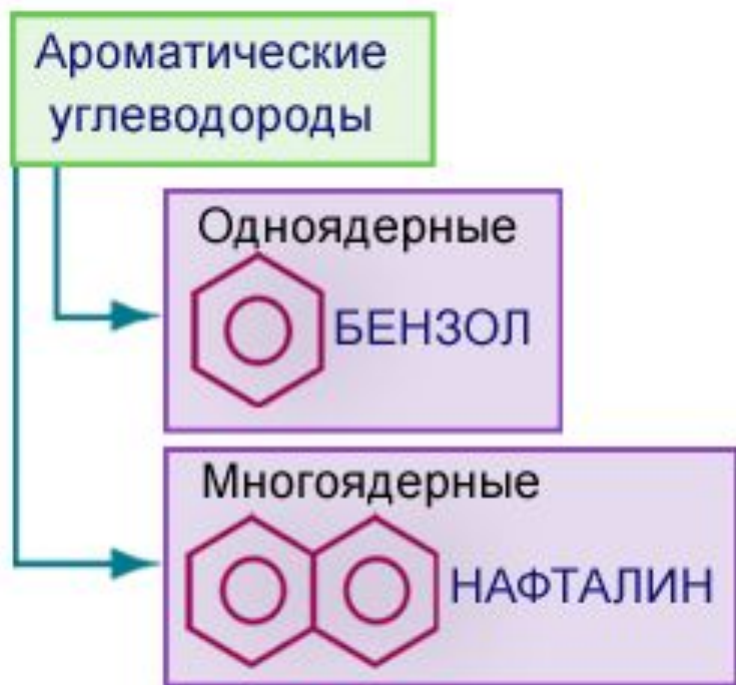


# Ароматические углеводороды, строение, изомерия, номенклатура.

# БЕНЗОЛ



Классификация ароматических  
углеводородов

1649 – Иоганн Гаубер – перегонка  
каменноугольной смолы

1825 – Майкл Фарадей – из  
конденсата светильного газа  
«карбюрированный водород»

1834 – Э. Митчерлих – при нагревании  
бензойной кислоты с гидроксидом  
кальция «бензин»

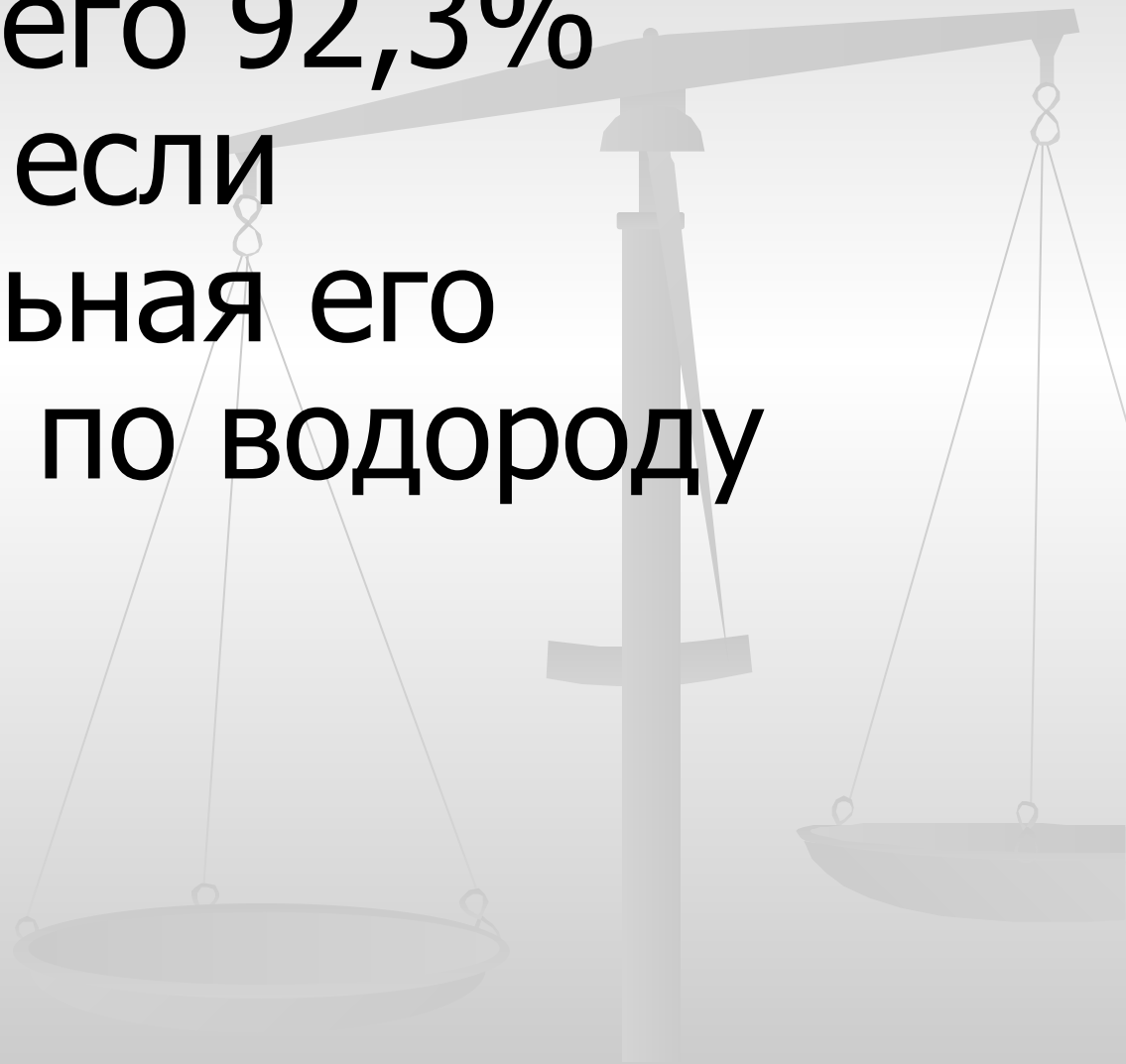
Юстус Либих – бензол

**ben – аромат + zoa – сок + ol – масло**

Архив БРЭ



Найдите молекулярную формулу углеводорода, содержащего 92,3% углерода, если относительная его плотность по водороду равна 39.



# Физические свойства

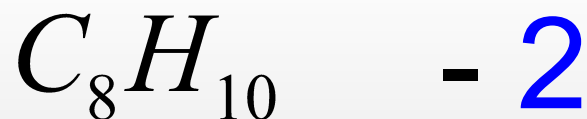
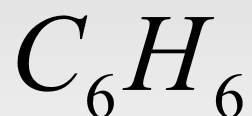
Бензол — это жидкость, бесцветная, со своеобразным запахом. В воде не растворим, но в органических растворителях растворяется хорошо.

