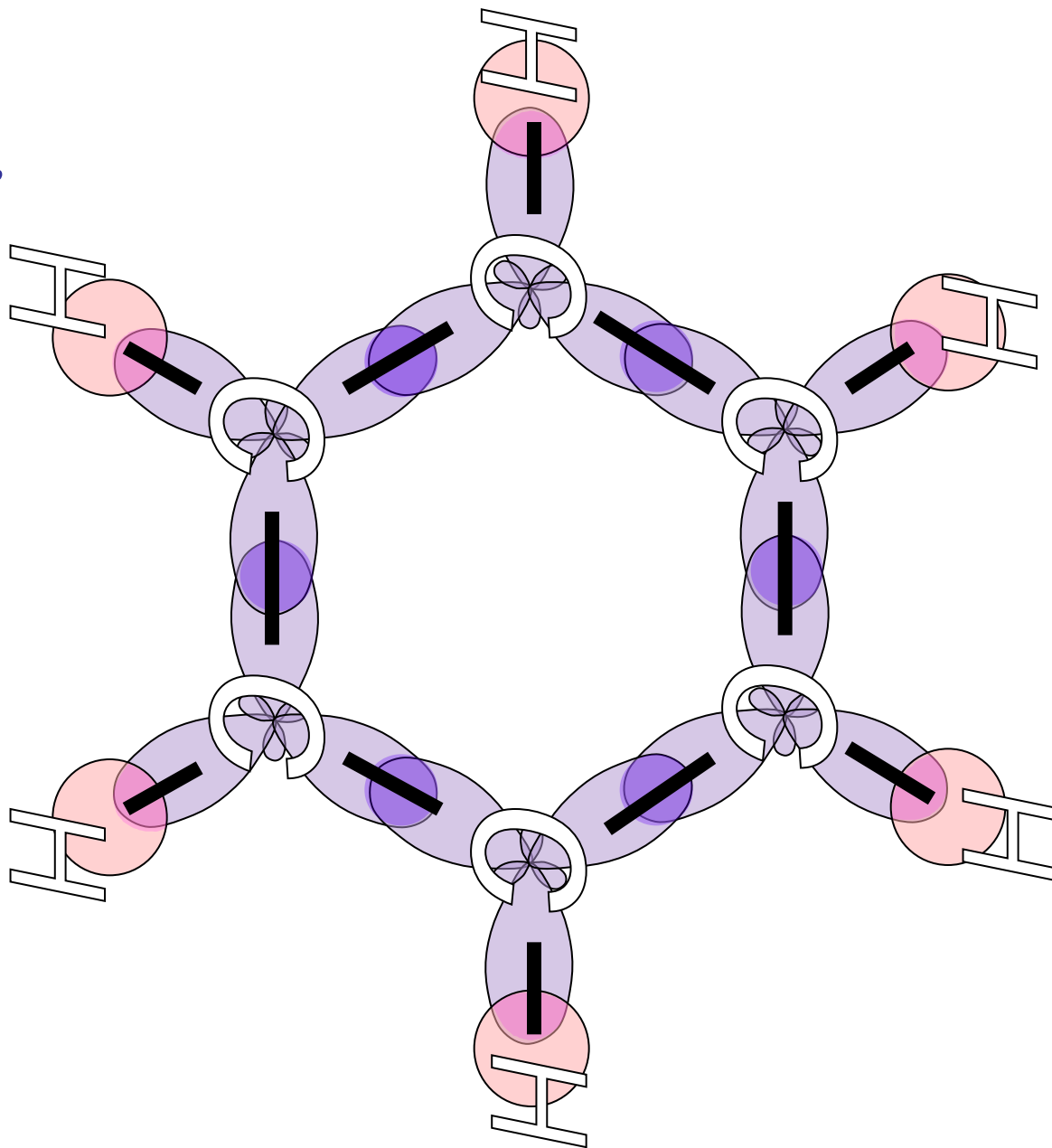




# $\sigma$ -СВЯЗИ

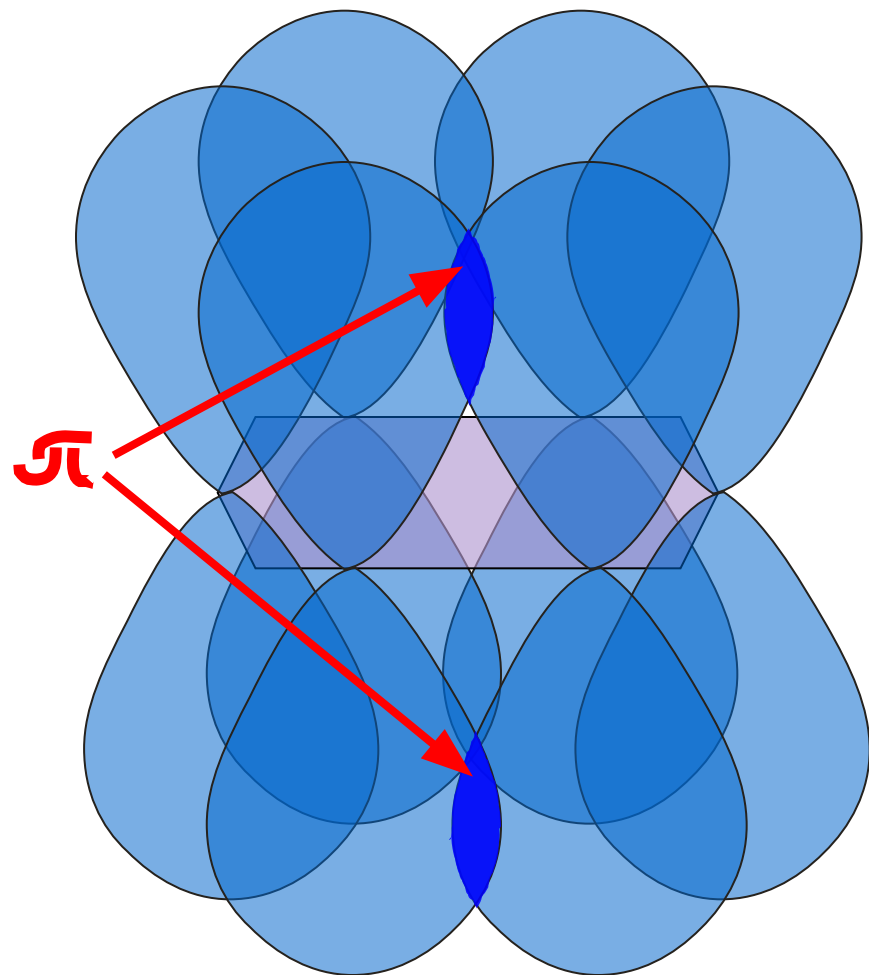
## в формуле бензола

(вид сверху,  
 $\pi$ -связи не показаны)

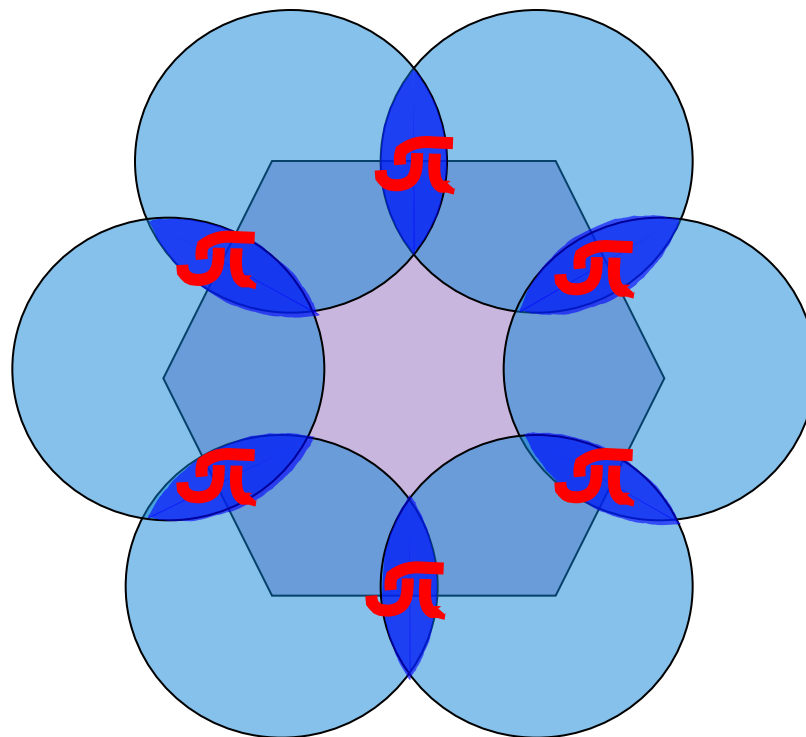


# $\pi$ -СВЯЗИ В БЕНЗОЛЕ (водород не показан)

А) вид в ракурсе (сверху-сбоку)

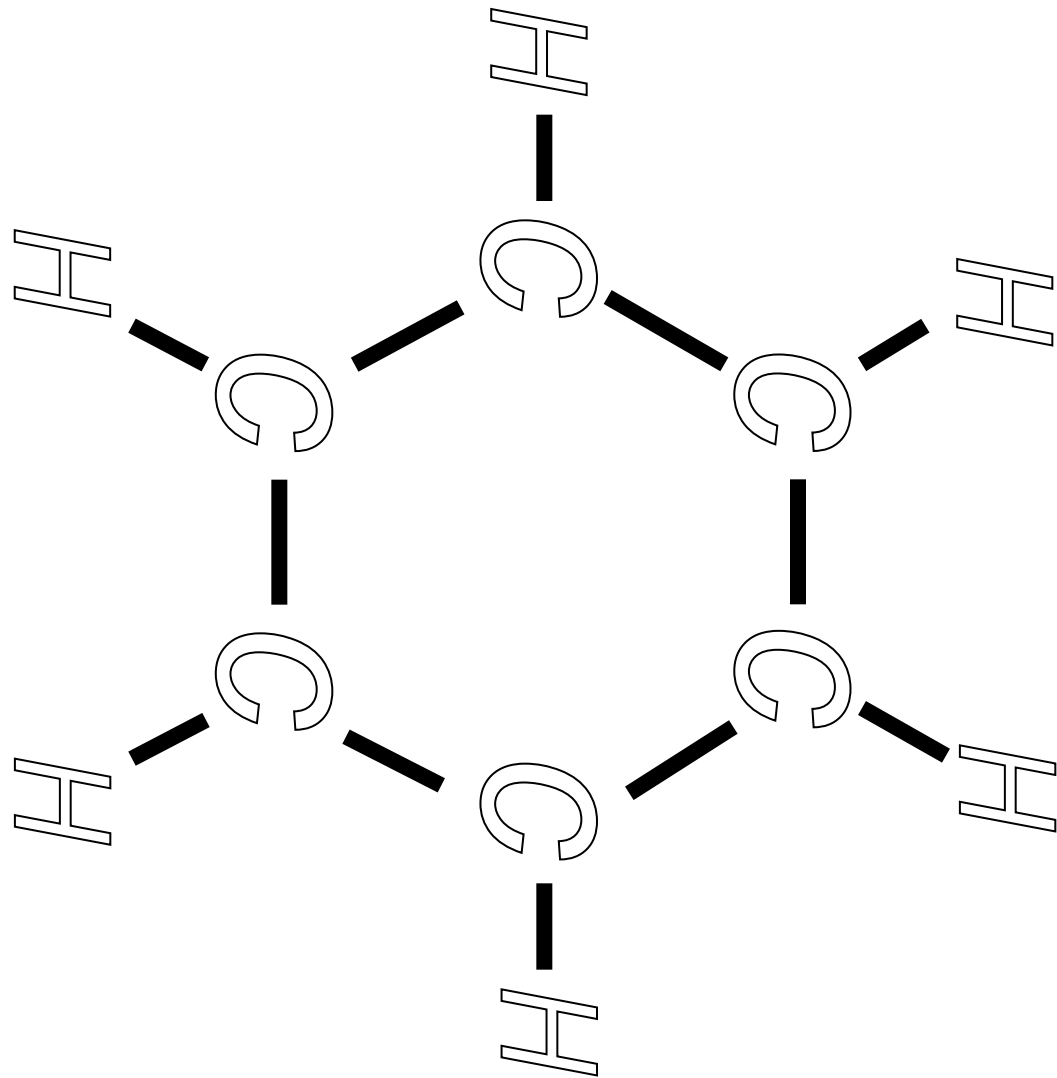


Б) вид сверху

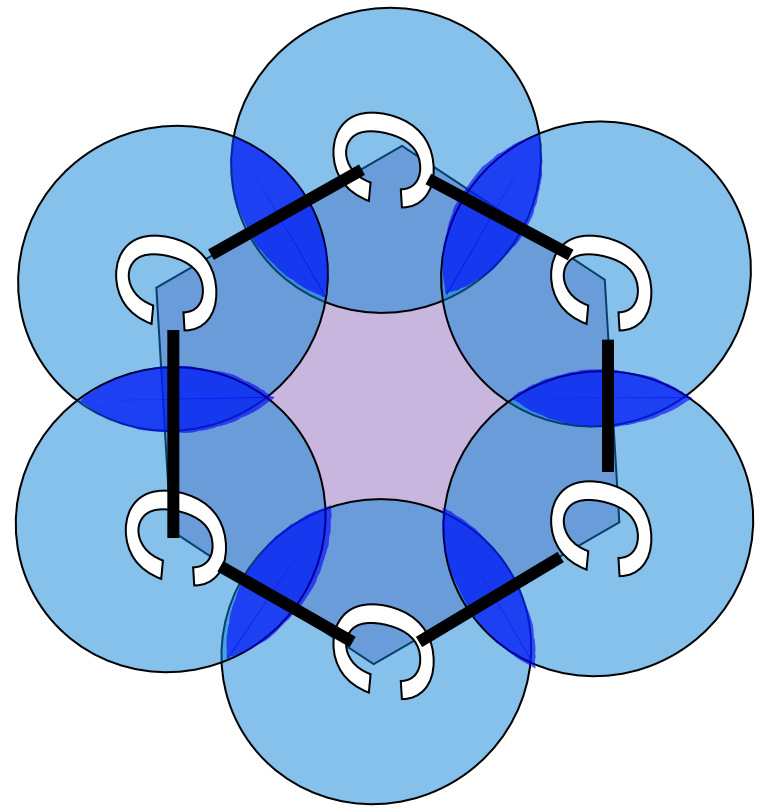


# формула бензола

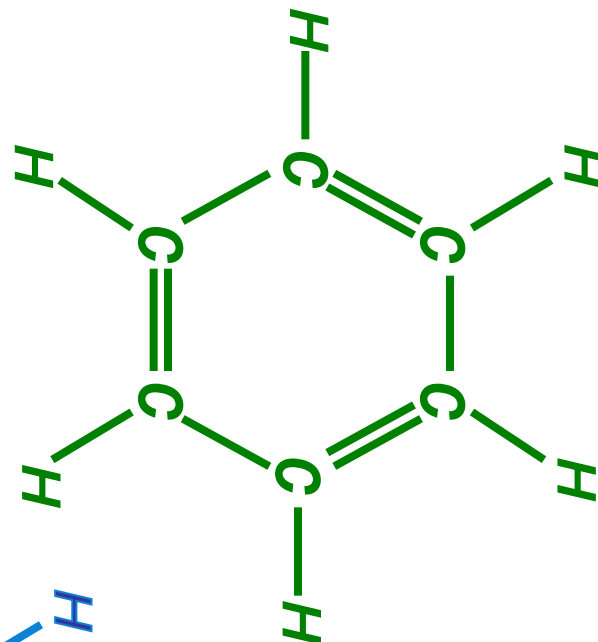
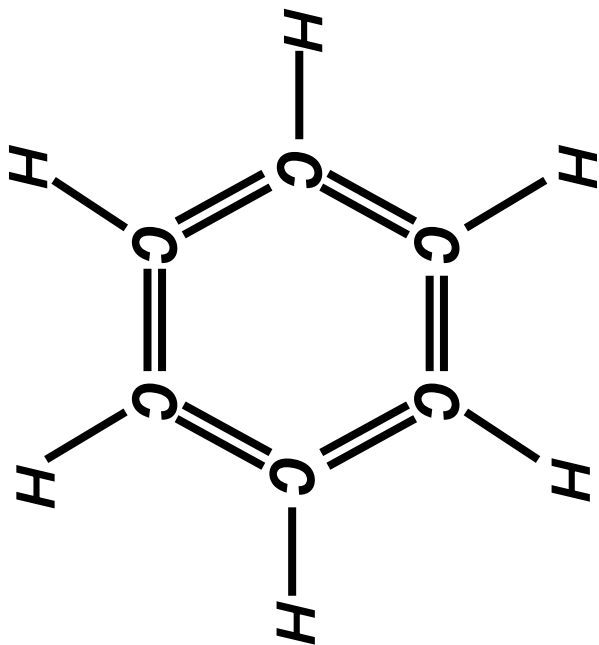
$\sigma$ -СВЯЗИ



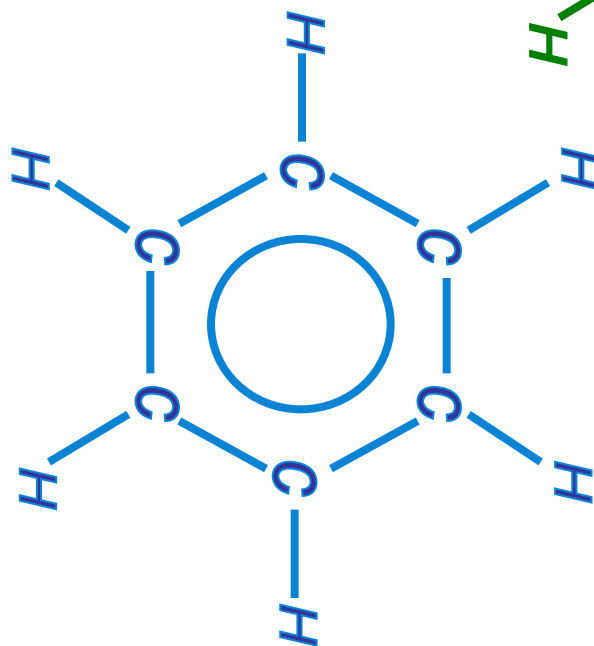
$\pi$ -СВЯЗИ



# Полные структурные формулы бензола



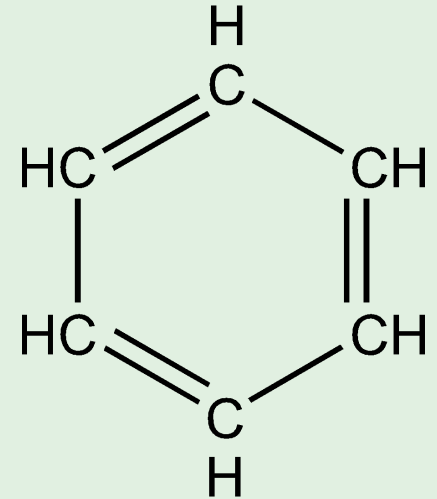
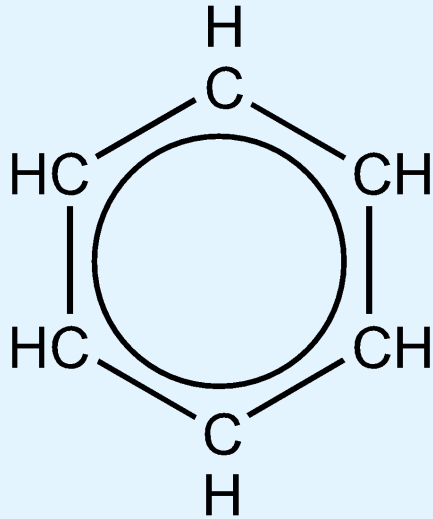
формула Кекуле



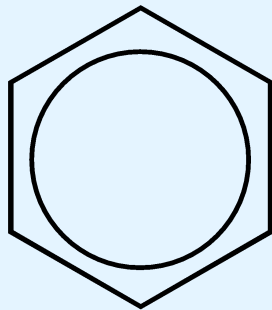
современная формула



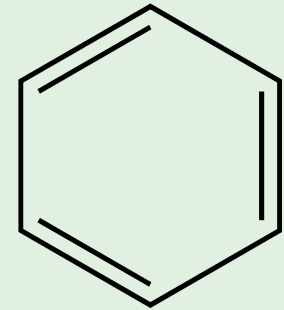
# Сокращенные структурные формулы бензола



## Безатомные формулы бензола

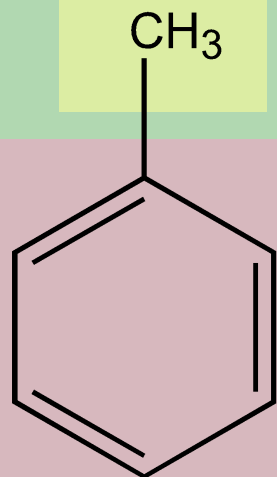


современная формула

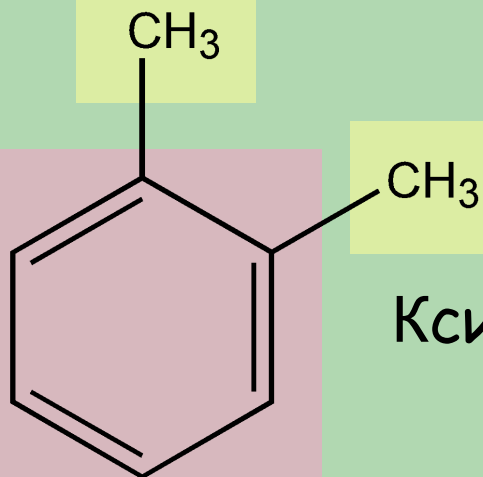


формула Кекуле

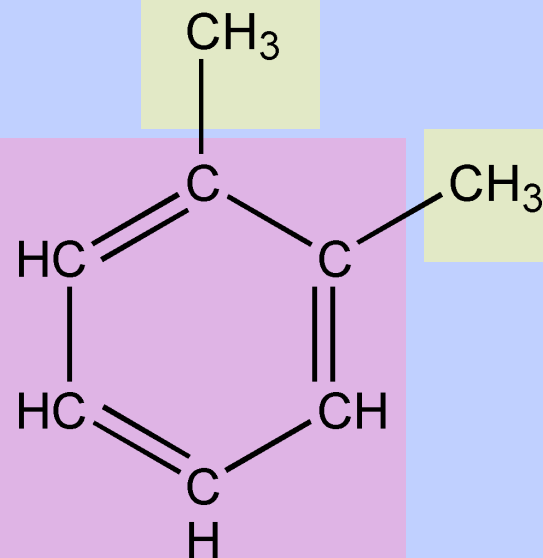
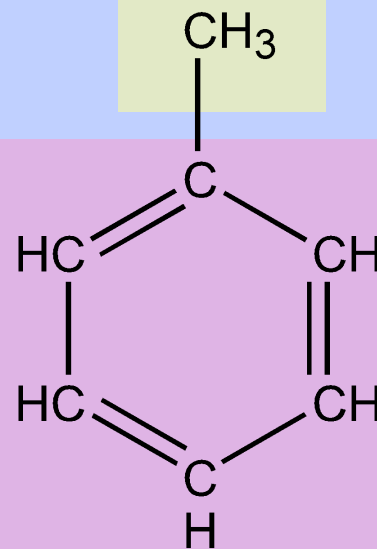
# Гомологи бензола



Толуол (метилбензол)



Ксилол (диметилбензол)

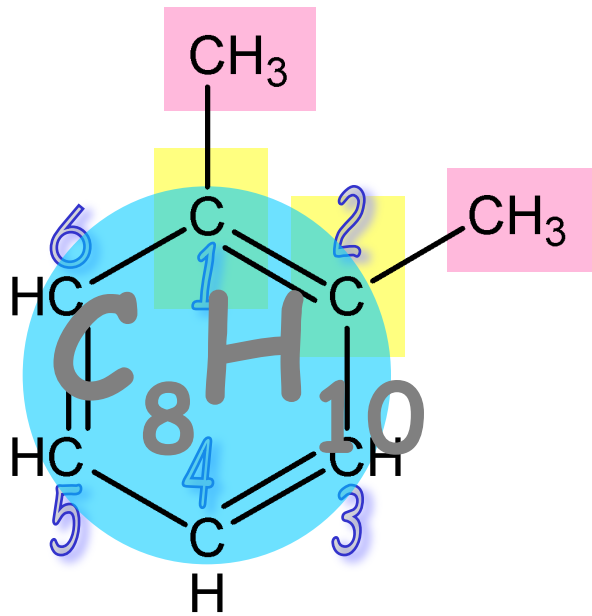


Безатомные формулы

Сокращенные структурные формулы

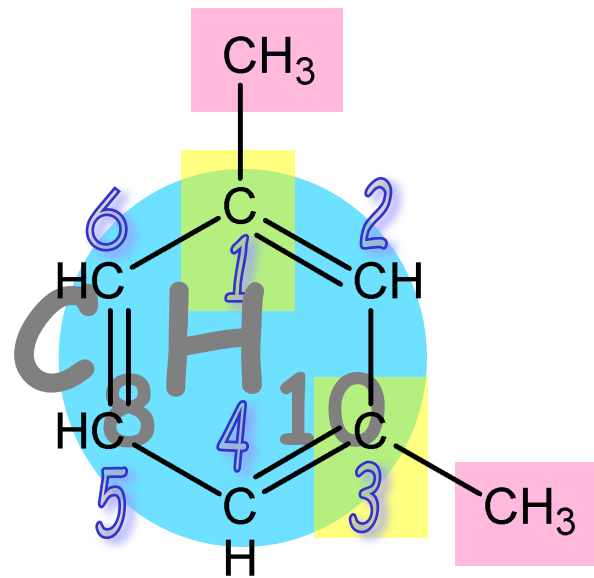
# Изомерия аренов

А) изомерия положения заместителей на бензольном кольце



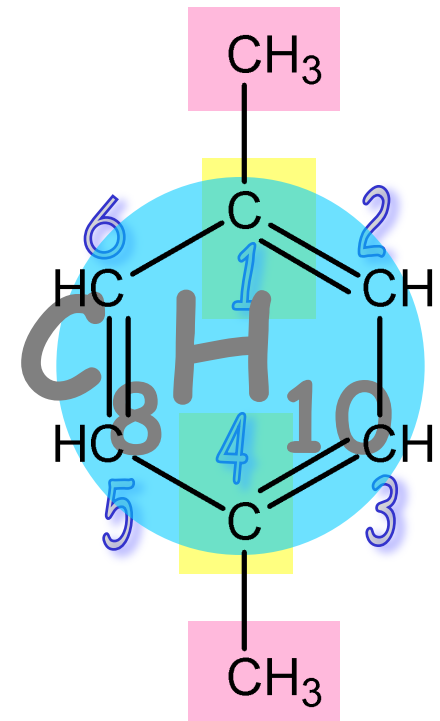
1,2-диметилбензол

(орто-ксилол)