Температура кипения 80,4С

Температура плавления 5,5 С

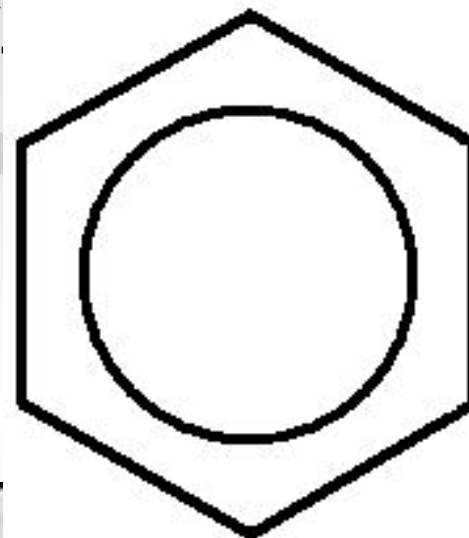
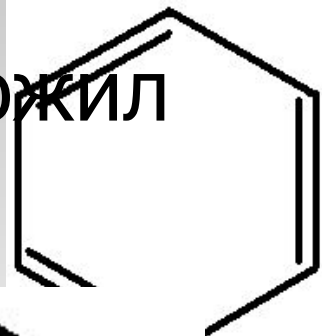


# Гомологический ряд бензола

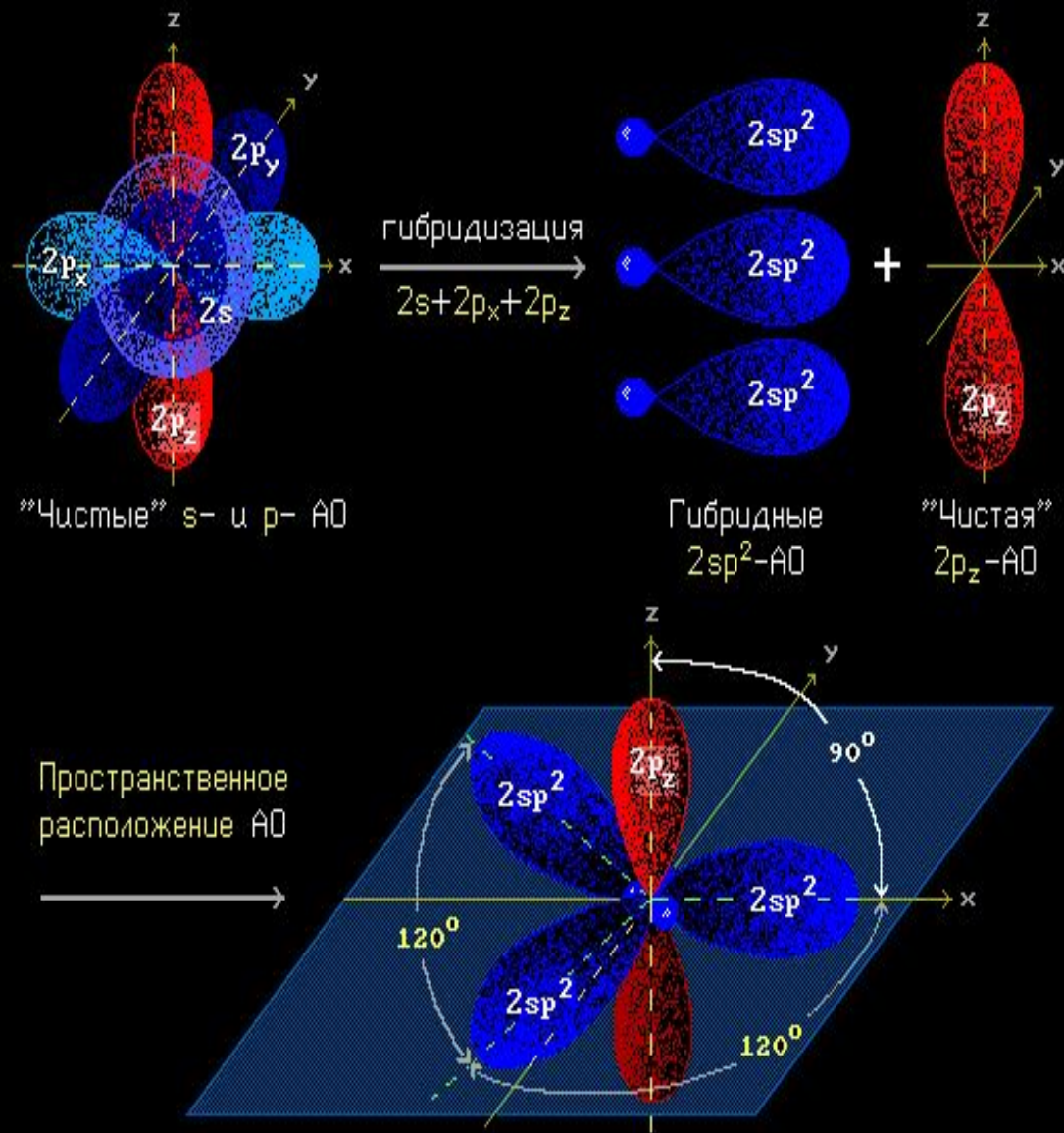


Записать  
структурные  
формулы

- 1861 – Иоганн Лошмидт – предположил наличие цикла
- 1865 – Фридрих Август Кекуле  
формула Кекуле
- Лайнус Полинг –  
электронное  
строение бензола

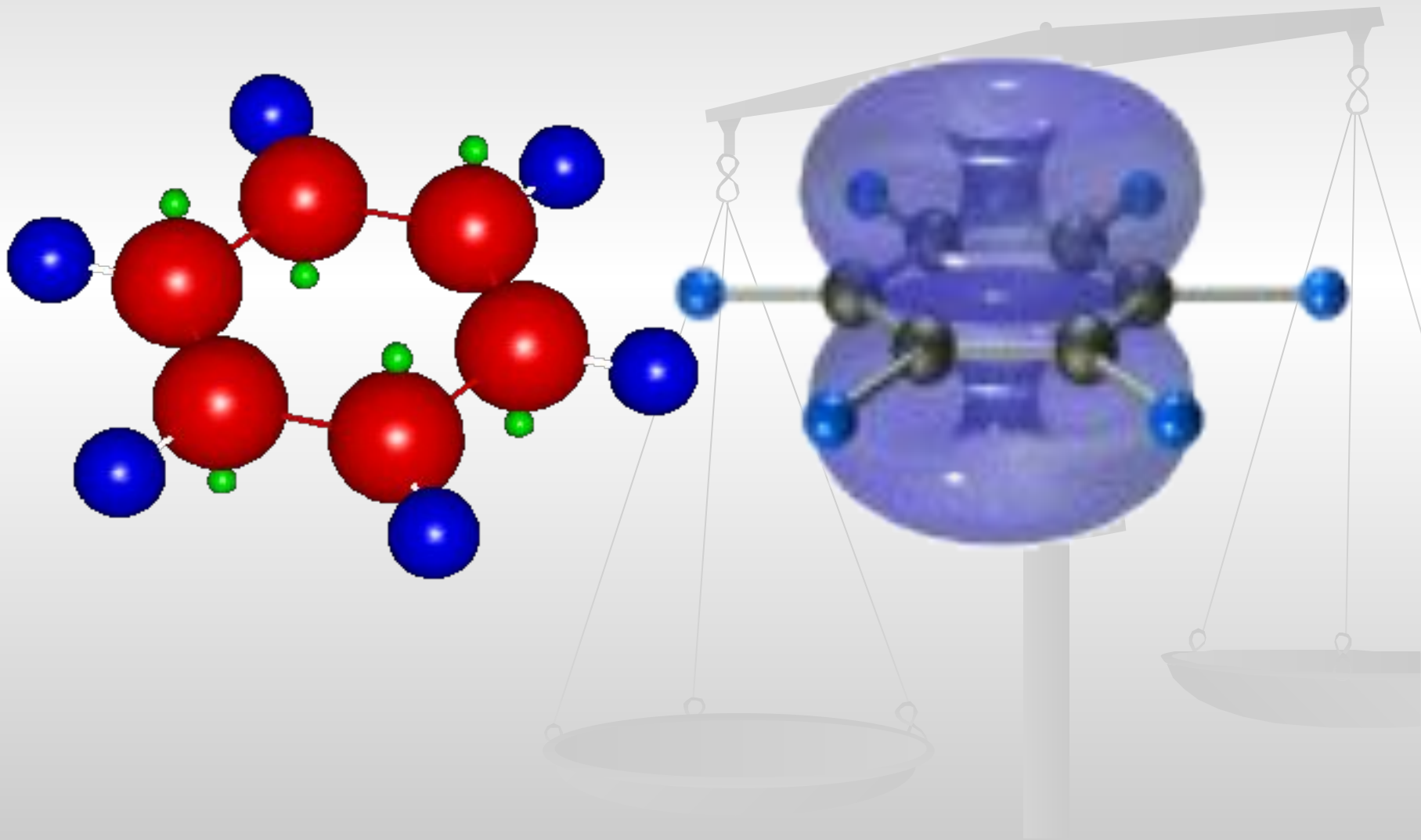


## $sp^2$ – Гибридизация



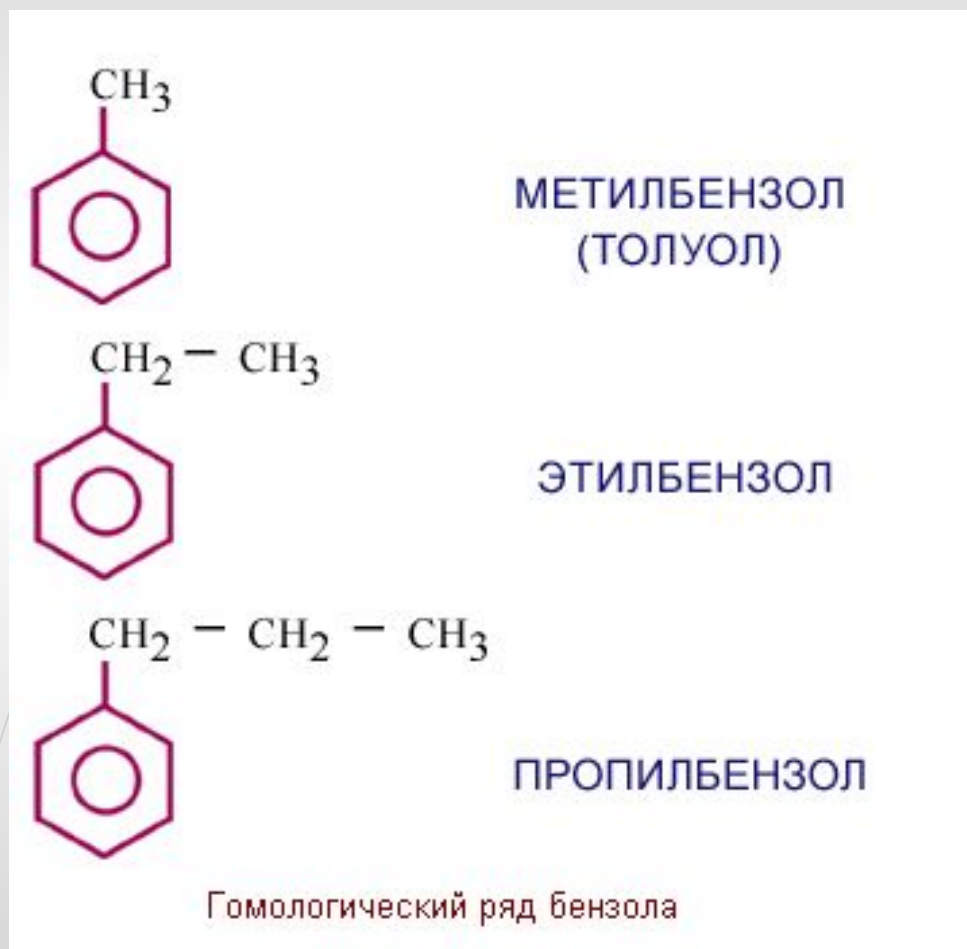
Все связи С—С в бензоле равноценны, длина - 0,140 нм, что соответствует промежуточному значению между длиной простой связи (0,154 нм) и двойной (0,134 нм). Это означает, что в молекуле бензола между углеродными атомами нет простых и двойных связей

# Молекула бензола

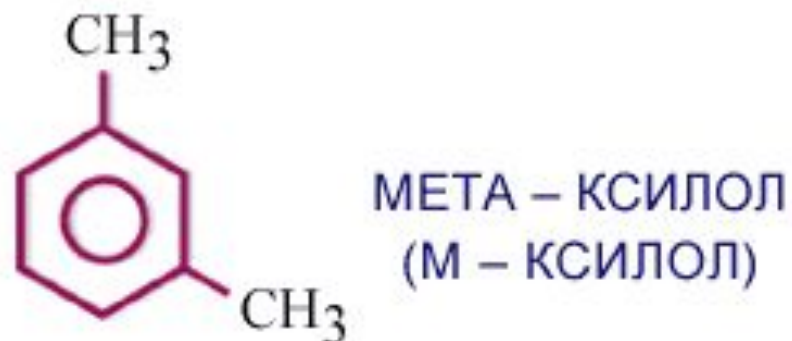
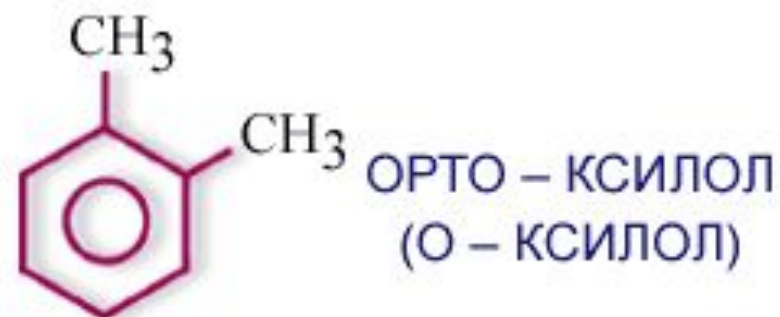


# Изомерия

1. Изомерия строения углеродного скелета. Гомологи бензола могут образовывать простые и разветвленные цепочки

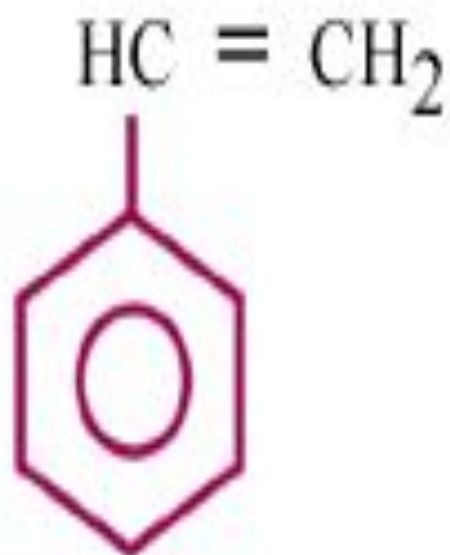


## 2. Изомерия положения заместителей в бензольном кольце



Производные бензола

### 3. Изомерия положения двойной связи в молекулах непредельных гомологов бензола

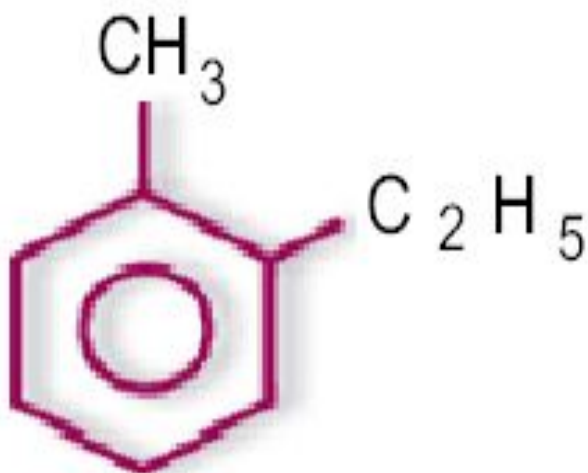


ВИНИЛБЕНЗОЛ  
(СТИРОЛ)