1,3-диметилбензол

(мета-ксилол)

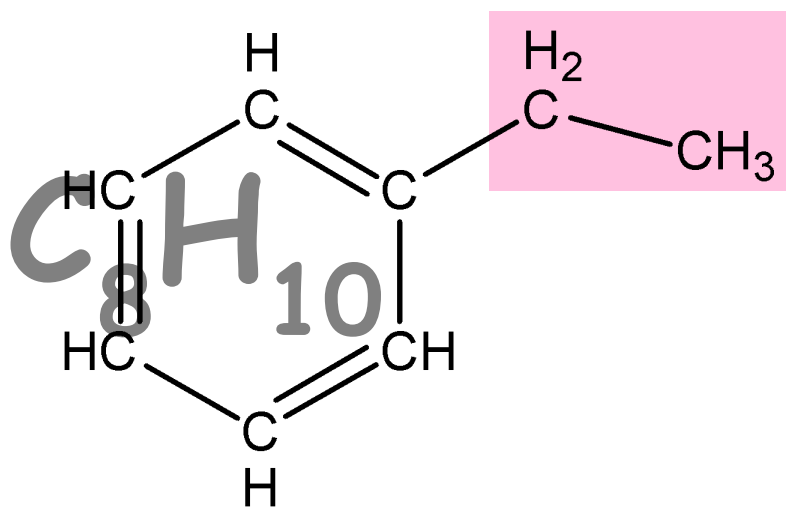


1,4-диметилбензол

(пара-ксилол)

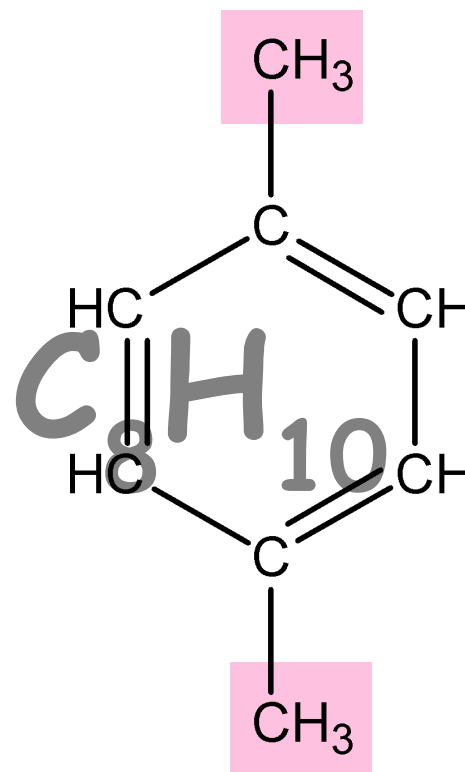
## Б) изомерия количества заместителей

**ОДИН** заместитель



этилбензол

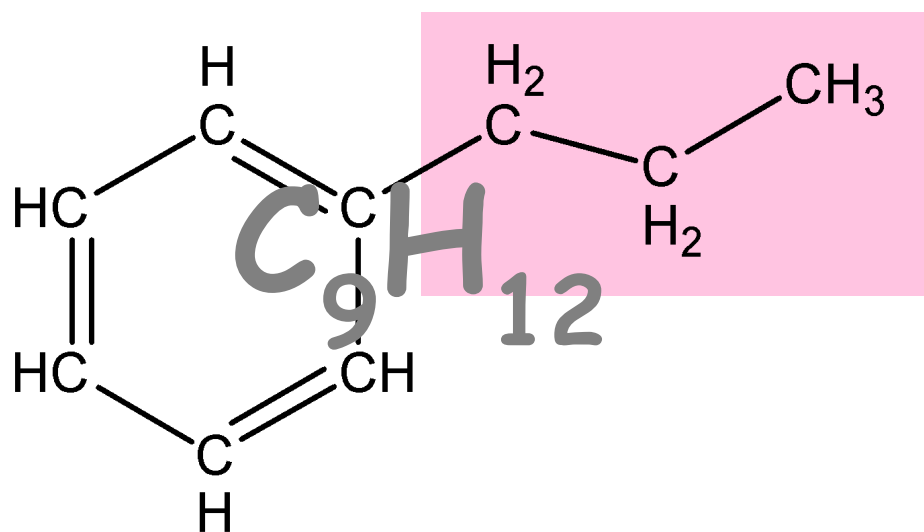
**ДВА** заместителя



1,4-диметилбензол

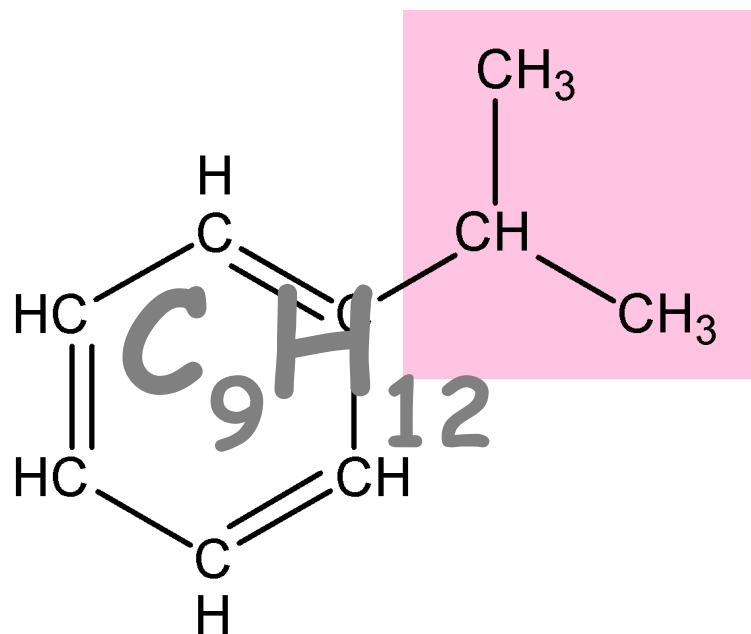
## В) изомерия заместителя

один  
неразветвленный заместитель



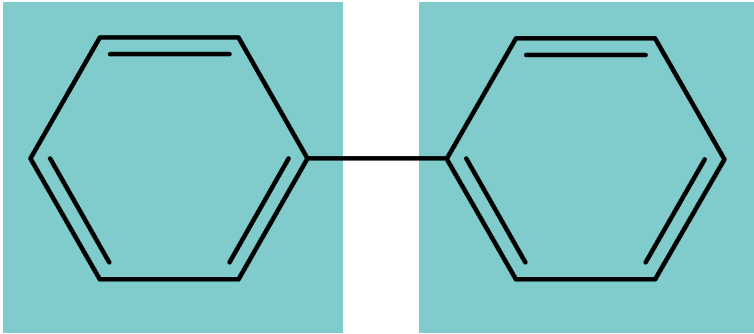
пропилбензол

один  
разветвленный заместитель



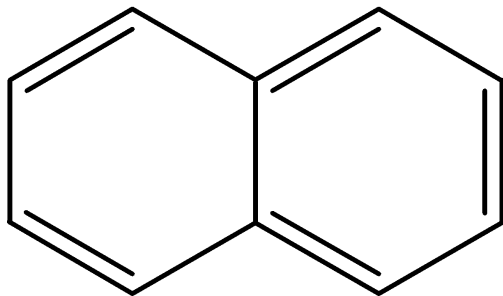
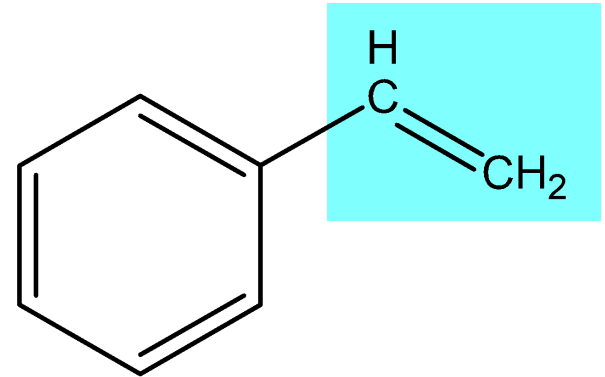
изопропилбензол

# Другие арены



дифенил

стирол  
(винилбензол)



нафталин



# Физические свойства аренов

## а) агрегатное состояние



ЖИДКОСТИ

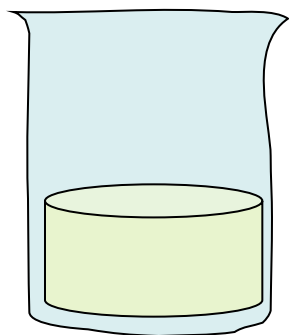
- бензол
- толуол
- ксилол и др.



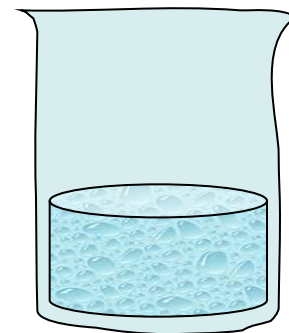
ТВЕРДЫЕ ВЕЩЕСТВА

- дифенил
- нафталин и др.

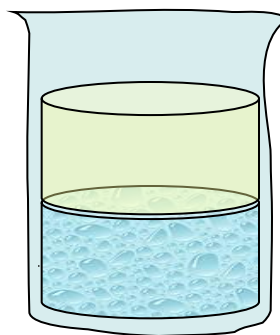
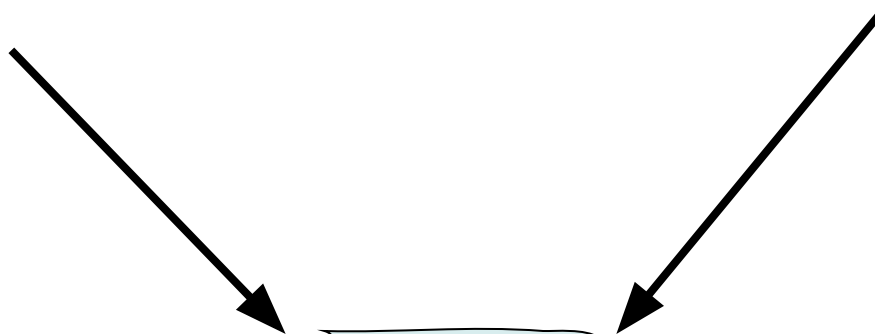
## б) растворимость



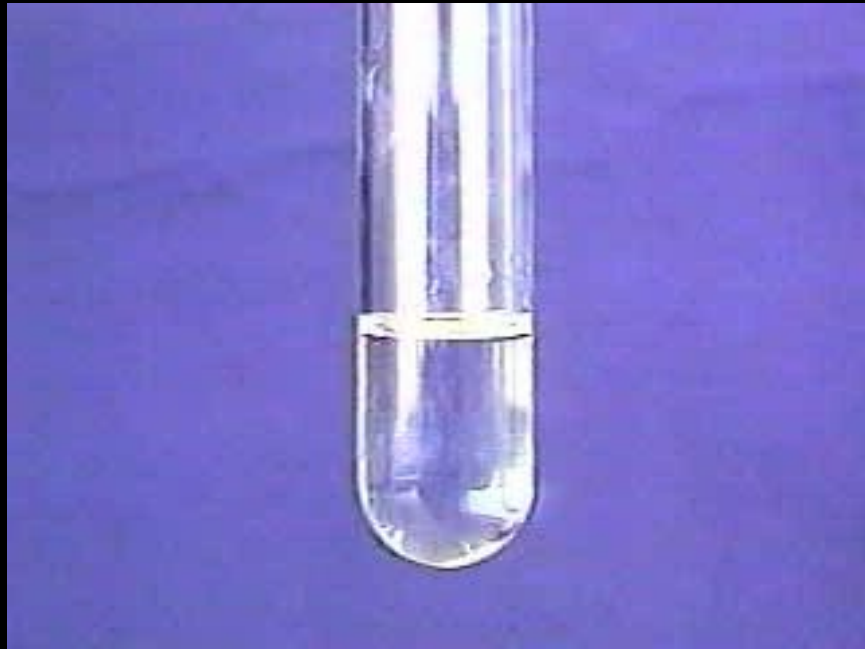
бензол

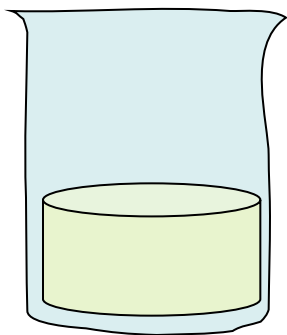


вода

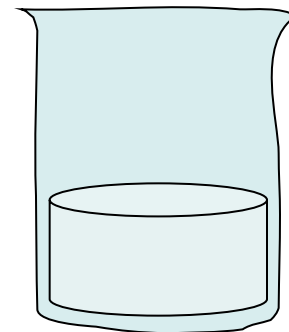
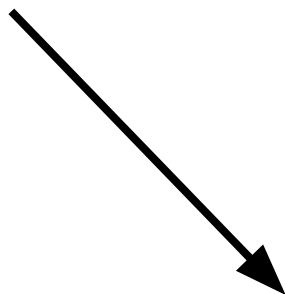


НЕ СМЕШИВАЮТСЯ

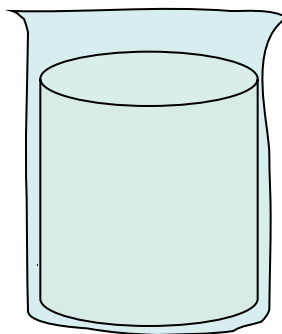
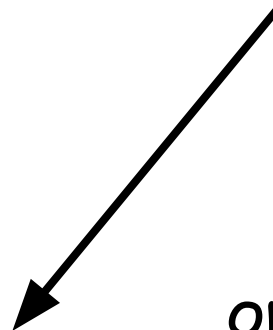




бензол

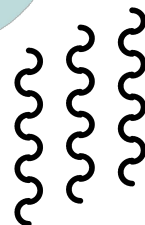
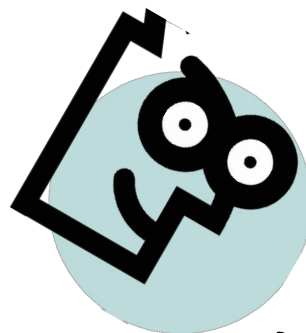


органические  
растворители:  
бензин, ацетон  
и пр.