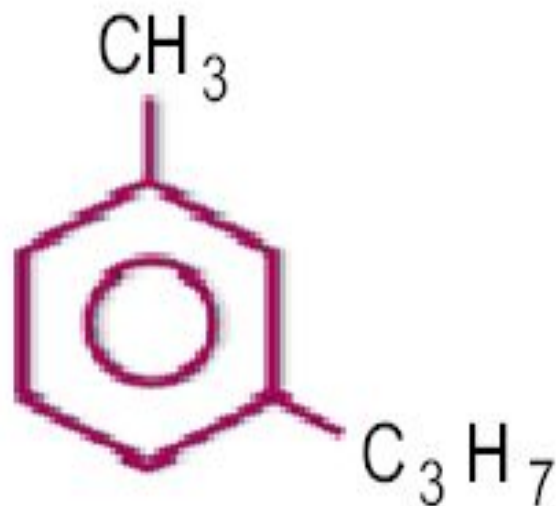
Непредельные производные бензола

Назвать по систематической номенклатуре вещества:

1



2



3



# Химические свойства

## Реакции присоединения

гидрирование

хлорирование

## Реакции замещения по бензольному кольцу

бромирование

нитрование

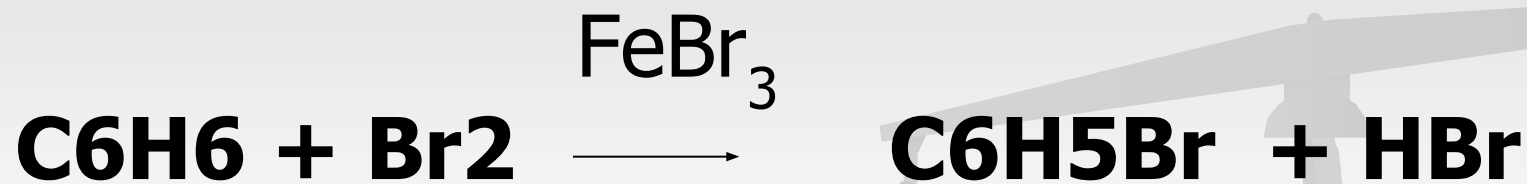
алкилирование

## Реакции окисления

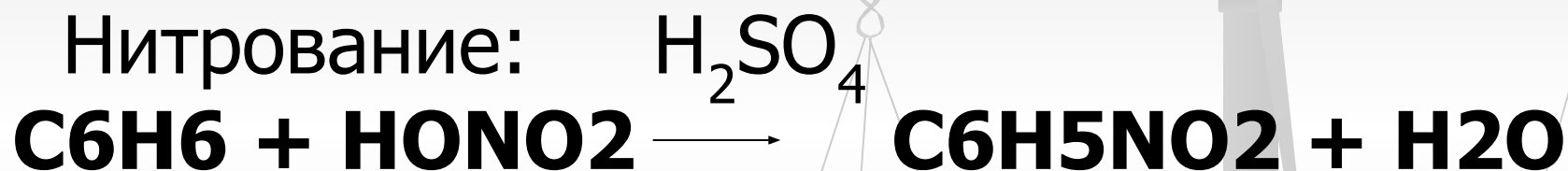


# Реакции замещения

галогенирование

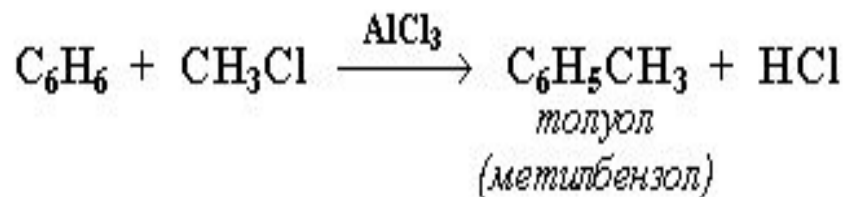


Нитрование:



алкилирование

Замещение атома водорода в бензольном кольце на алкильную группу (*алкилирование*) происходит под действием *алкилгалогенидов* (реакция Фриделя-Крафтса) или *алкенов* в присутствии катализаторов  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{AlBr}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  (кислот Льюиса).

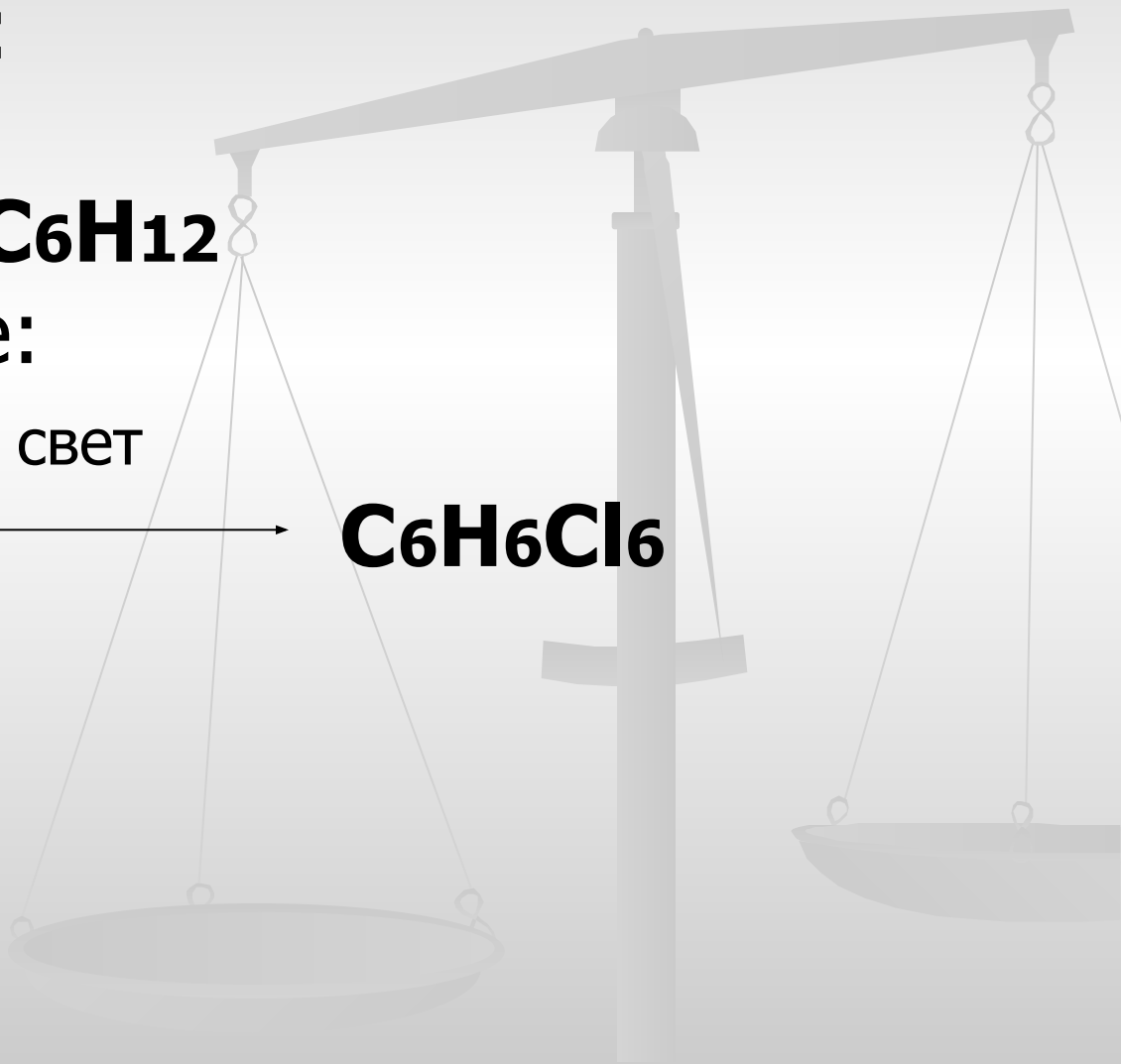
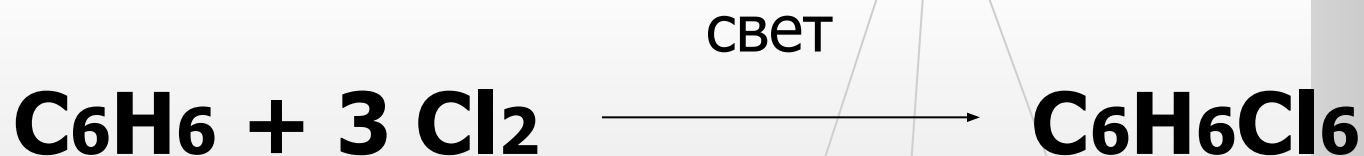