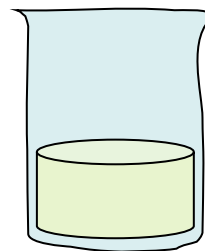


СМЕШИВАЮТСЯ

# в) запах/летучесть



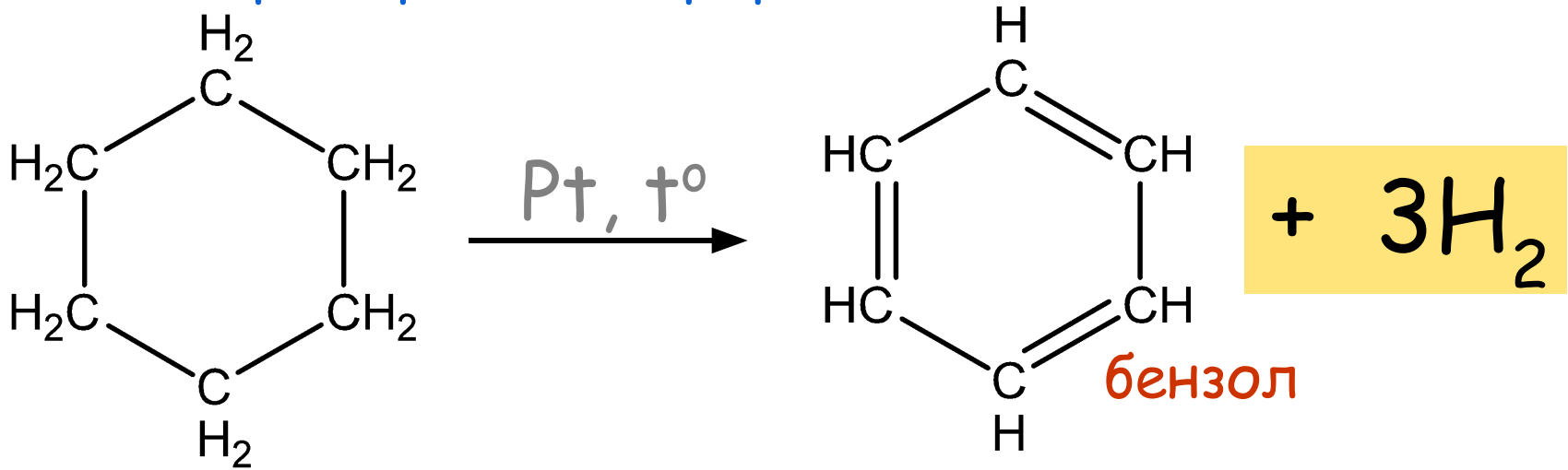
◀бензол▶



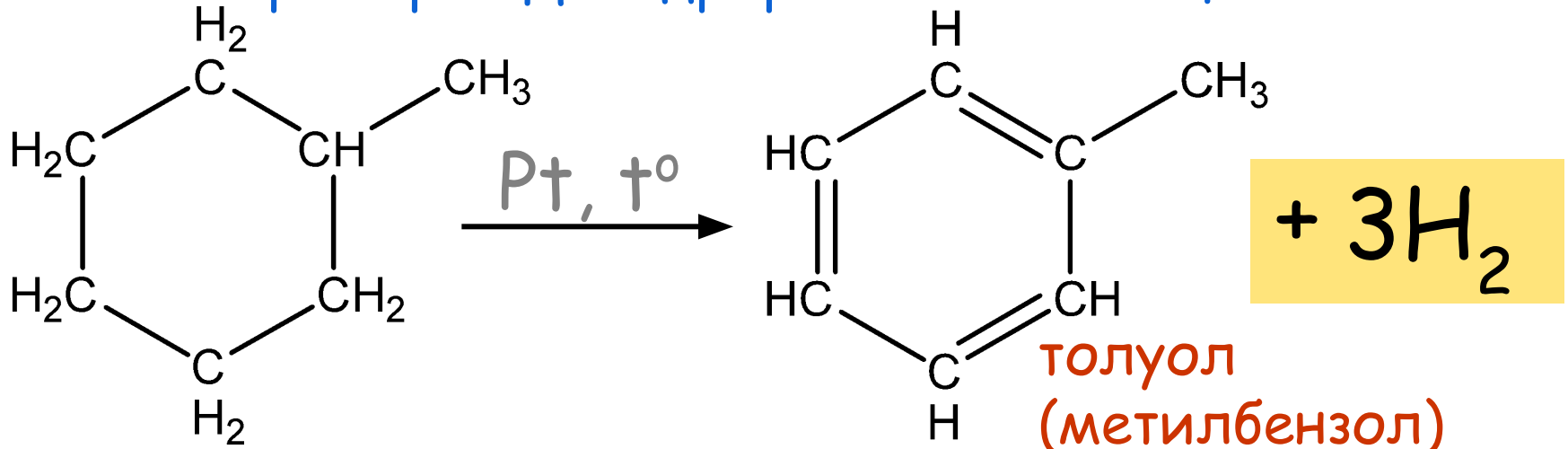
# Получение аренов

1. Выделение из нефти
2. Дегидрирование циклоалканов

Пример 1. Дегидрирование циклогексана



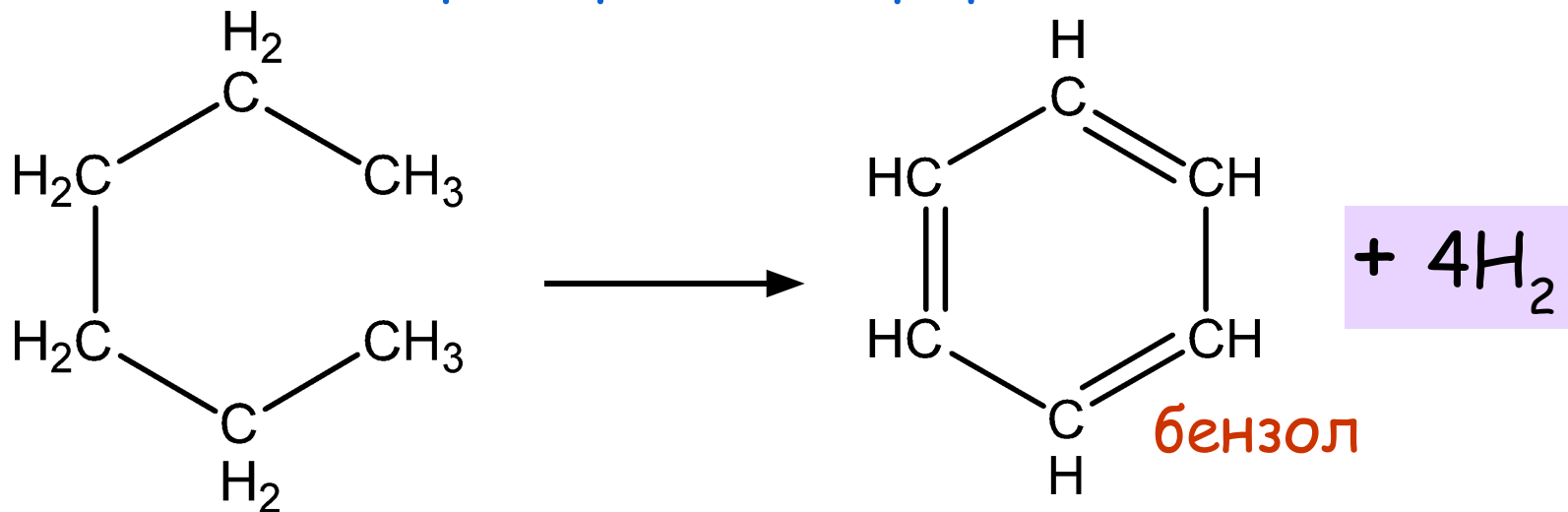
Пример 2. Дегидрирование метилциклогексана



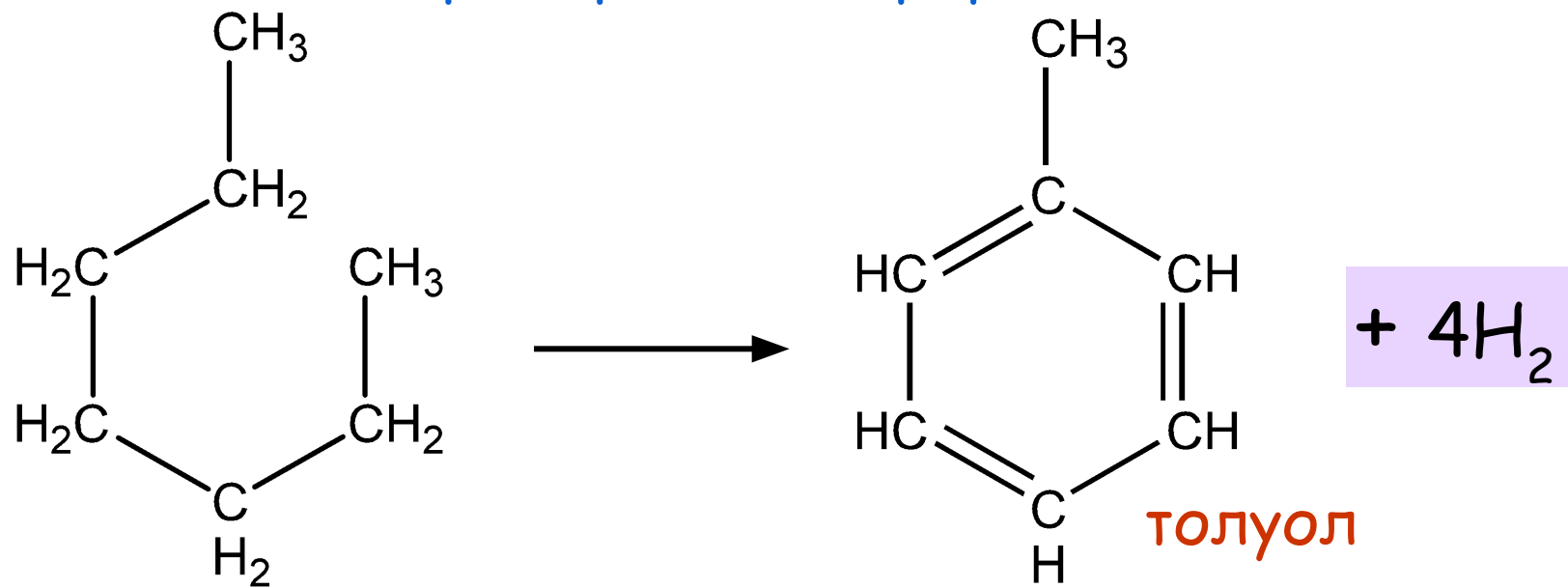


### 3. Дегидрирование алканов (дегидроциклизация)

#### Пример 1: дегидрирование гексана

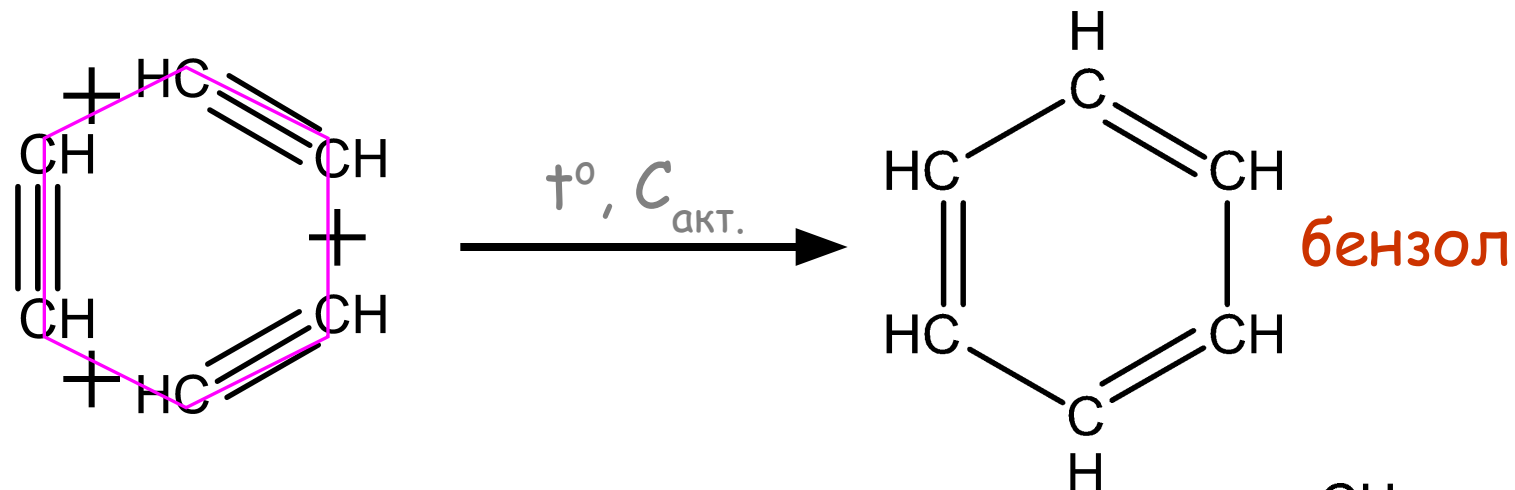


#### Пример 2: дегидрирование гептана

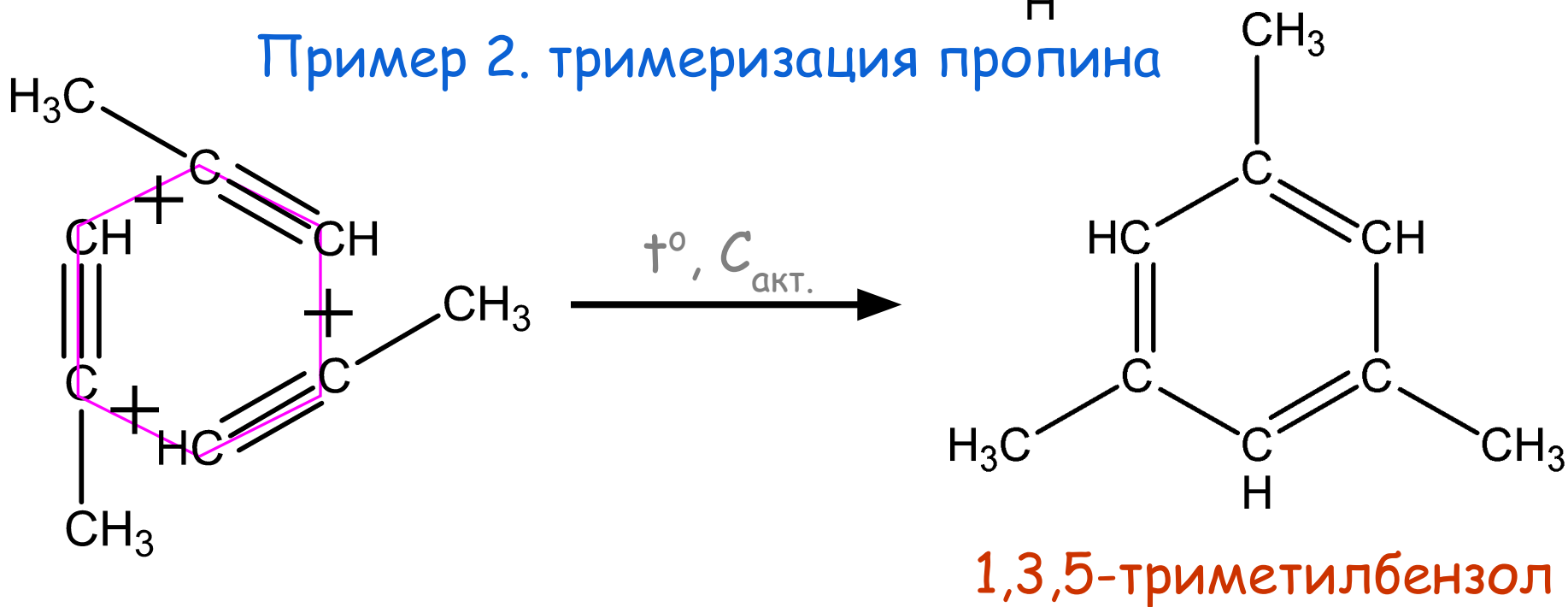


## 4. Тримеризация алкинов

### Пример 1. тримеризация ацетилена (этина)

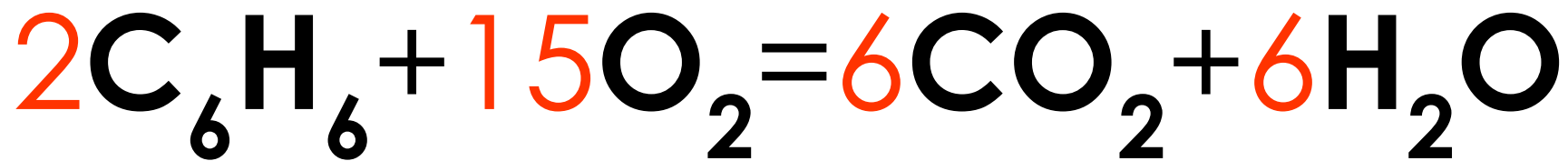


### Пример 2. тримеризация пропина



# Химические свойства аренов

## 1. Горение

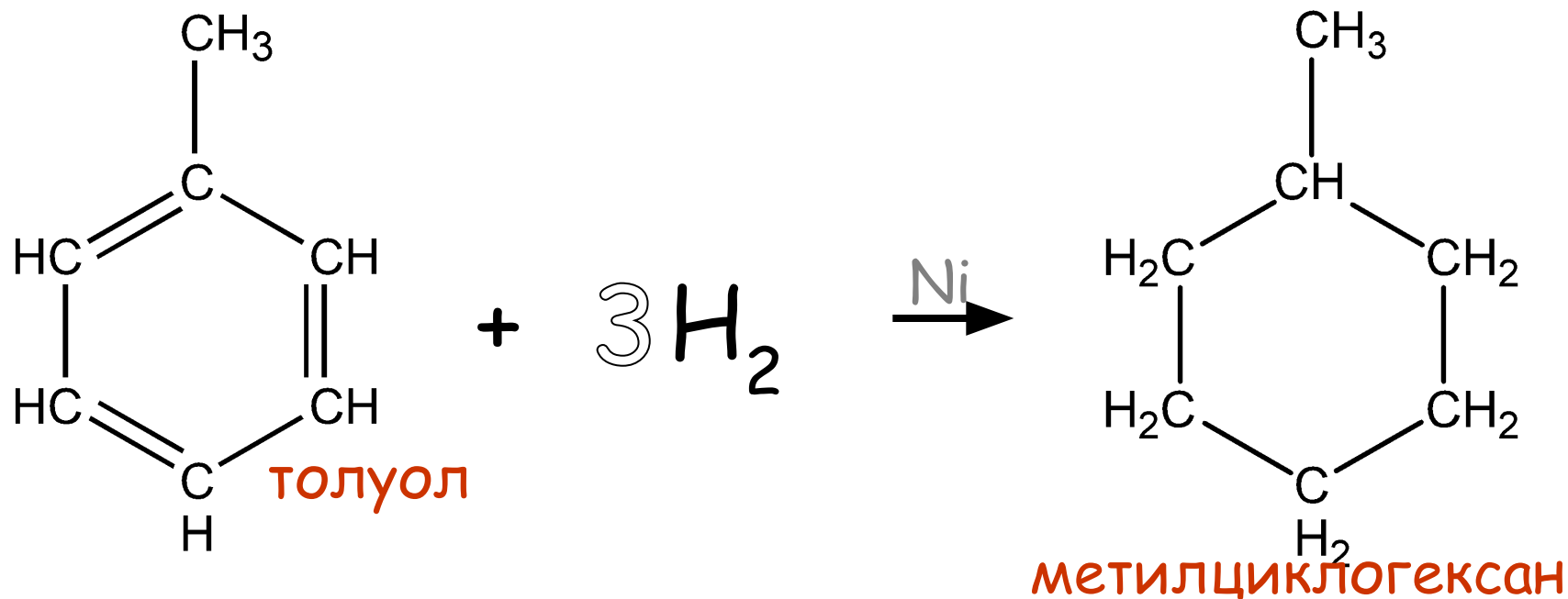
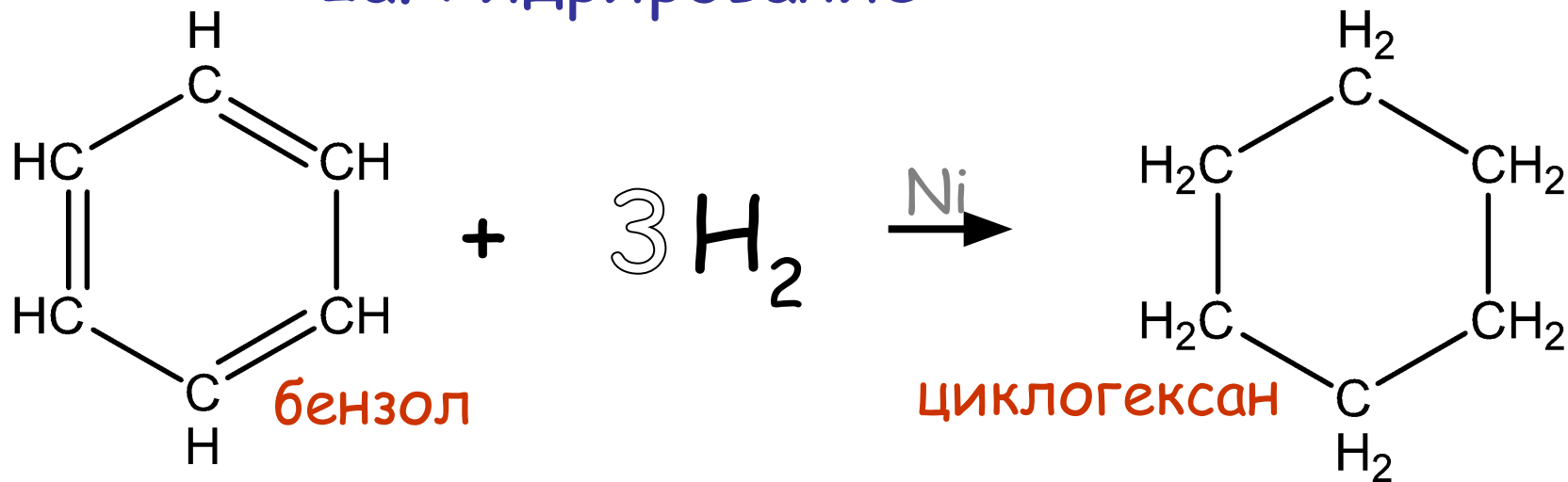