# Реакции присоединения

4. Гидрирование:

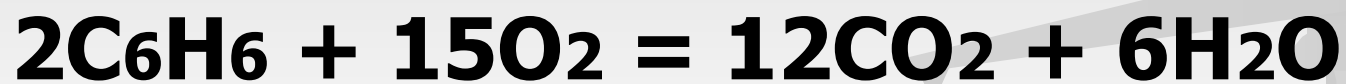


5. Хлорирование:



# Окисление

1. Горение бензола:



**Не окисляется даже сильными окислителями**

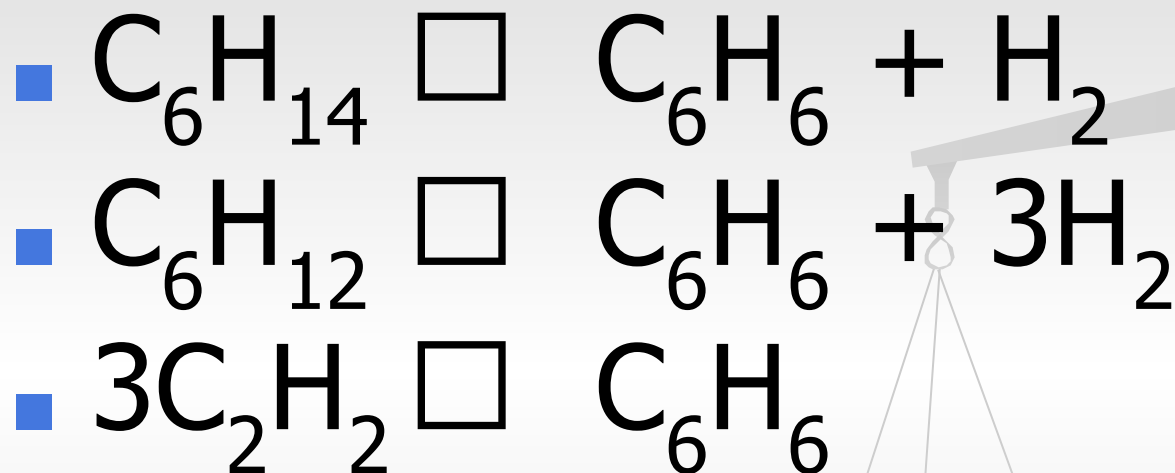


# Получение



- Бензол получают из каменноугольной смолы, образующейся при коксовании угля.
- В настоящее время бензол получают из нефти.
- Бензол получают синтетическими методами.

# Другие способы получения



Фенолформальдегидная смола

Капрон

$C_6H_5-OH$   
Фенол

Инсектициды

$C_6Cl_6$   
Гексахлорбензол  
 $C_6H_5Cl$   
Гексахлоран

Красители

$C_6H_5-NH_2$   
Анилин

Лекарственные вещества

$C_6H_5-CH(CH_3)_2$   
Кумол

**БЕНЗОЛ**  
 $C_6H_6$

$C_6H_5-NO_2$   
Нитробензол

$CH_3COCH_3$   
Ацетон

$C_6H_5-C_2H_5$   
Этилбензол

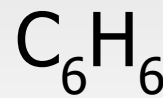
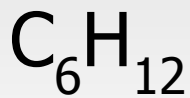
$C_6H_5-CH=CH_2$   
Стирол

Полистирол

1. Ароматическим углеводородам соответствует общая формула:

а)  $C_n H_{2n}$       б)  $C_n H_{2n-2}$       в)  $C_n H_{2n-6}$       г)  $C_n H_{2n+2}$

2. К ароматическим углеводородам относятся вещества, отражённые формулами:



3. В молекуле бензола между атомами углерода число  $\sigma$  и  $\pi$  связей соответственно равны:

а) 6 и 1      б) 1 и 6      в) 6 и 3      г) 3 и 6

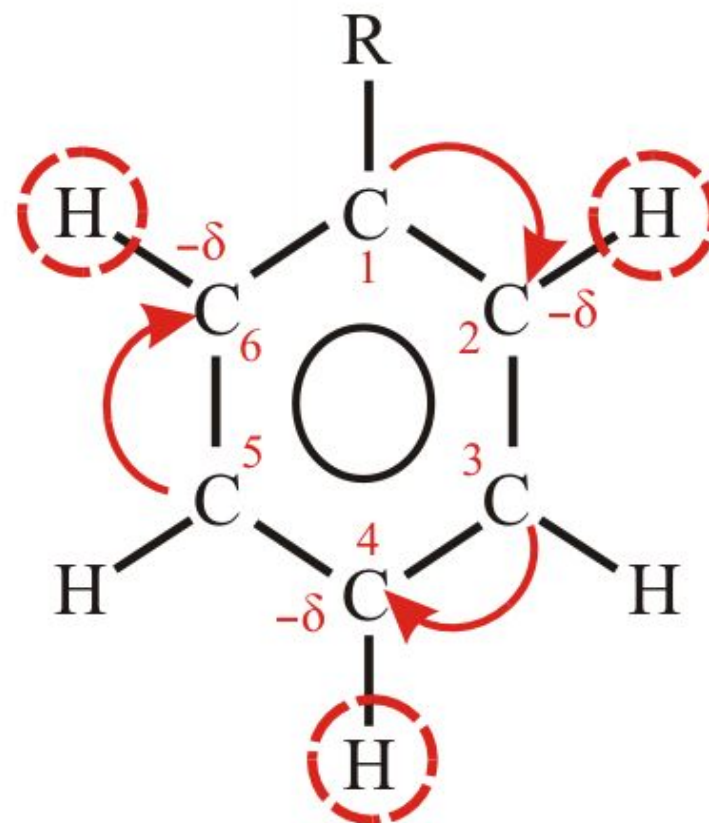
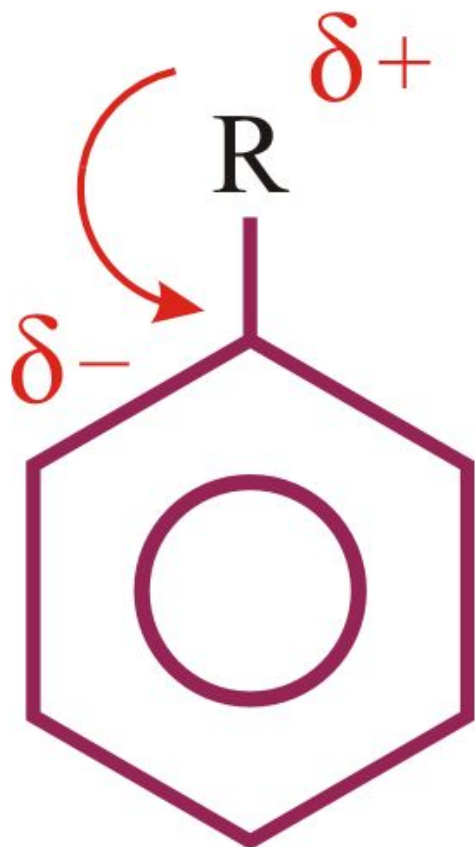
4. Бензол относится к классу углеводородов:

а) алкенов      б) алкинов      в) алканов      г) аренов

5. Для ароматических углеводородов наиболее характерны реакции:

а) присоединения      б) замещения      в) присоединения и замещения  
г) окисления

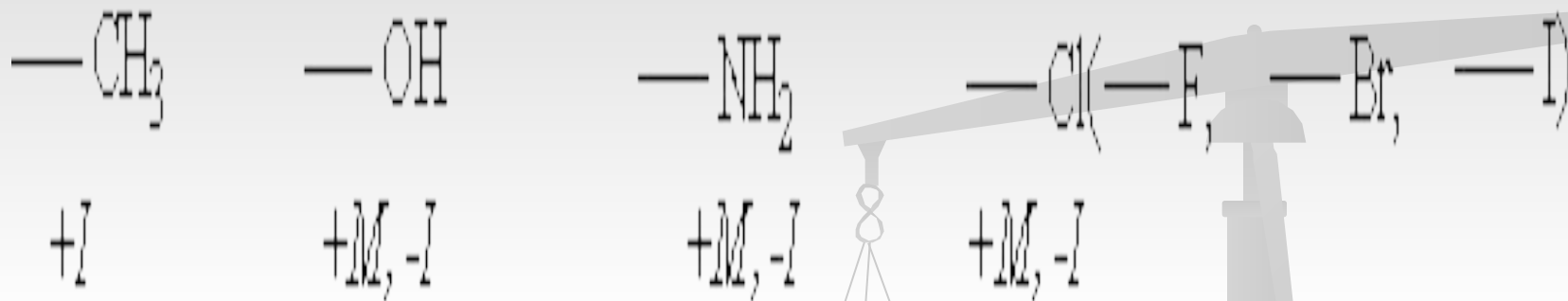
# Гомологи бензола



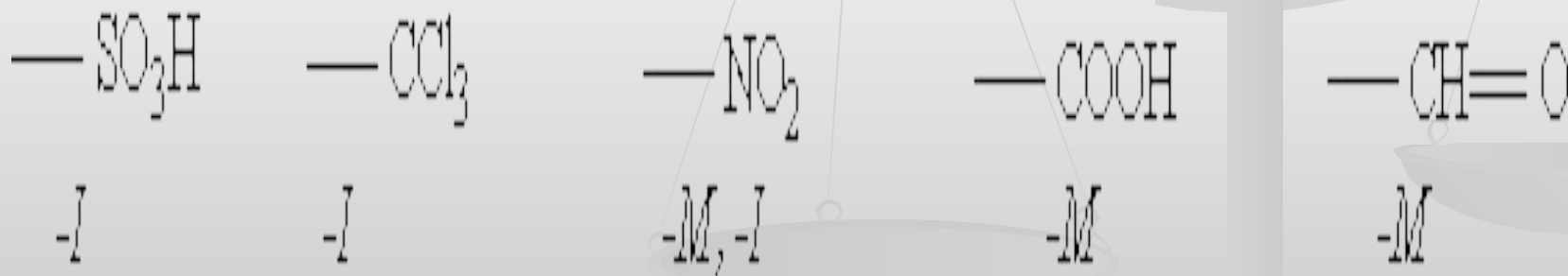
- Важнейшим фактором, определяющим химические свойства молекулы, является распределение в ней электронной плотности. Характер распределения зависит от взаимного влияния атомов.
- В молекулах, имеющих только  $\sigma$ -связи, взаимное влияние атомов осуществляется через *индуктивный эффект*. В молекулах, представляющих собой сопряженные системы, проявляется действие *мезомерного эффекта*.
- ***Влияние заместителей, передающееся по сопряженной системе  $p$ -связей, называется мезомерным (М) эффектом.***
- В молекуле бензола  $\pi$ -электронное облако распределено равномерно по всем атомам углерода за счет сопряжения. Если же в бензольное кольцо ввести какой-нибудь заместитель, это равномерное распределение нарушается и происходит перераспределение электронной плотности в кольце. Место вступления второго заместителя в бензольное кольцо определяется природой уже имеющегося заместителя.



Заместители, обладающие **+I**-эффектом или **+M**-эффектом, способствуют электрофильному замещению в *орто*- и *пара*-положениях бензольного кольца и называются **заместителями (ориентантами) первого рода**:



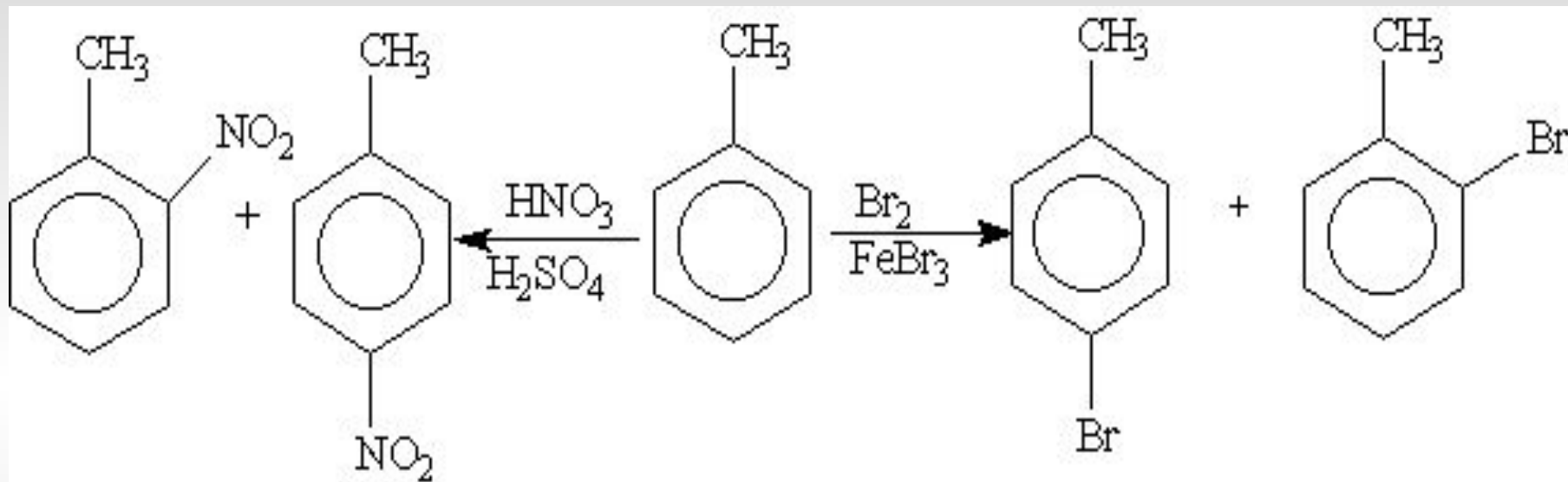
Заместители, обладающие **-I**-эффектом или **-M**-эффектом, направляют электрофильное замещение в *мета*-положения бензольного кольца и называются **заместителями (ориентантами) второго рода**:



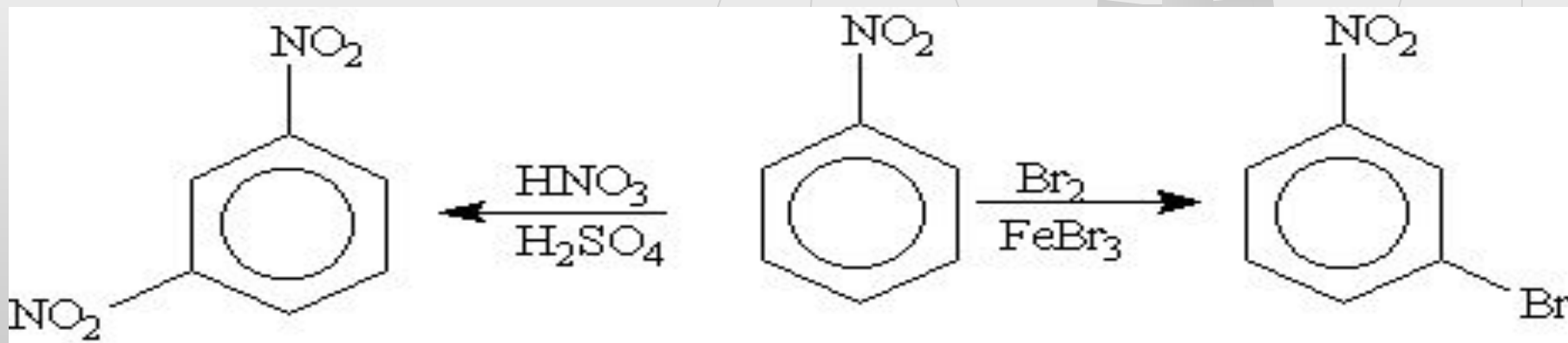
Т а б л и ц а 4. Влияние заместителей на ароматическое кольцо

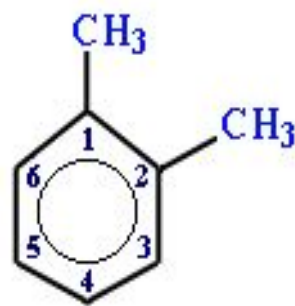
| Соединение          | Заместитель                                                                                                    | Электронный эффект | Род заместителя | Направление реакции замещения |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------|
| Толуол              | $-\text{CH}_3$ , метил                                                                                         | $+I$               | I               | 2-, 4-, 6-                    |
| Фенол               | $-\text{OH}$ , гидроксил                                                                                       | $-I, +M$           | I               | 2-, 4-, 6-                    |
| Анилин              | $-\text{NH}_2$ , аминогруппа                                                                                   | $-I, +M$           | I               | 2-, 4-, 6-                    |
| Хлорбензол          | $-\text{Cl}$ , хлор                                                                                            | $-I, +M$           | I               | 2-, 4-, 6-                    |
| Трифтор-метилбензол | $-\text{CF}_3$ , трифторметил                                                                                  | $-I$               | II              | 3-, 5-                        |
| Бензойная кислота   | $-\text{COOH}$ , карбоксил                                                                                     | $-I, -M$           | II              | 3-, 5-                        |
| Нитробензол         | $-\text{NO}_2$ , нитро-группа                                                                                  | $-I, -M$           | II              | 3-, 5-                        |
| Бензальдегид        | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagup \text{H} \end{array}$ карбо-<br>нильная группа | $-I, -M$           | II              | 3-, 5-                        |

Толуол, содержащий заместитель первого рода, нитруется и бромруется в *пара*- и *орто*-положения:

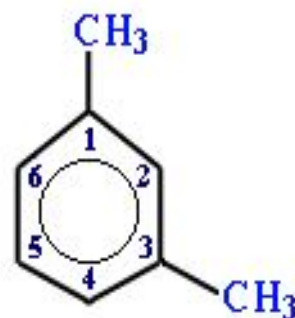


Нитробензол, содержащий заместитель второго рода, нитруется и бромруется в *мета*-положение:





1,2-диметилбензол



1,3-диметилбензол



1,4-диметилбензол

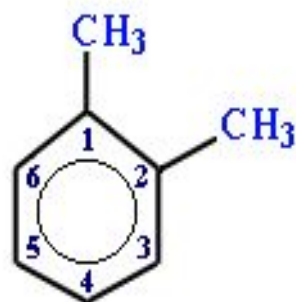
Для дизамещенных бензолов  $R-C_6H_4-R$  используется также и другой способ построения названий, при котором положение заместителей указывают перед тривиальным названием соединения приставками:

*орто-* (*o-*) заместители у соседних атомов углерода кольца, т.е. 1,2-;

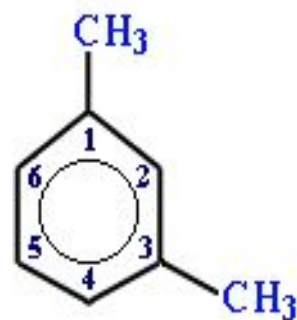
*мета-* (*m-*) заместители через один атом углерода (1,3-);

*пара-* (*p-*) заместители на противоположных сторонах кольца (1,4-).

1,2-Диметилбензол



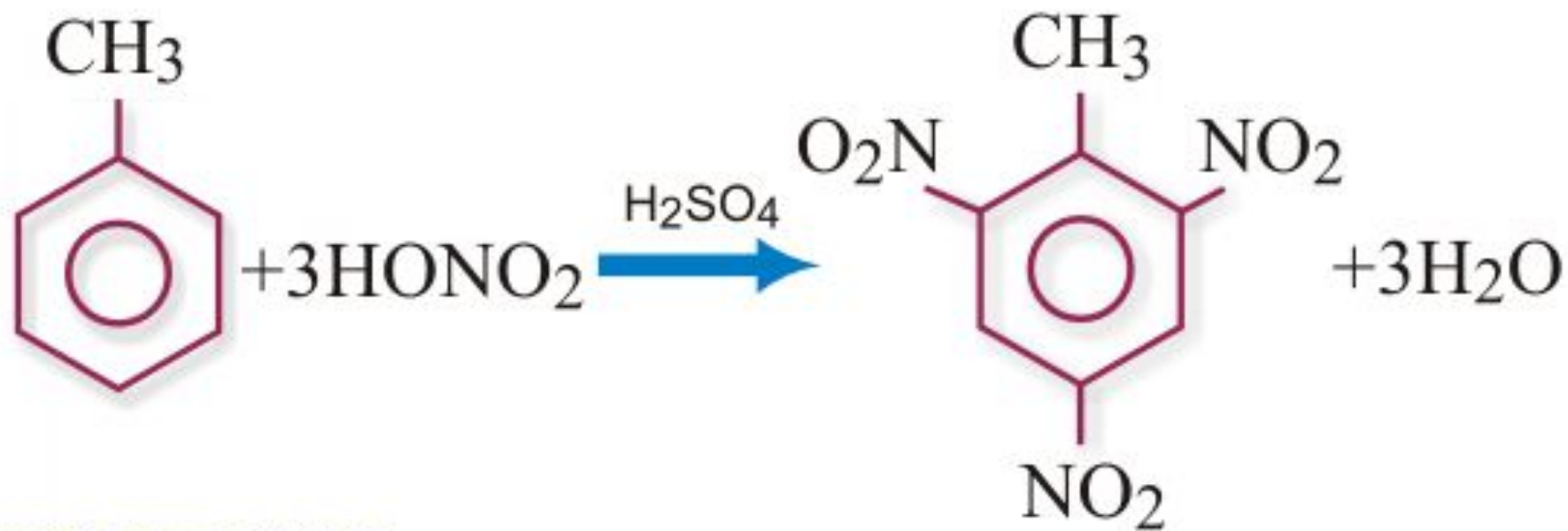
1,3-Диметилбензол



1,4-Диметилбензол



# Нитрование толуола



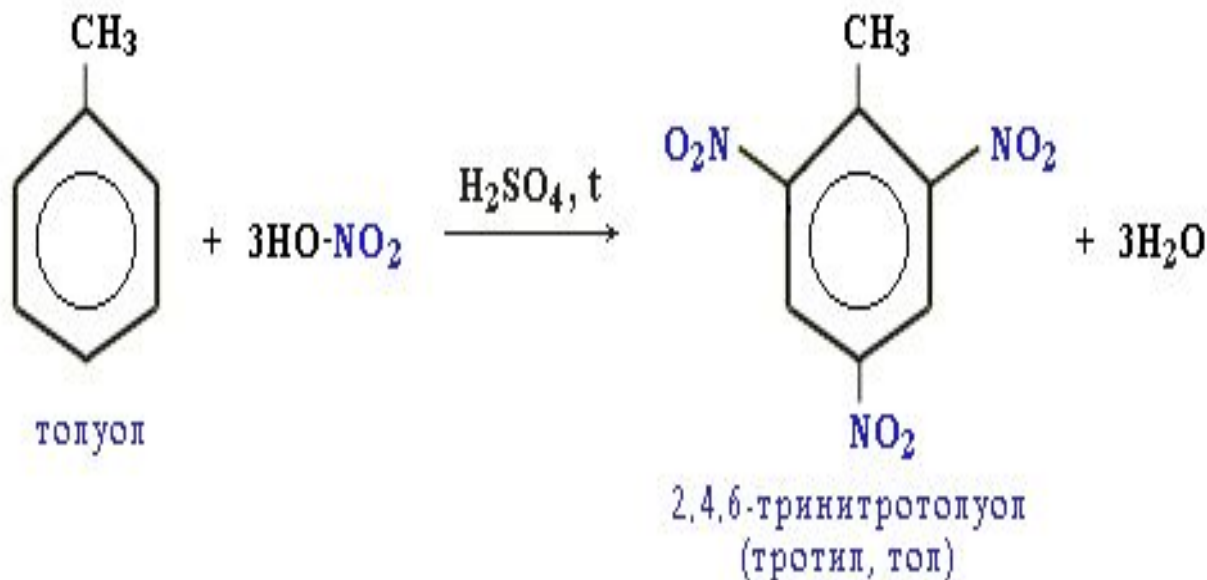
МЕТИЛБЕНЗОЛ

1-МЕТИЛ-2,4,6-  
ТРИНИТРОБЕНЗОЛ

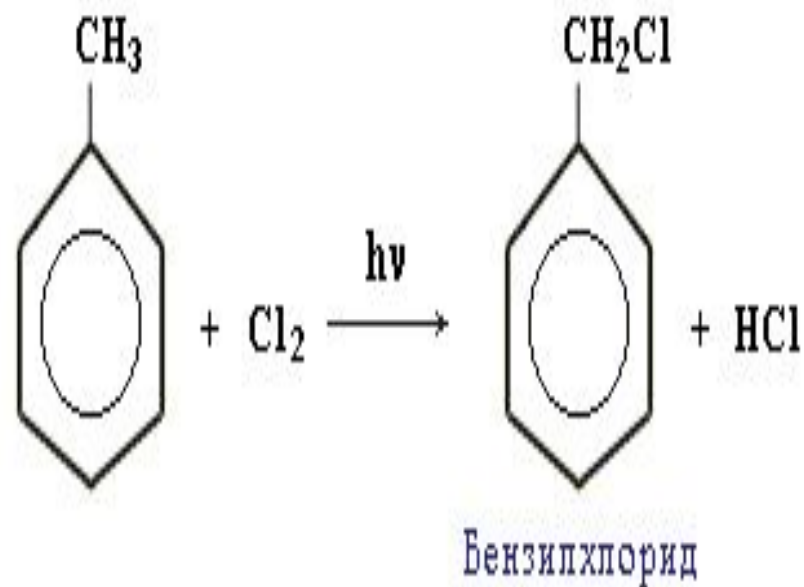
# Особенности свойств гомологов бензола

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

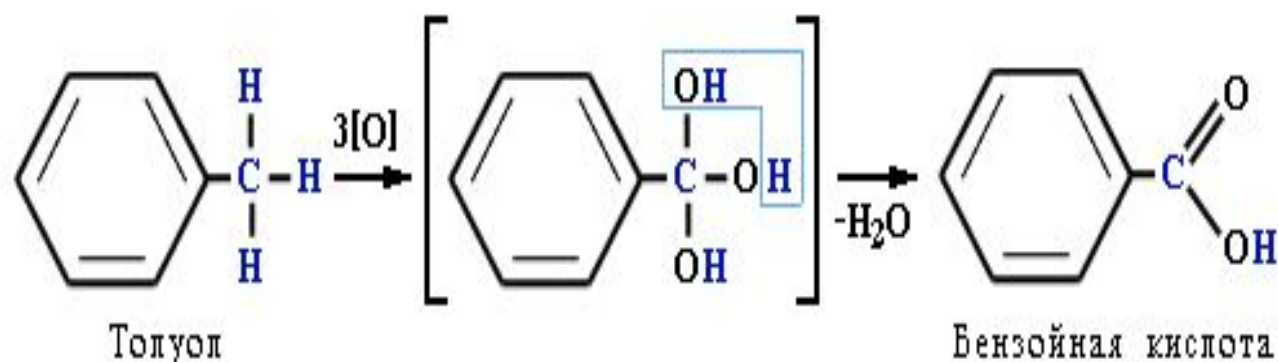
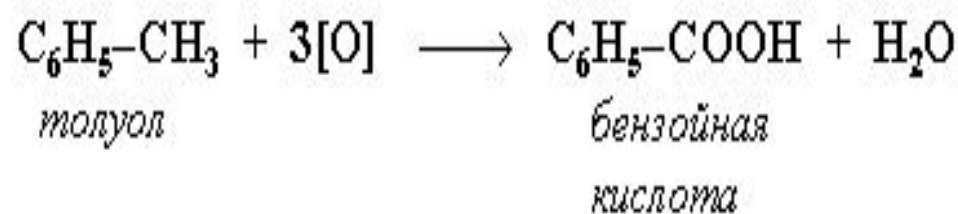
Например, при нитровании толуола  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$  может происходить замещение не одного, а трех атомов водорода с образованием 2,4,6-тринитротолуола:



Легче, чем в алканах, протекают реакции радикального замещения в боковой цепи алкилбензолов:



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



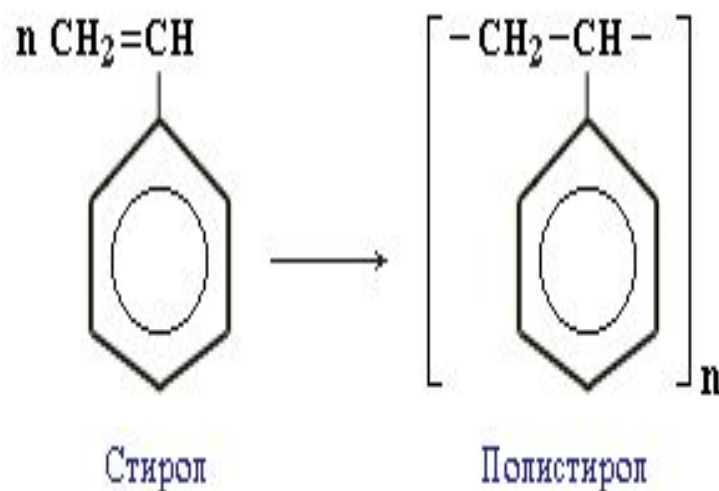
Толуол обесцвечивает раствор  $\text{KMnO}_4(\text{H}^+)$  при нагревании.

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.



Алкильные группы в алкилбензолах окисляются легче, чем алканы. Это объясняется влиянием бензольного кольца на атомы в боковой цепи.

Винилбензол (стирол)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH=CH}_2$  используется для получения ценного полимерного материала *полистирола*.



1.

# Какие арены изомерны друг другу:

- а) орто-ксилол;
- б) этилбензол;
- в) метилбензол;
- г) 1-метил-3-этилбензол;
- д) мета-ксилол;
- е) изопропилбензол ?