Пламя красное,  
копящее

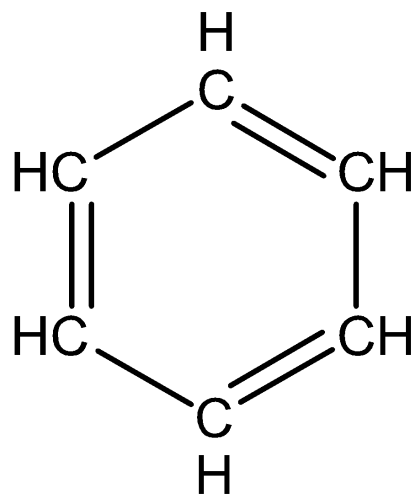


## 2. Присоединение

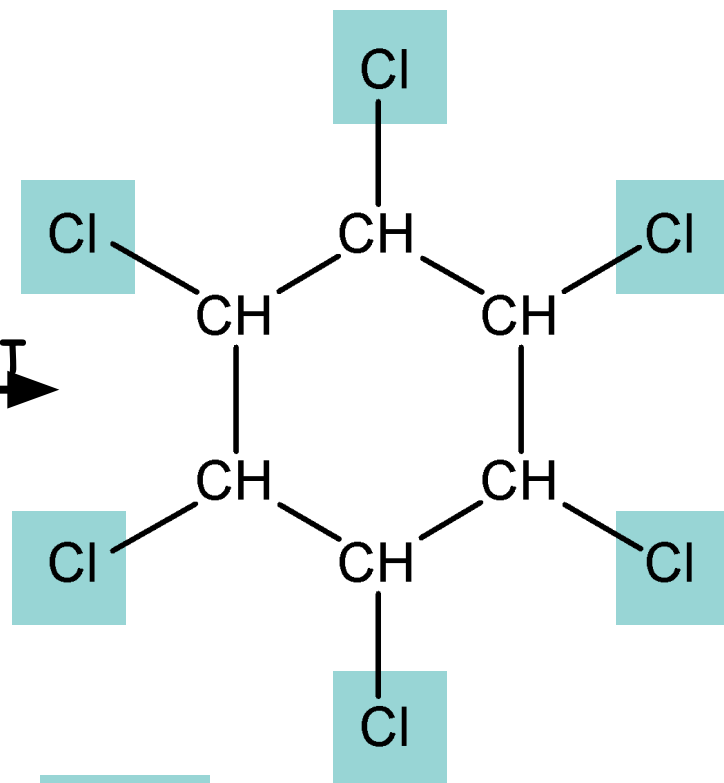
### 2а. Гидрирование



## 26. Галогенирование (хлорирование)



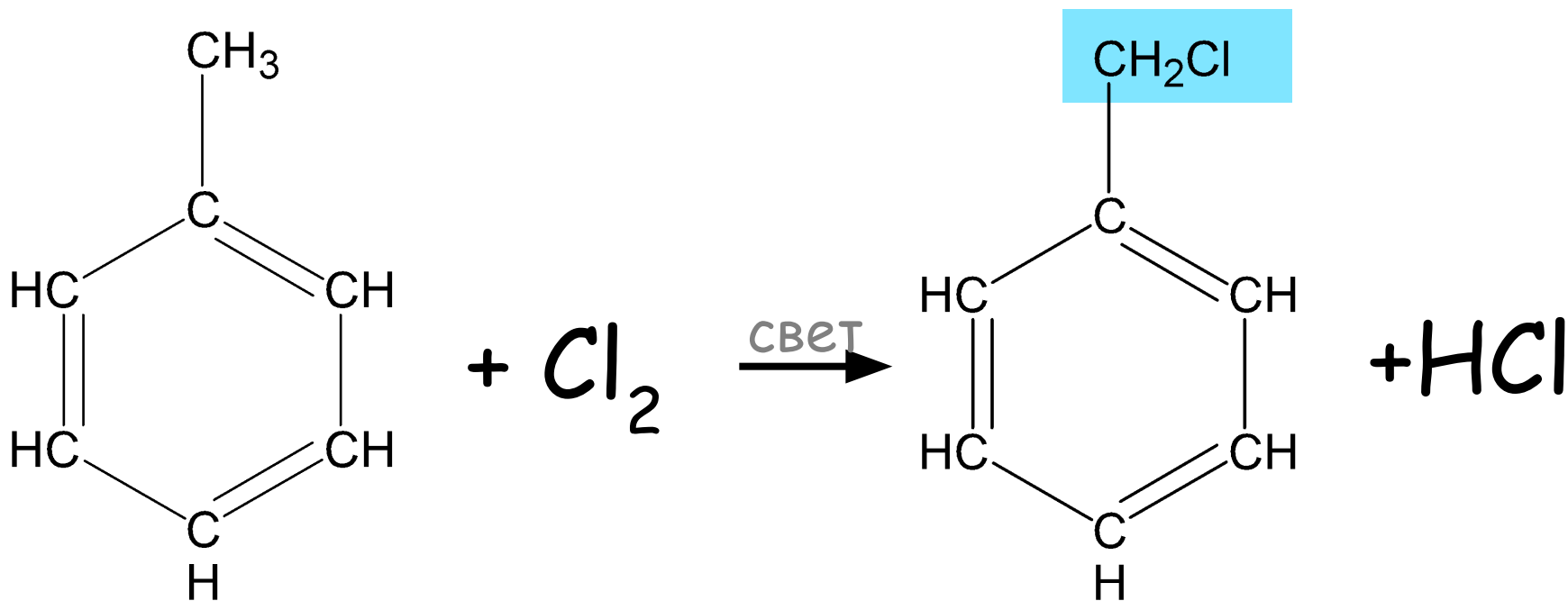
бензол



1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексан  
(гексахлоран)  
(применяется как ядохимикат)

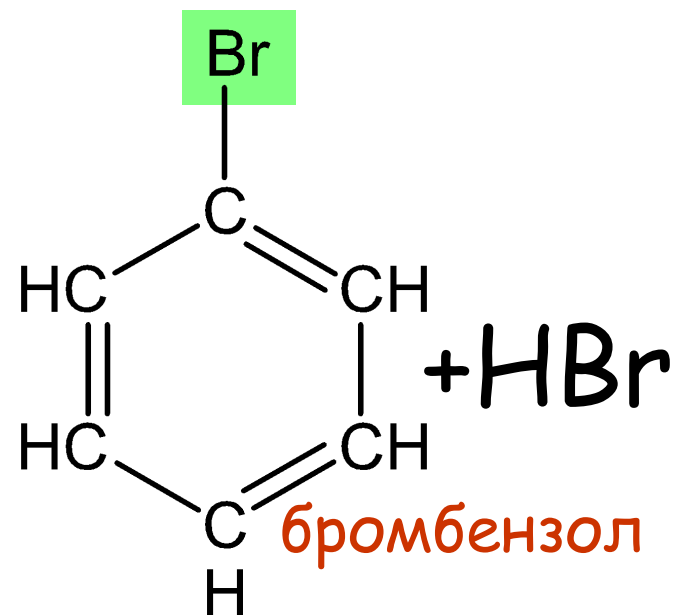
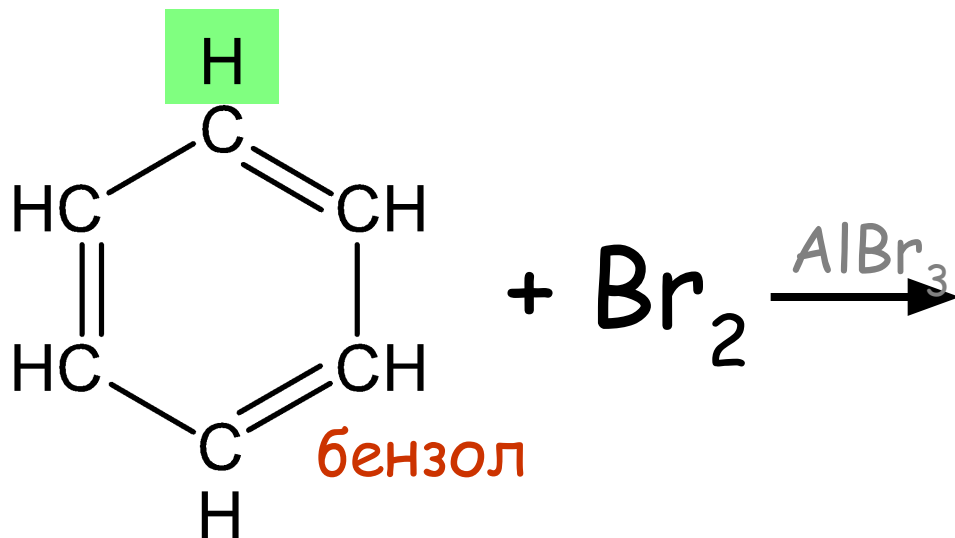
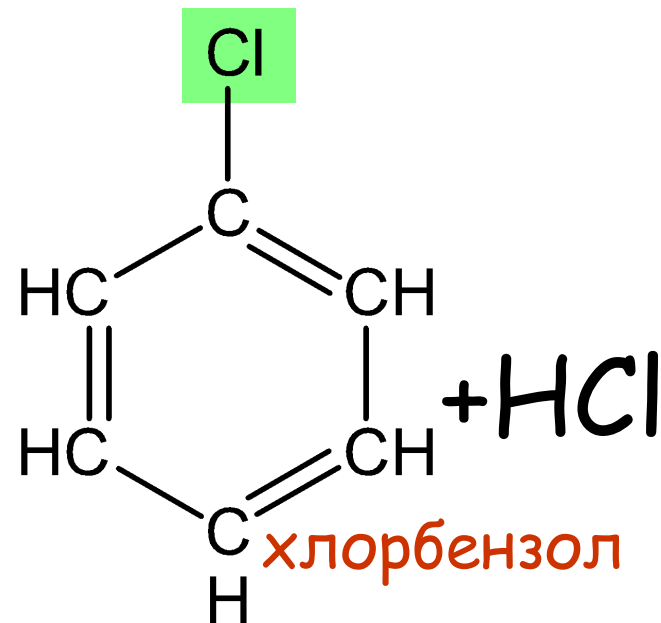
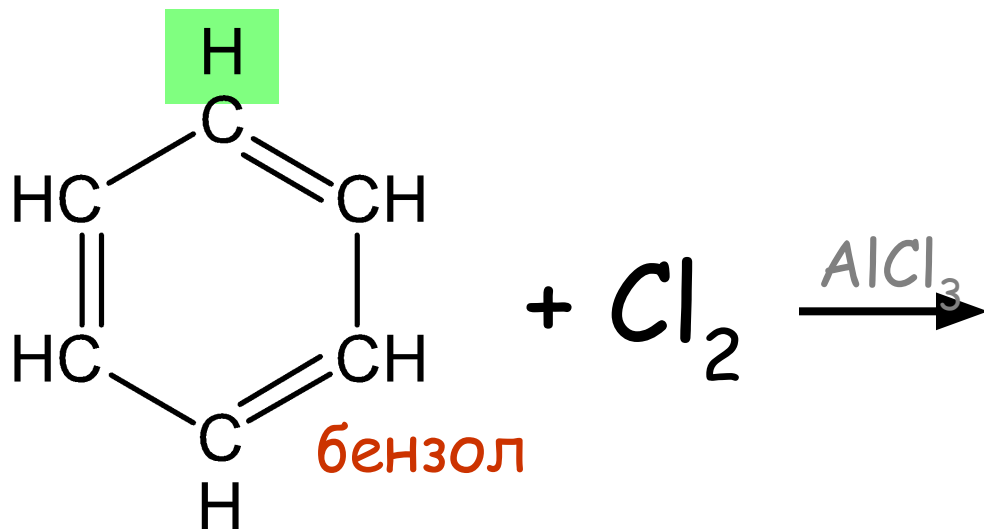
# НО!

ХЛОРИРОВАНИЕ ТОЛУОЛА НА СВЕТУ -  
НЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ, А ЗАМЕЩЕНИЕ  
В БОКОВОЙ ЦЕТИ!

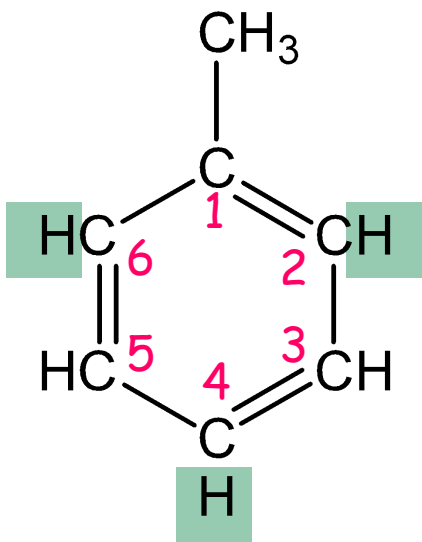




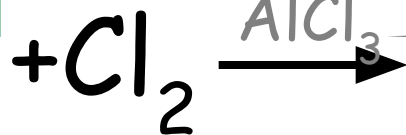
3. Замена  
Замещаемый элемент: -H  
Замещающий элемент: Cl(Br)



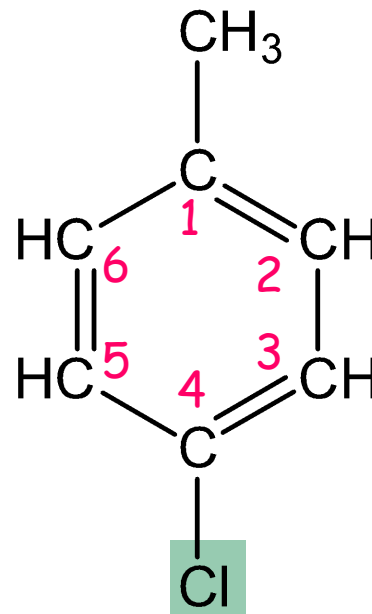
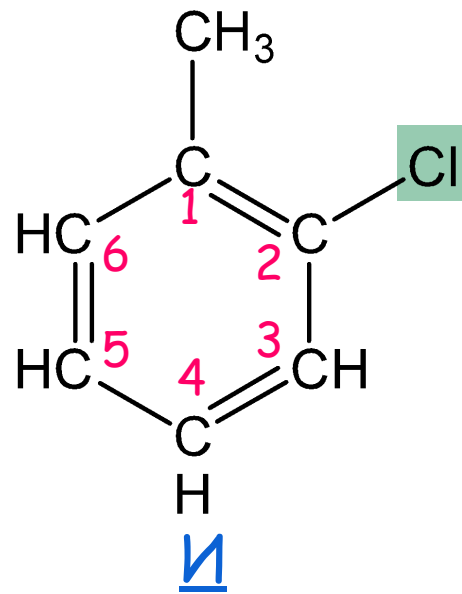
При соотношении  
толуола и хлора 1:1



толуол



орто-хлортолуол

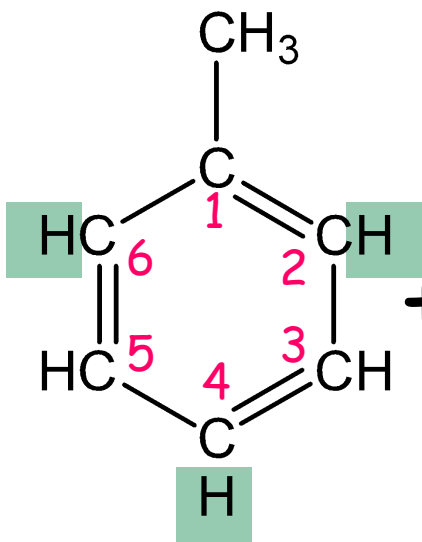


пара-хлортолуол

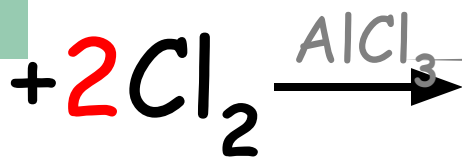


Замещаемый элемент:  $-\text{H}$   
Замещающий элемент:  $-\text{Cl}$

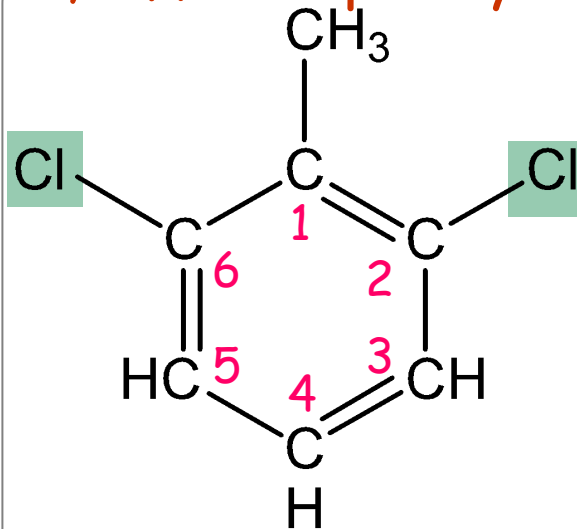
При соотношении  
толуола и хлора 1:2



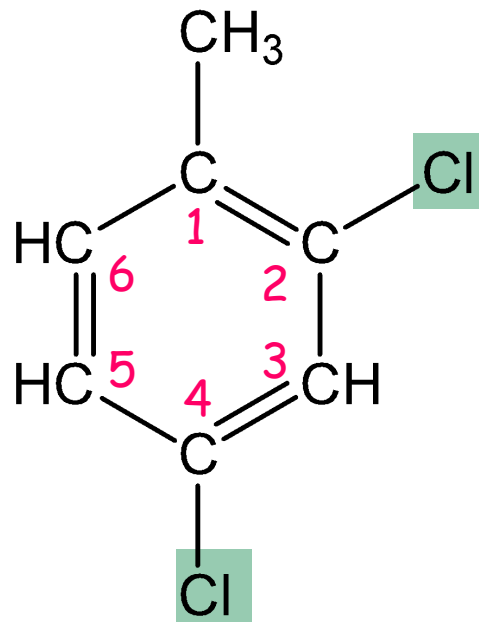
толуол



2,6-дихлортолуол



или

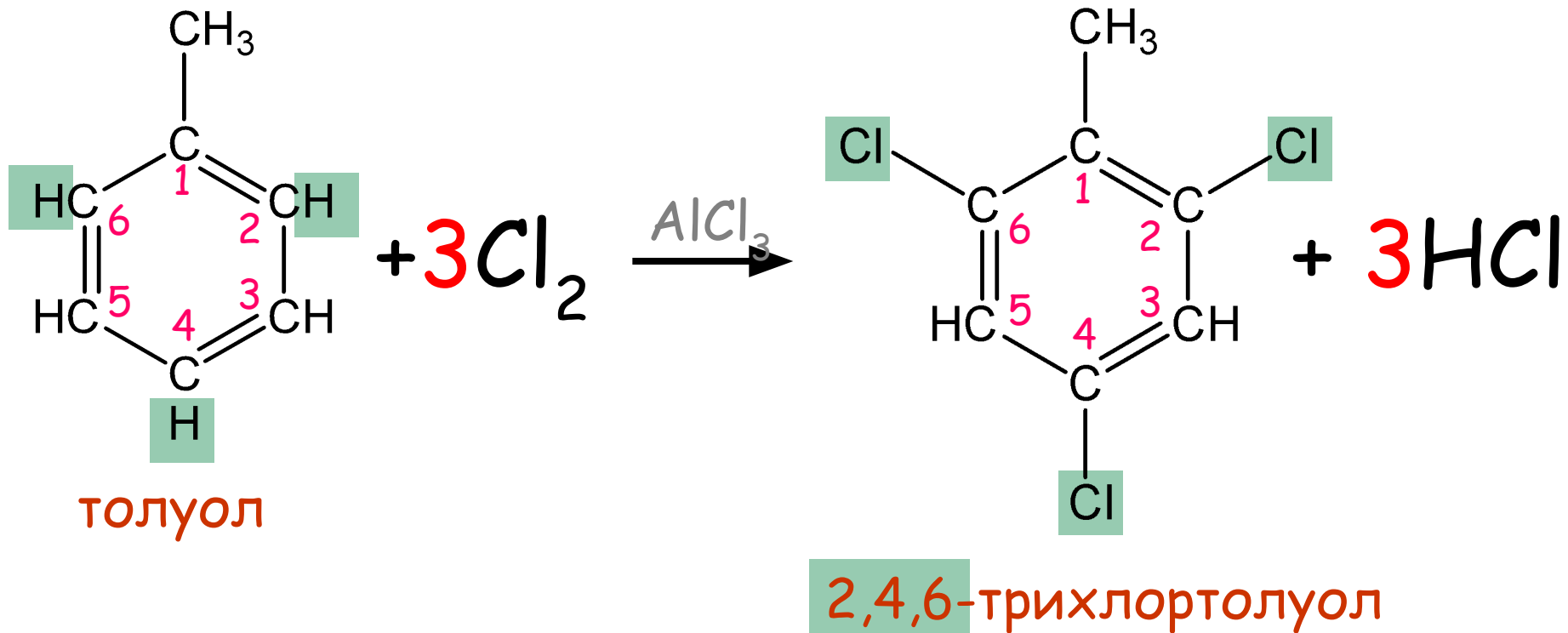


2,4-дихлортолуол

+ 2HCl

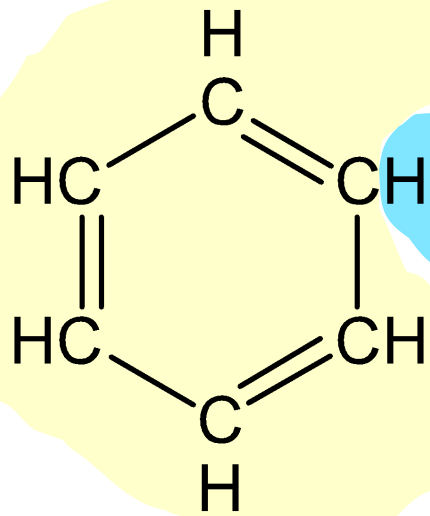
Замещаемый элемент: -H  
Замещающий элемент: -Cl

При соотношении  
толуола и хлора 1:3

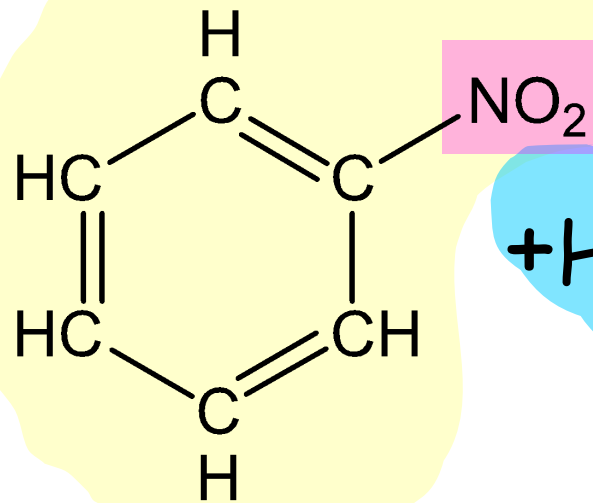
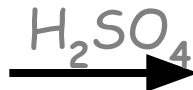


Замещаемый элемент: -H  
Замещающий элемент: -Cl

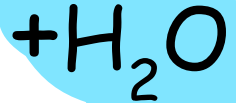
## 36. Нитрование



бензол



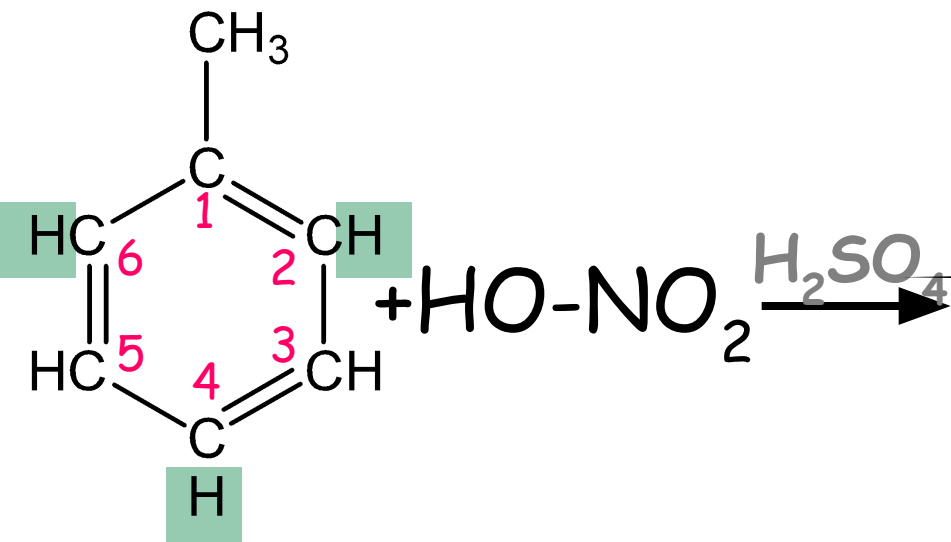
нитробензол



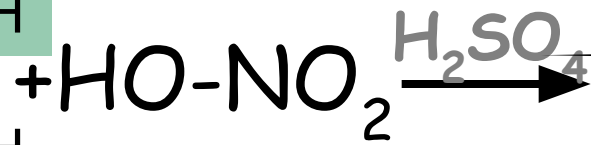
Замещаемый элемент: -H

Замещающая группа: -NO<sub>2</sub> (нитрогруппа)

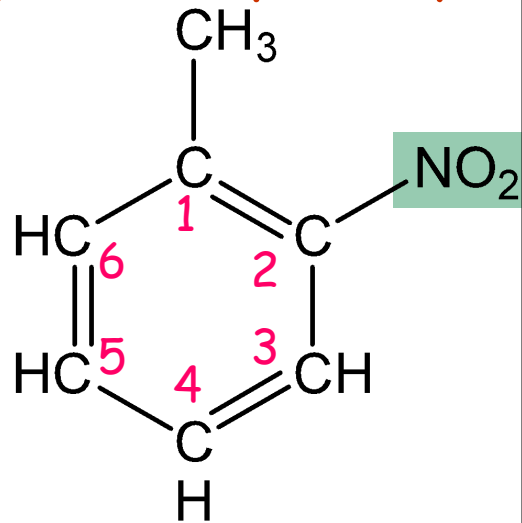
При соотношении  
толуола и  
азотной кислоты 1:1



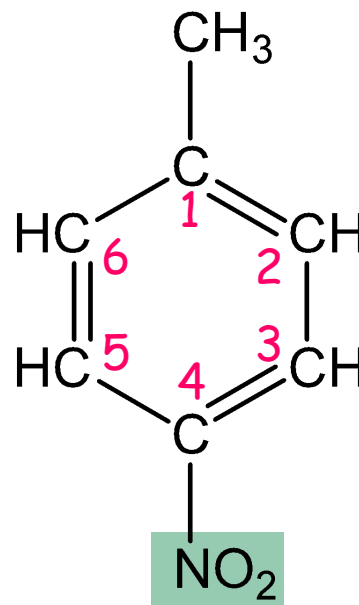
толуол



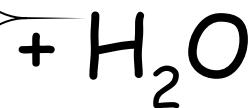
2-(орто)-нитротолуол



или

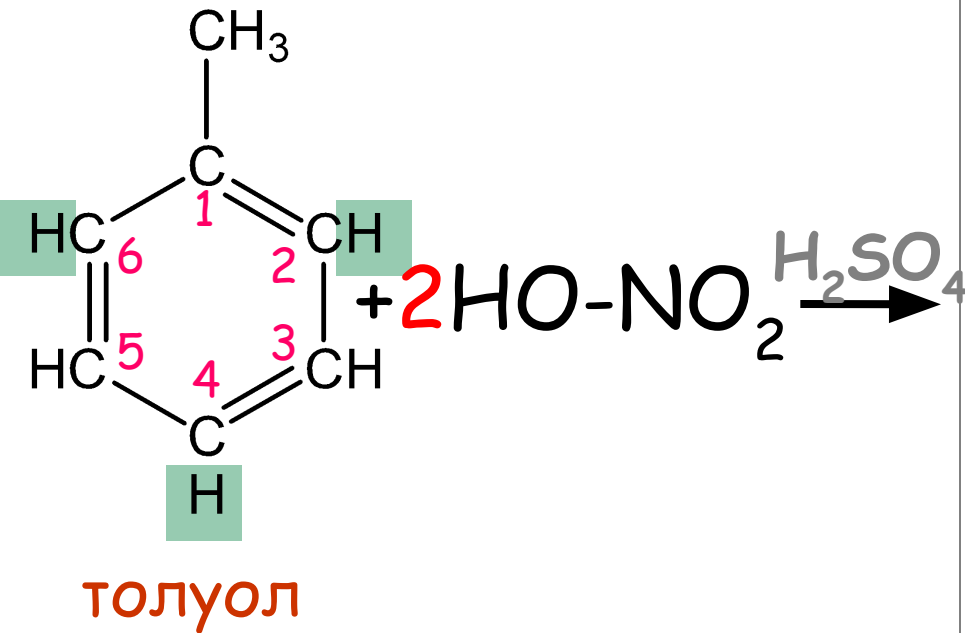


4-(пара)-нитротолуол

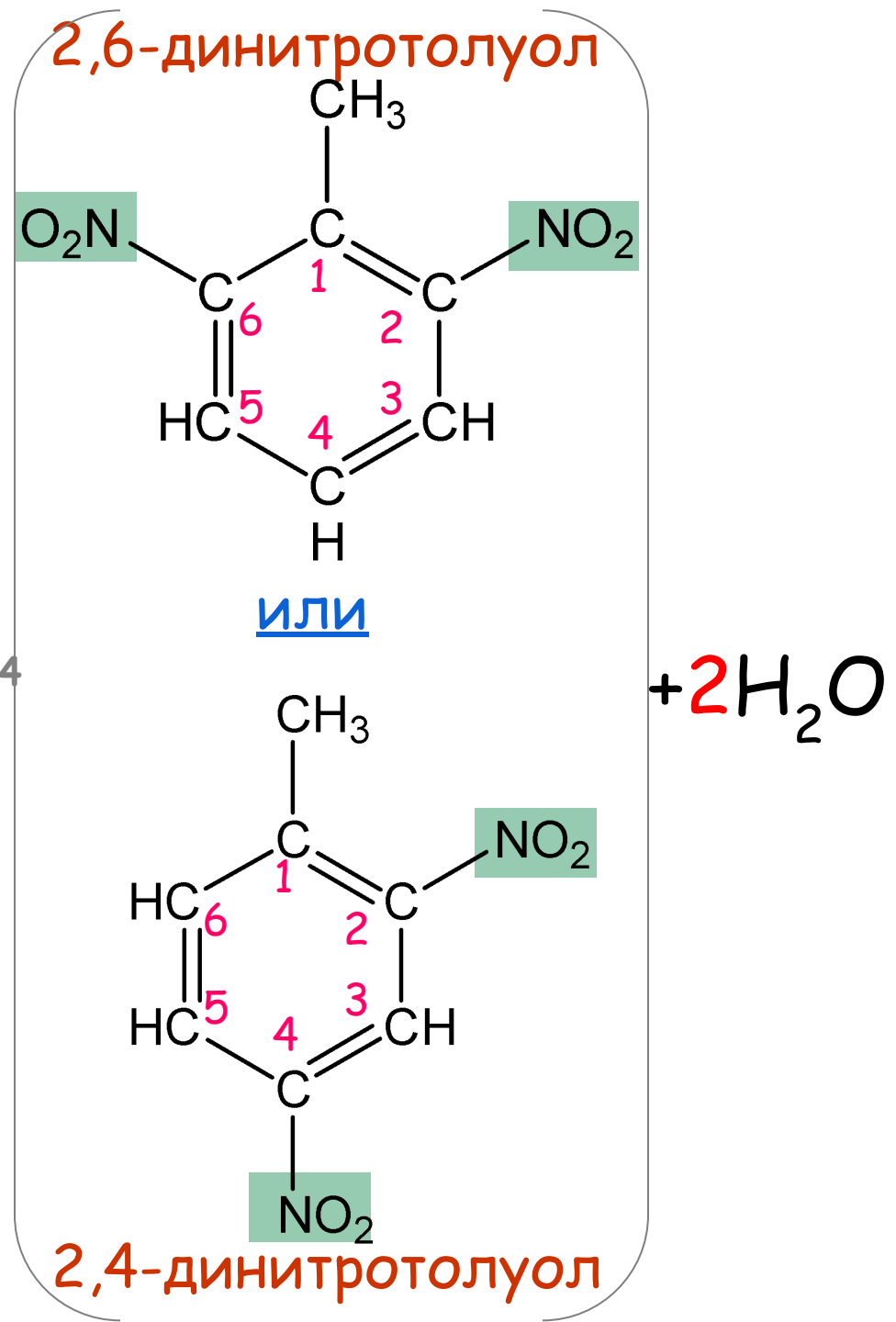


Замещаемый элемент:  $-\text{H}$   
Замещающая группа:  $-\text{NO}_2$

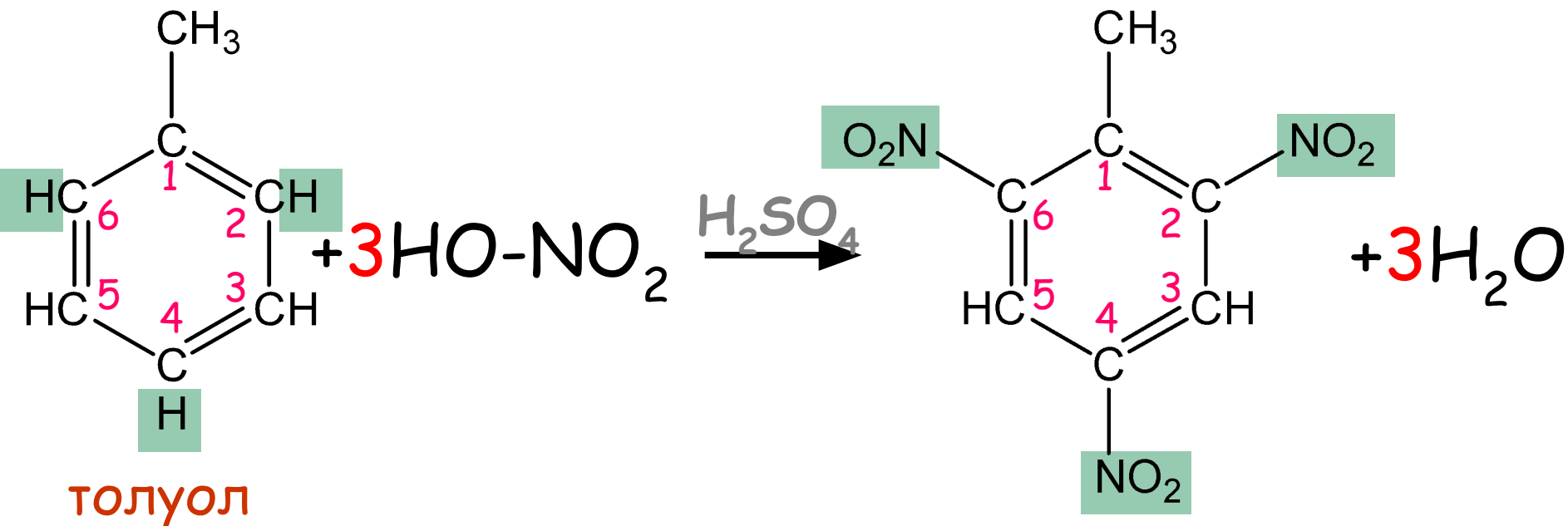
При соотношении  
толуола и  
азотной кислоты 1:2



Замещаемый элемент: -H  
Замещающая группа: -NO<sub>2</sub>



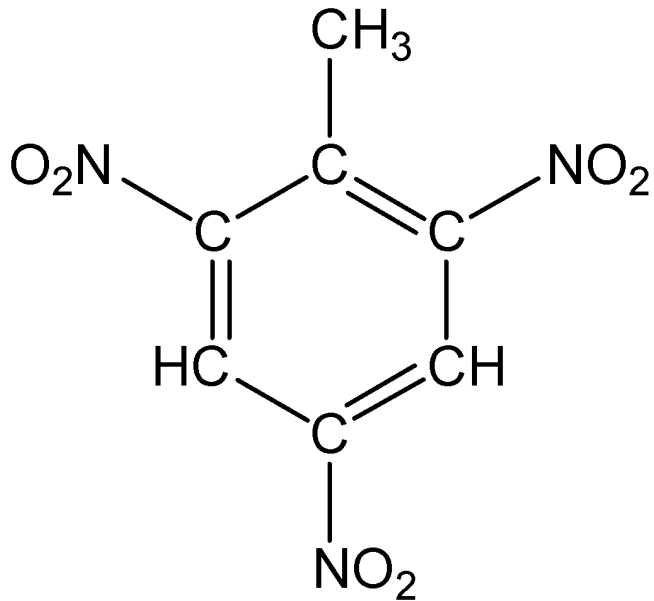
При соотношении  
толуола и  
азотной кислоты 1:3



Замещаемый элемент: -H  
Замещающая группа: -NO<sub>2</sub>



Другие названия:  
тол, тротил, ТНТ.

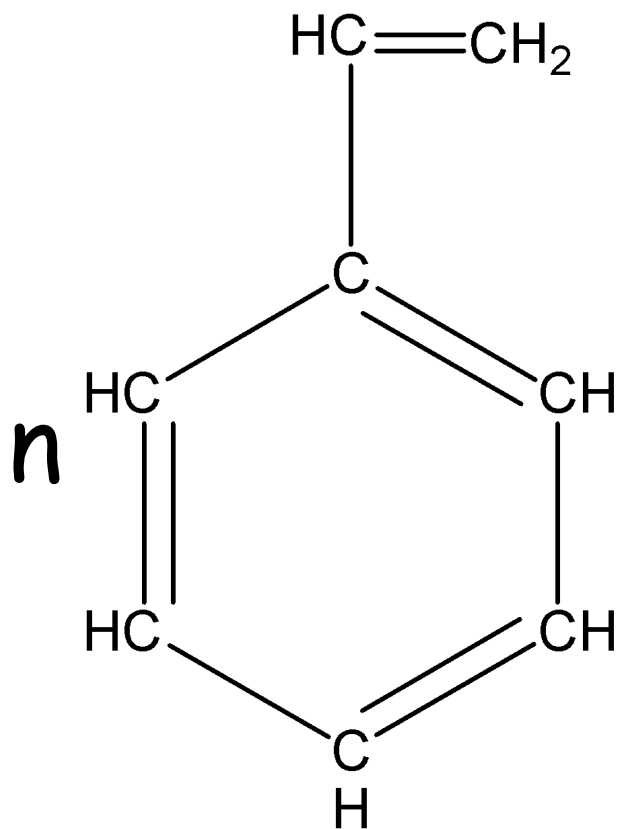


2,4,6-тринитротолуол

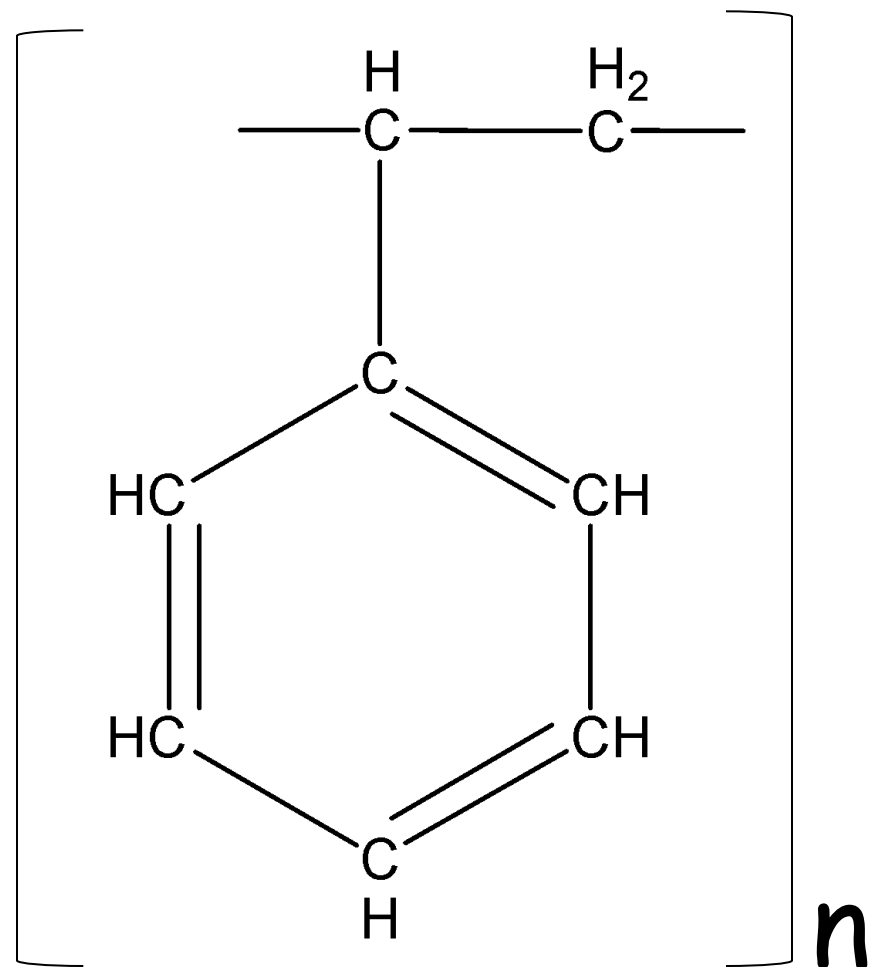


Тротилловые шашки используются для разрушения ледяных заторов и предотвращения наводнений

## 4. Полимеризация (возможна для аренов с непредельными боковыми цепями)



стирол



полистирол

# ПРИМЕНЕНИЕ АРЕНОВ

- **Бензол** является сырьем для производства
    - Красителей
    - Лекарств
    - Пластмасс
    - Ядохимикатов (пестицидов)
- а также используется как растворитель.

- **Толуол** используется как сырье для изготовления
  - Красителей
  - Взрывчатых веществ
  - Заменителей сахара (сахарин)
- **Стирол** используется как сырье для производства
  - Полистирола и пенополистирола (пенопласта)
  - Бутадиенстирольного каучука
- **Ксилолы** используются как сырье для изготовления
  - Синтетического волокна лавсана

## Домашнее задание

Составьте уравнения реакций,  
соответствующих данным  
превращениям:

