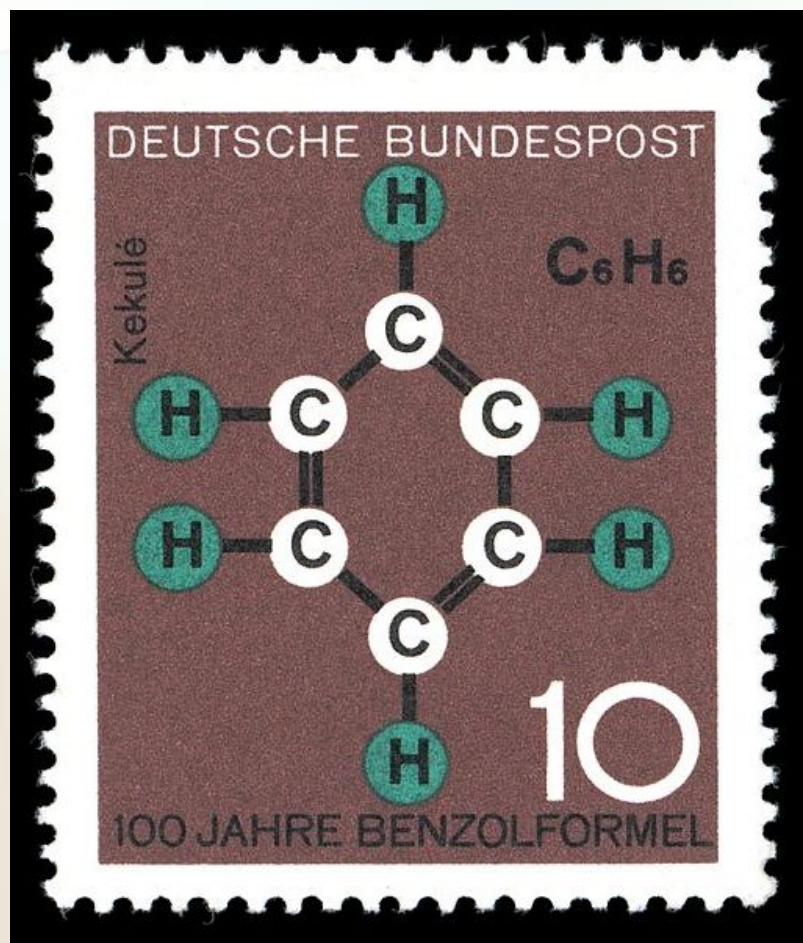
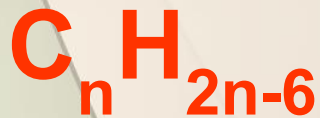


АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ (АРЕНЫ)



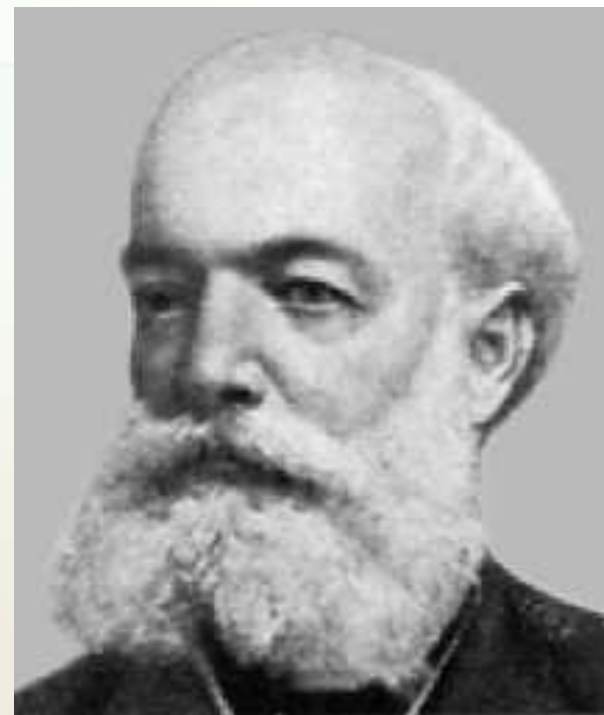
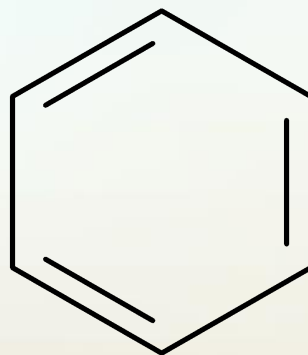
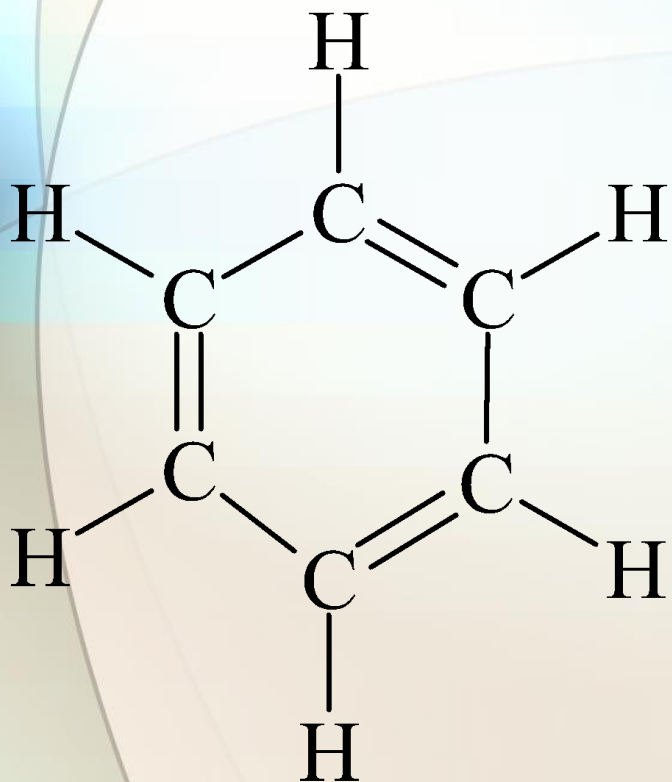
Арены

Ароматические соединения, или арены, — большая группа соединений карбоциклического ряда, молекулы которых содержат устойчивую циклическую группировку из шести атомов углерода (бензольное кольцо), обладающую особыми физическими и химическими свойствами.



Арены

Строение молекулы бензола (А. Кекуле, 1865)

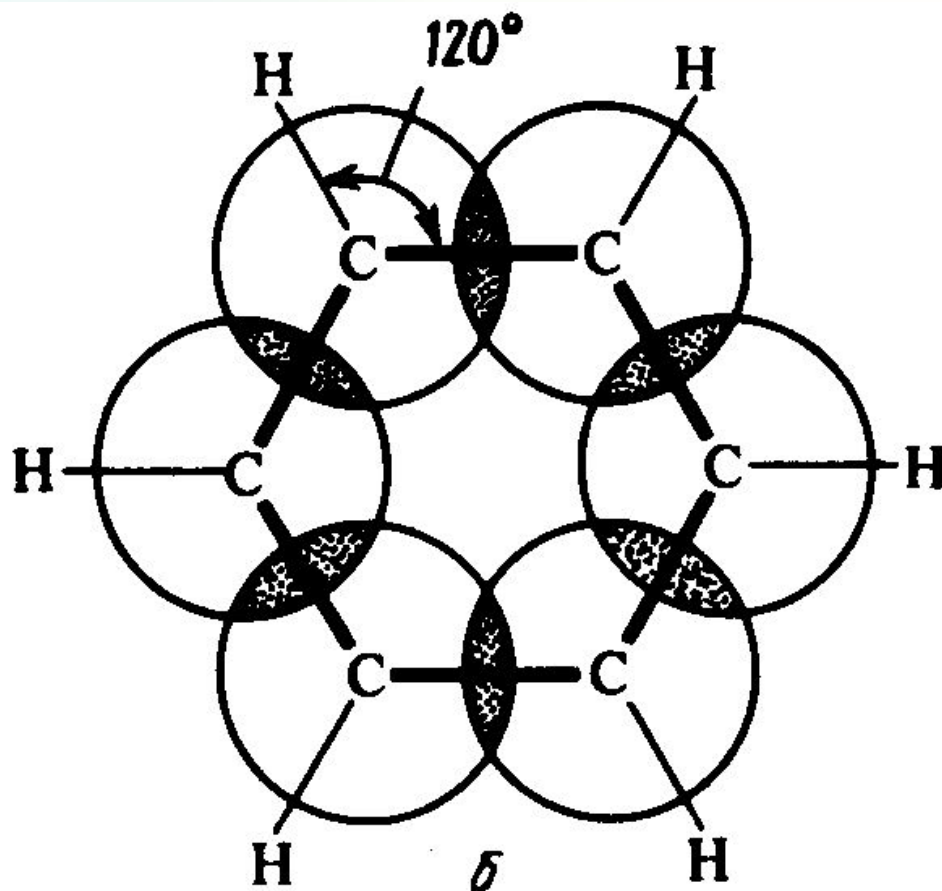
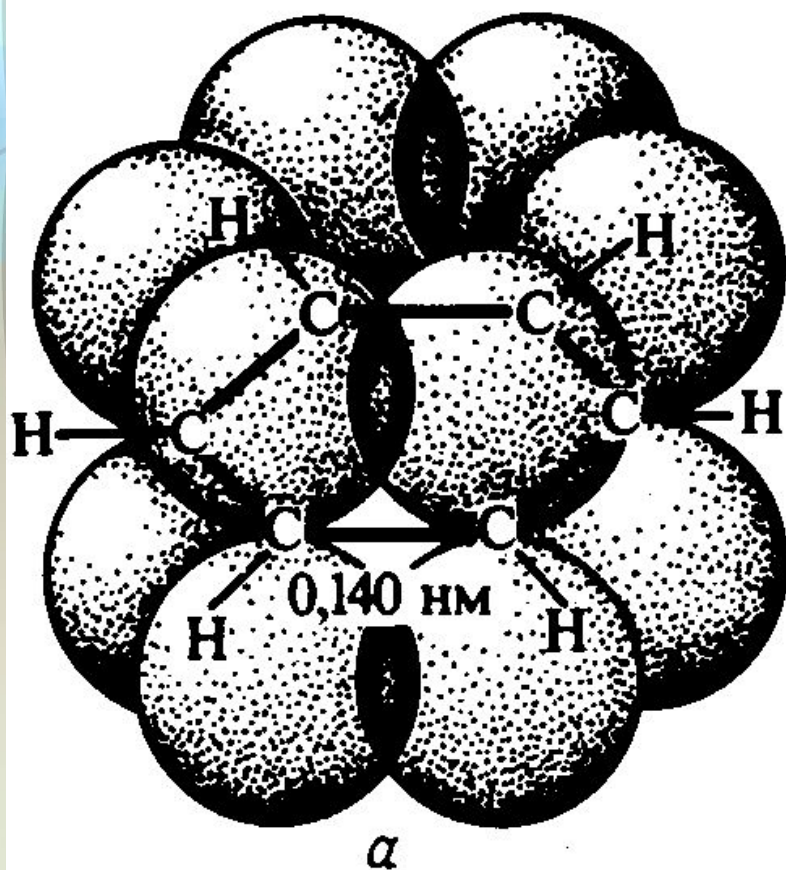


Бензол (бензен) C₆H₆

КЕКУЛЕ
Фридрих Август
07.09.1829 – 13.07.1896

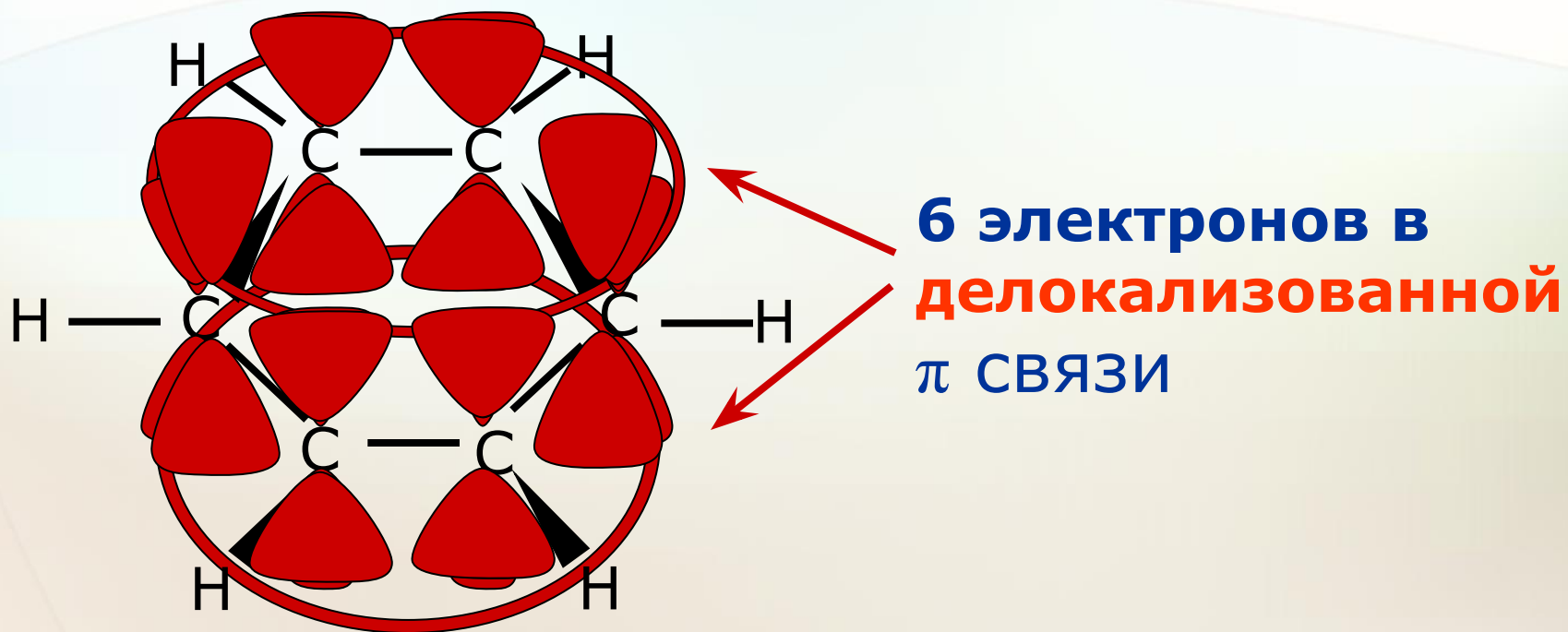
Арены

Строение молекулы бензола



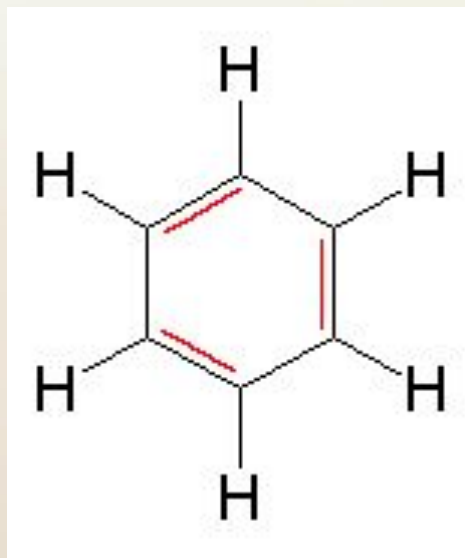
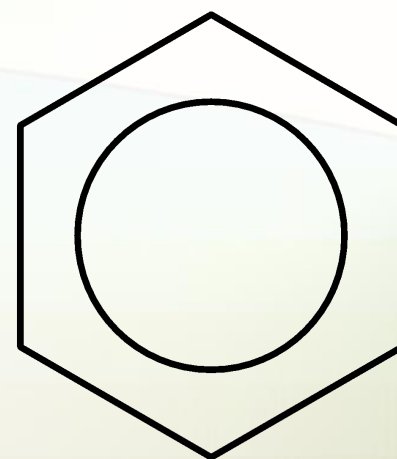
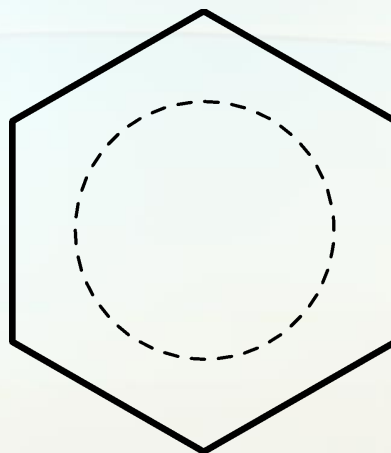
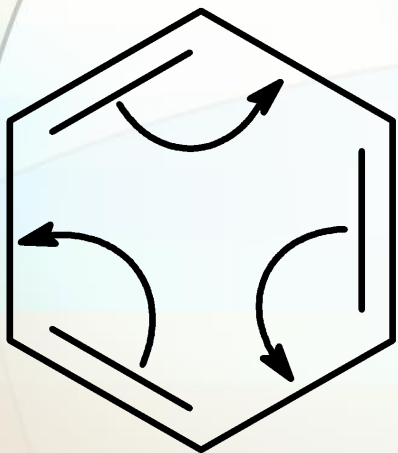
Арены

Строение молекулы бензола



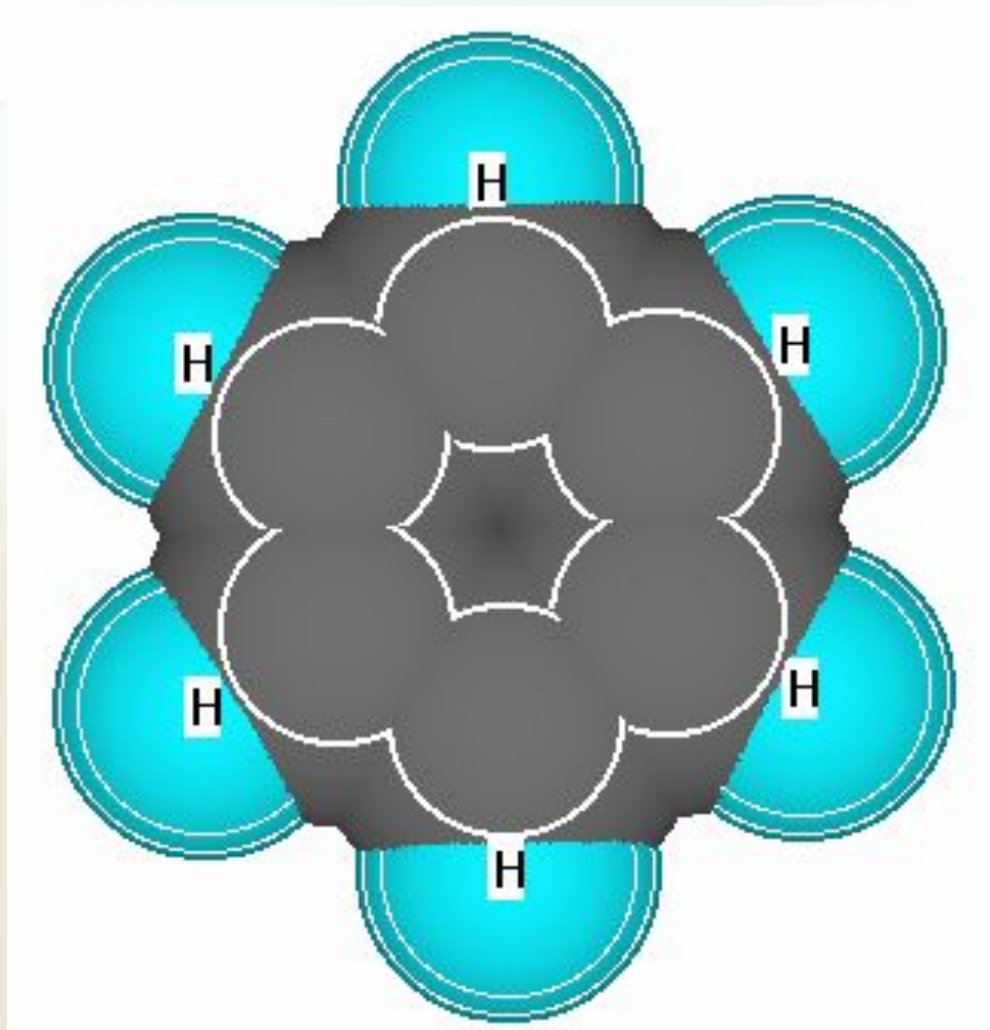
Арены

Строение молекулы бензола



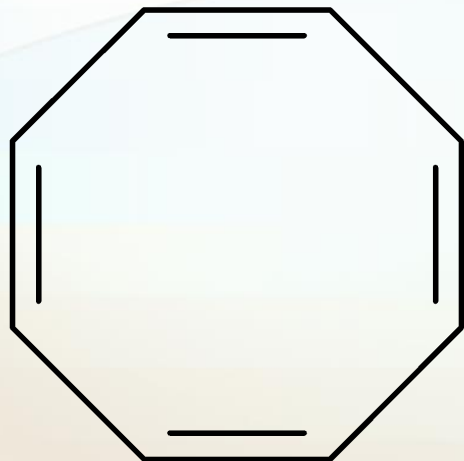
Арены

Строение молекулы бензола

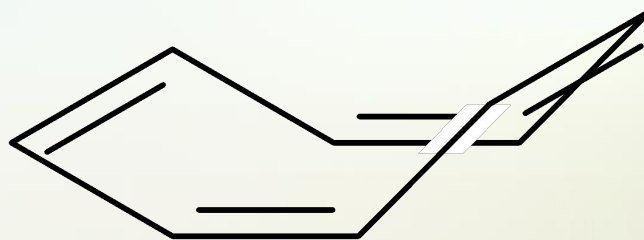


Арены

«Ароматичность» – совокупность особых свойств бензола



циклооктатетраен



Арены

«Ароматичность» – совокупность особых свойств бензола

Правило Хюккеля (1931):
плоские циклические соединения, имеющие сопряженную систему π -электронов, могут быть ароматическими. если число этих электронов равно $4n + 2$ (где $n = 0, 1, 2, 3$ и т.д.).



Эрих Хюккель
1896-1980

Арены

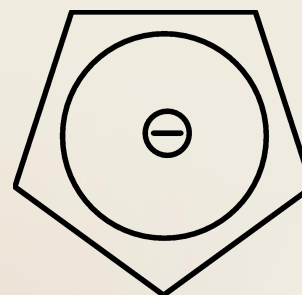
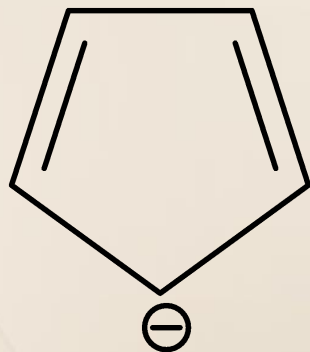
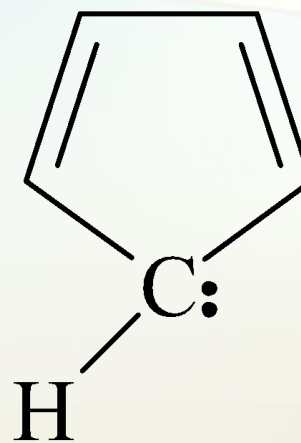
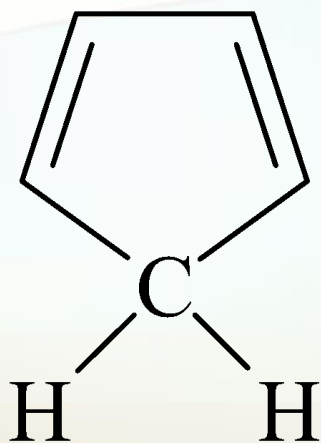
«Ароматичность» – совокупность особых свойств бензола



**Эрих Хюккель
1896-1980**

Арены

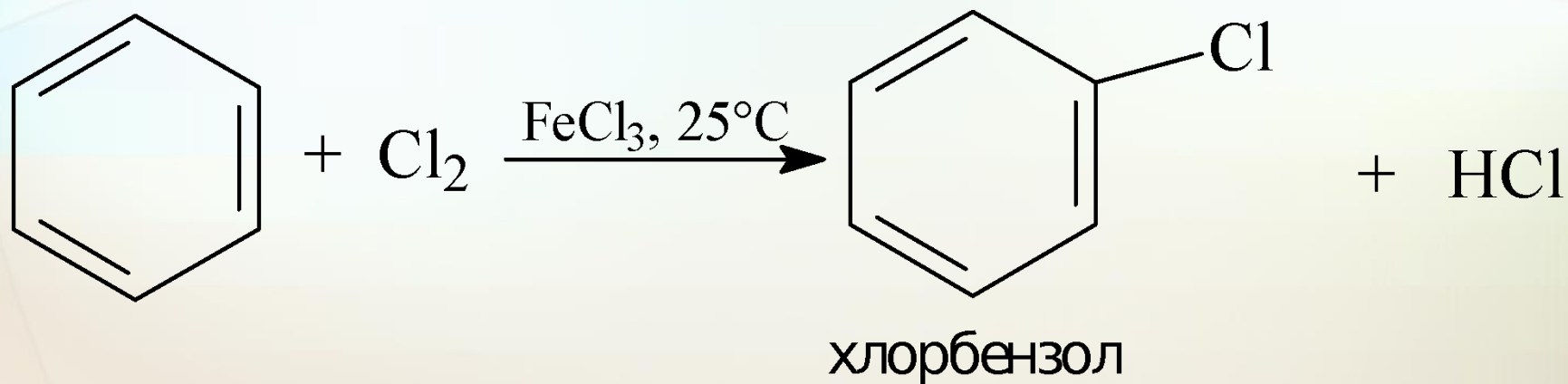
«Ароматичность» – совокупность особых свойств бензола



Арены

Химические свойства. Реакции замещения

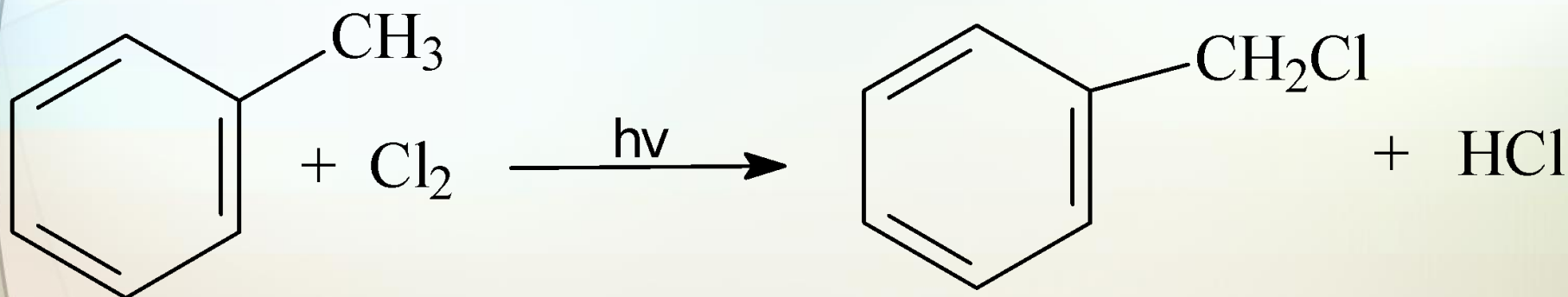
Галогенирование



Арены

Химические свойства. Реакции замещения

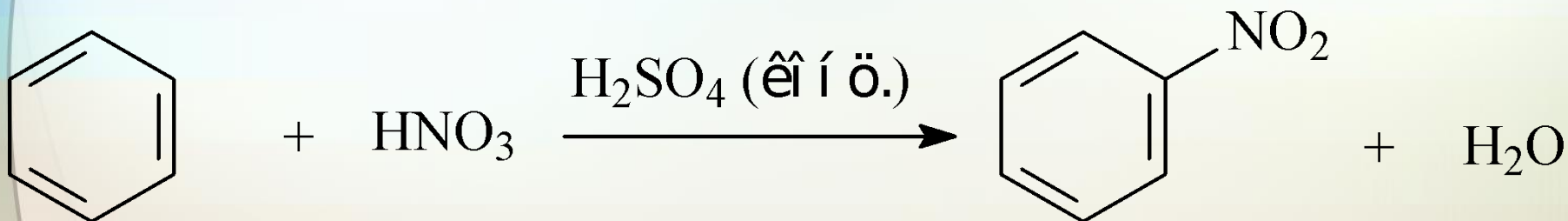
Галогенирование (Радикальное замещение)



Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Нитрование

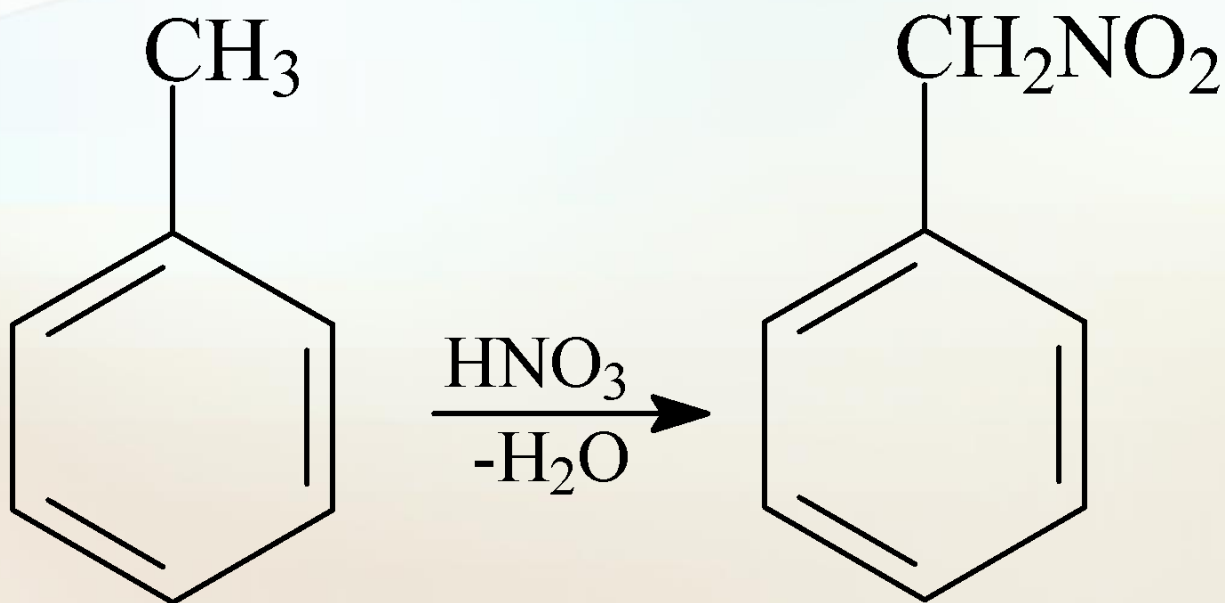


í èòï áâí çî ë

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Нитрование (радикальный механизм)



Реакция Коновалова

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

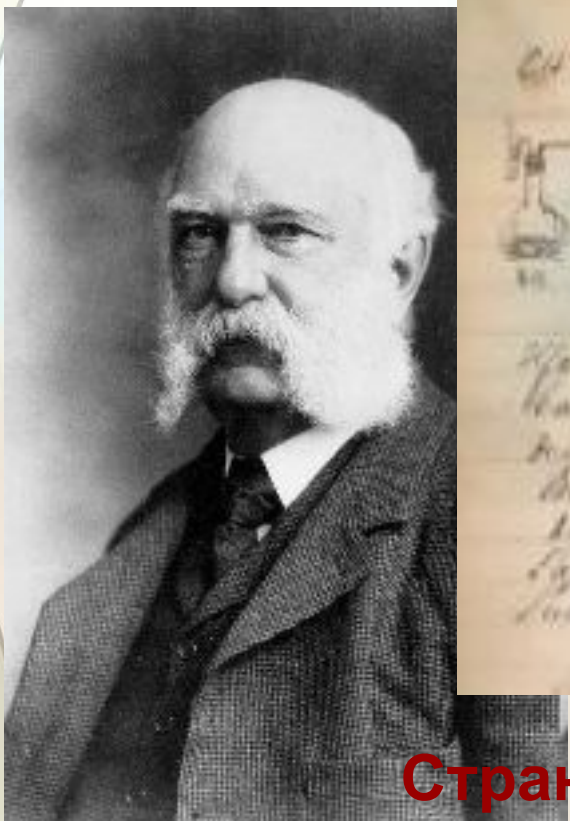
Алкилирование

Алкилирование — введение алкильной группы в молекулу органического соединения (например, в бензольное кольцо).

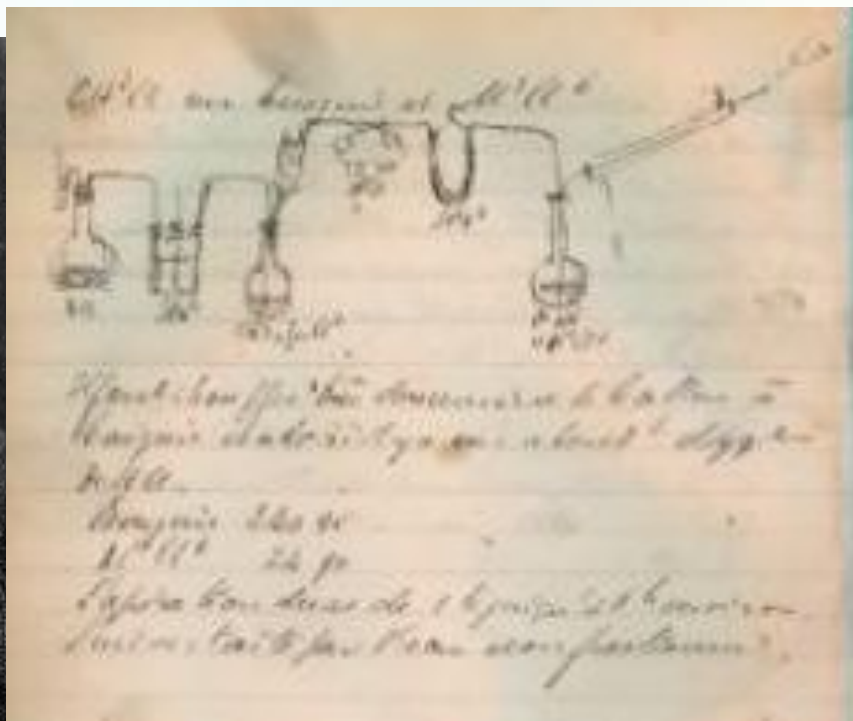
Реакция Фриделя—Крафтса

Арены

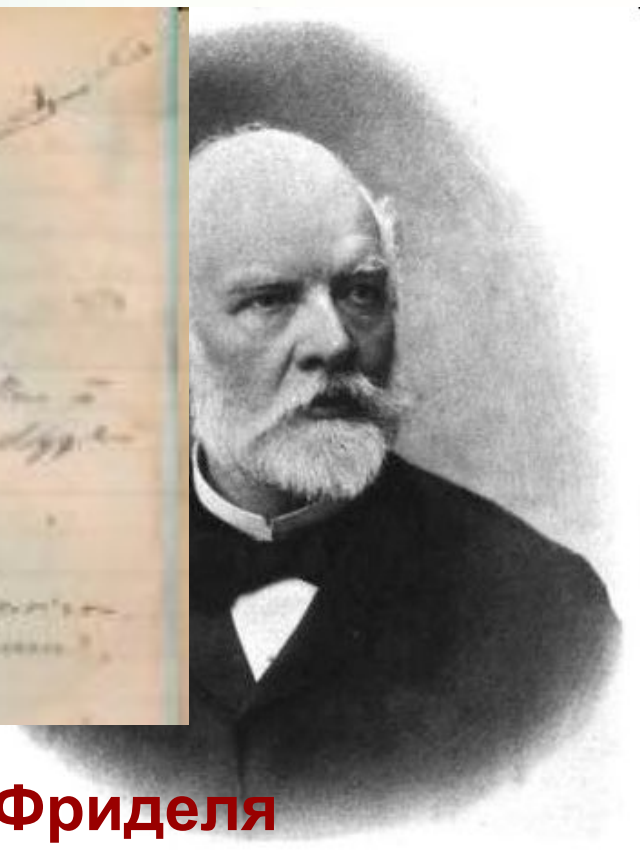
Химические свойства. Реакции замещения



**Крафтс (Crafts) Джеймс
Мейсон
(8.3.1839 — 20.6.1917, США)**



Страница из блокнота Фриделя

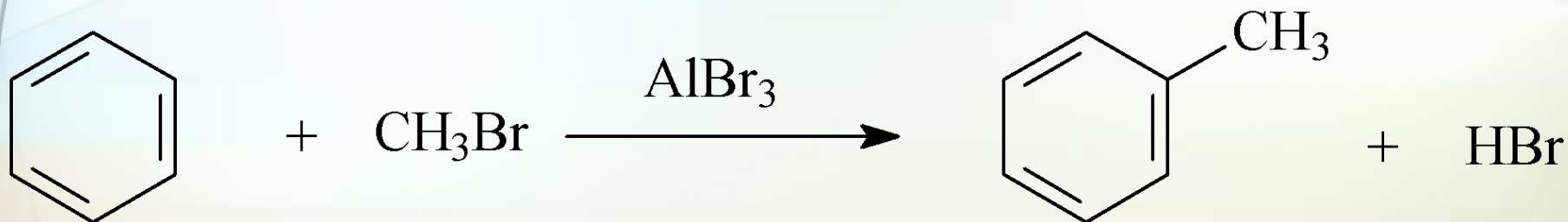


**Фридель (Friedel) Шарль
(12.3.1832 — 20.4.1899,
Франция)**

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

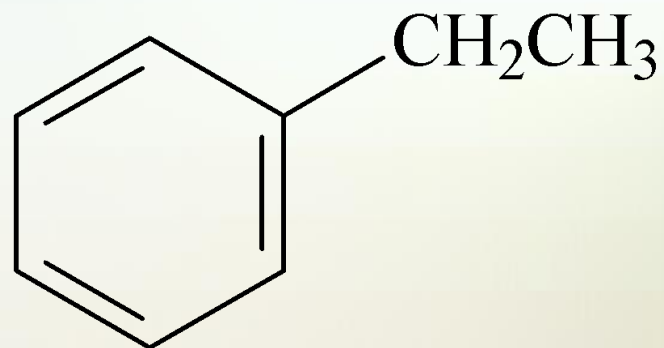
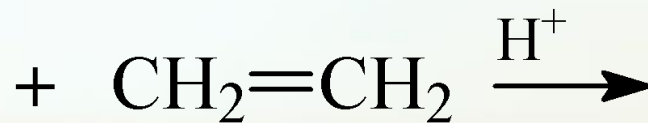
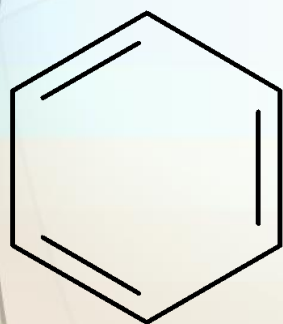
Алкилирование



à è áâí ç ë
(ð éóî ë)

Арены

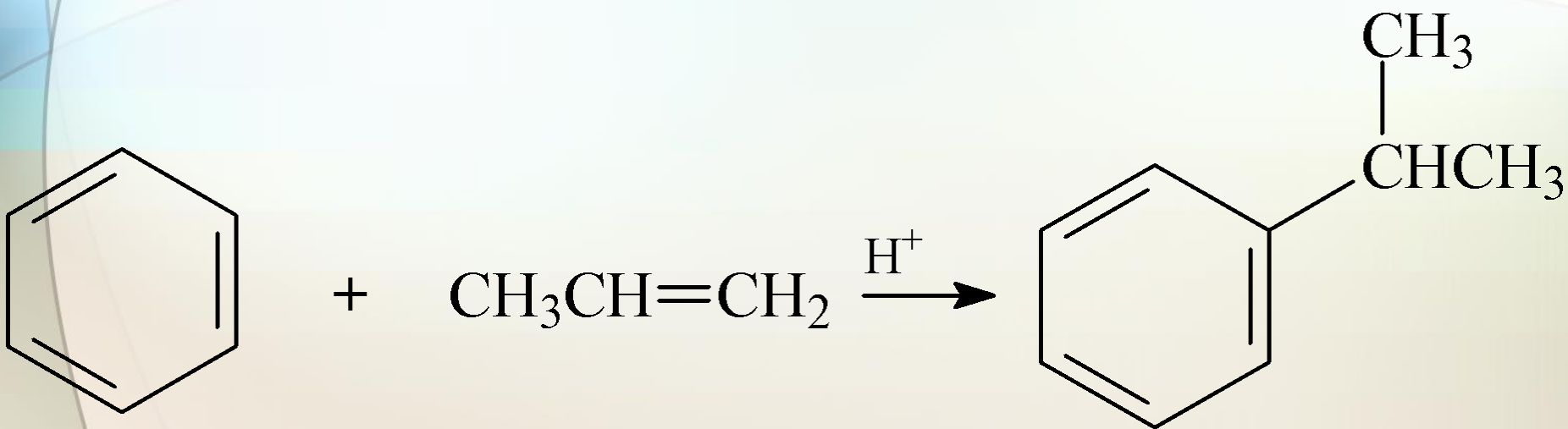
Химические свойства. Реакции замещения



Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Алкилирование (механизм)

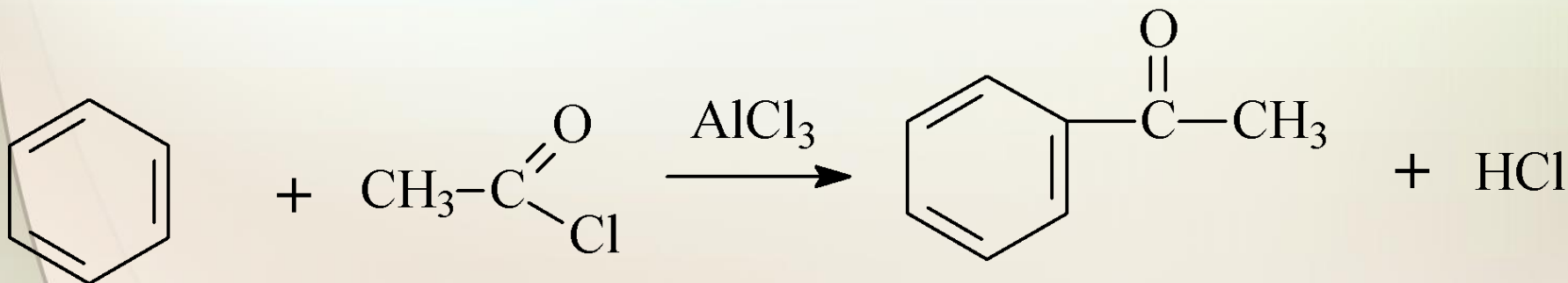


Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Ацилирование

Ацилирование — введение в молекулу органического соединения ацильной группы.



àöâèëöëî ðèä ì àèèöâí èèèâðí

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Эффекты заместителей при электрофильном замещении

1. **Заместители (ориентанты) первого рода:** —OH, —OR, —OCOR, —SH, —NH₂, —NHR, (Hal). Эти заместители смещают электронную плотность в сторону бензольного кольца, т.е. обладают электронодонорными свойствами. Они **активируют** бензольное кольцо (за исключением галогенов). **Облегчая** вхождение электрофильных реагентов в бензольное кольцо, они ориентируют новый заместитель в *орто*- и *пара*-положения. Такие заместители называют **орто**- и **пара**-ориентантами.

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

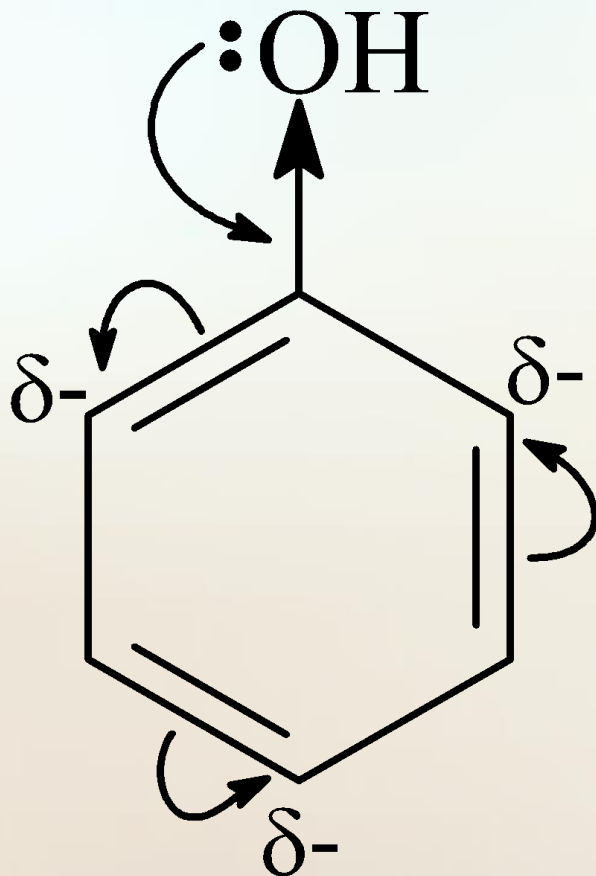
Эффекты заместителей при электрофильном замещении

2. Заместители (ориентанты) второго рода: $-\text{CN}$, $-\text{COOH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{CHO}$, $-\text{COR}$, $-\text{COOR}$, $-\text{NO}_2$. Эти заместители смещают электронную плотность от бензольного кольца, т.е. они обладают электроноакцепторными свойствами. Эти заместители **дезактивируют** бензольное кольцо, **затрудняя** вхождение электрофильных реагентов. При этом вновь входящий заместитель ориентируют в мета-положение. Такие заместители называют **мета-ориентантами**.

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Эффекты заместителей при электрофильном замещении

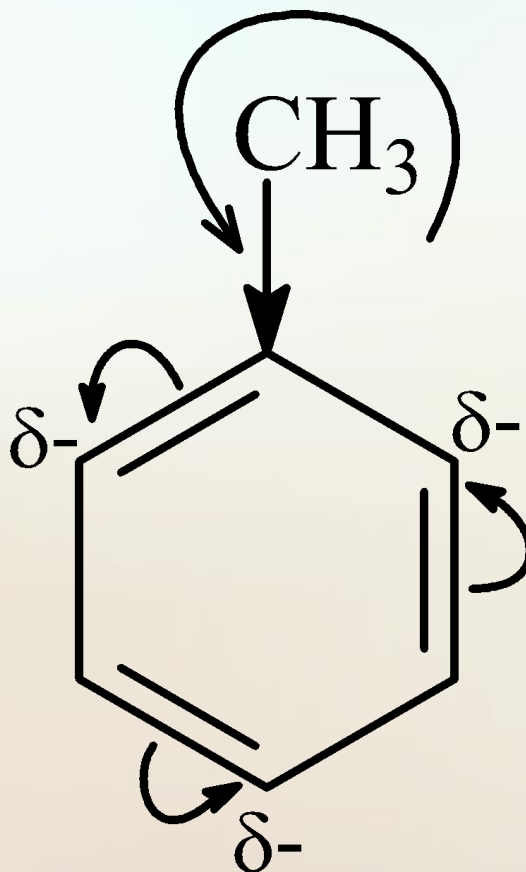


фенол

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Эффекты заместителей при электрофильном замещении

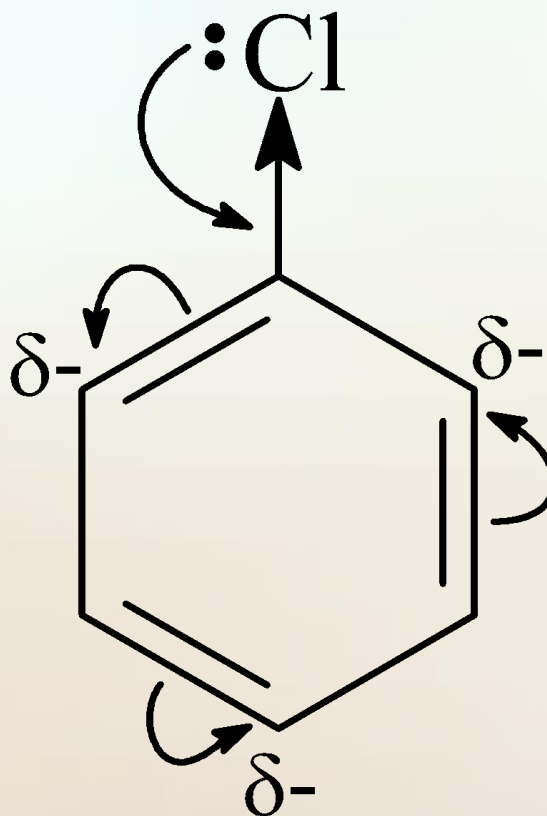


толуол

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Эффекты заместителей при электрофильном замещении

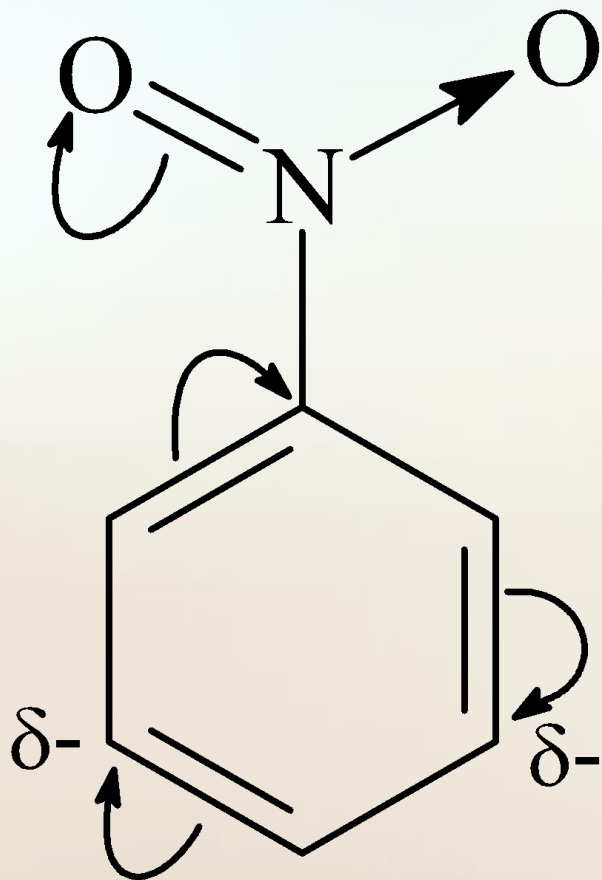


хлорбензол

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Эффекты заместителей при электрофильном замещении

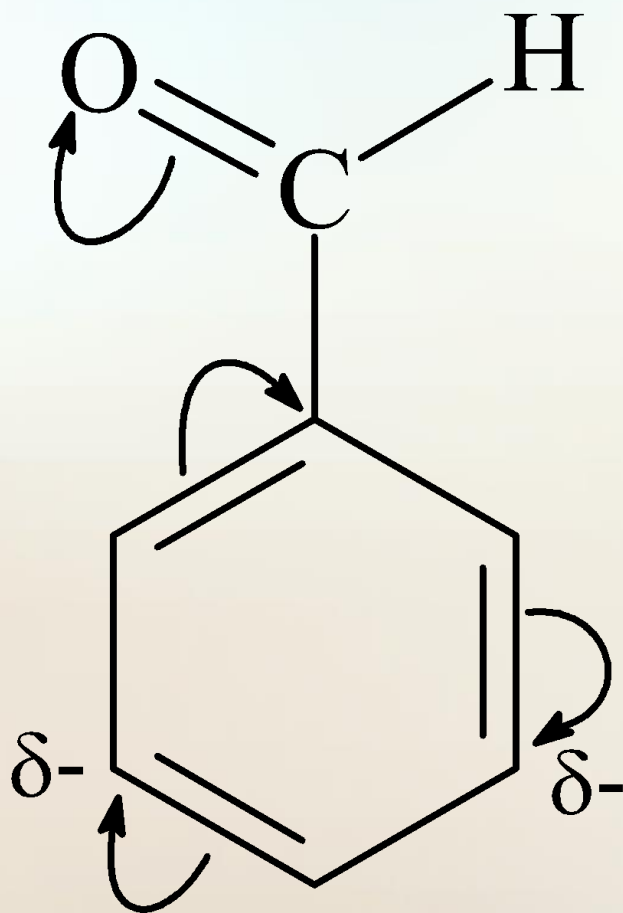


нитробензол

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Эффекты заместителей при электрофильном замещении



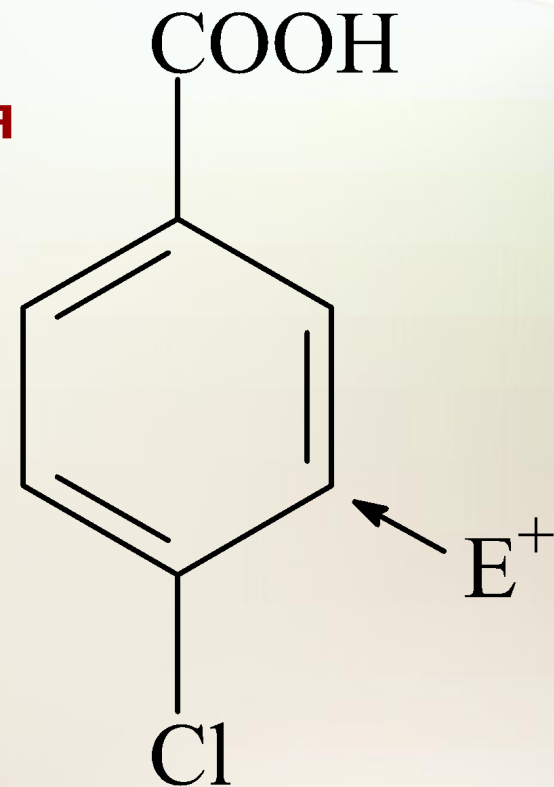
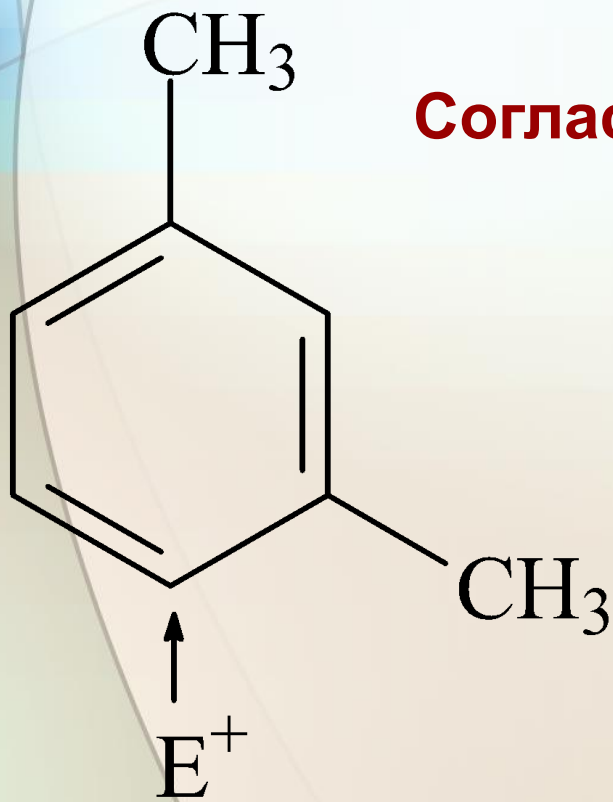
бензальдегид

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Ориентация в бензольных кольцах, содержащих более одного заместителя

Согласованная ориентация

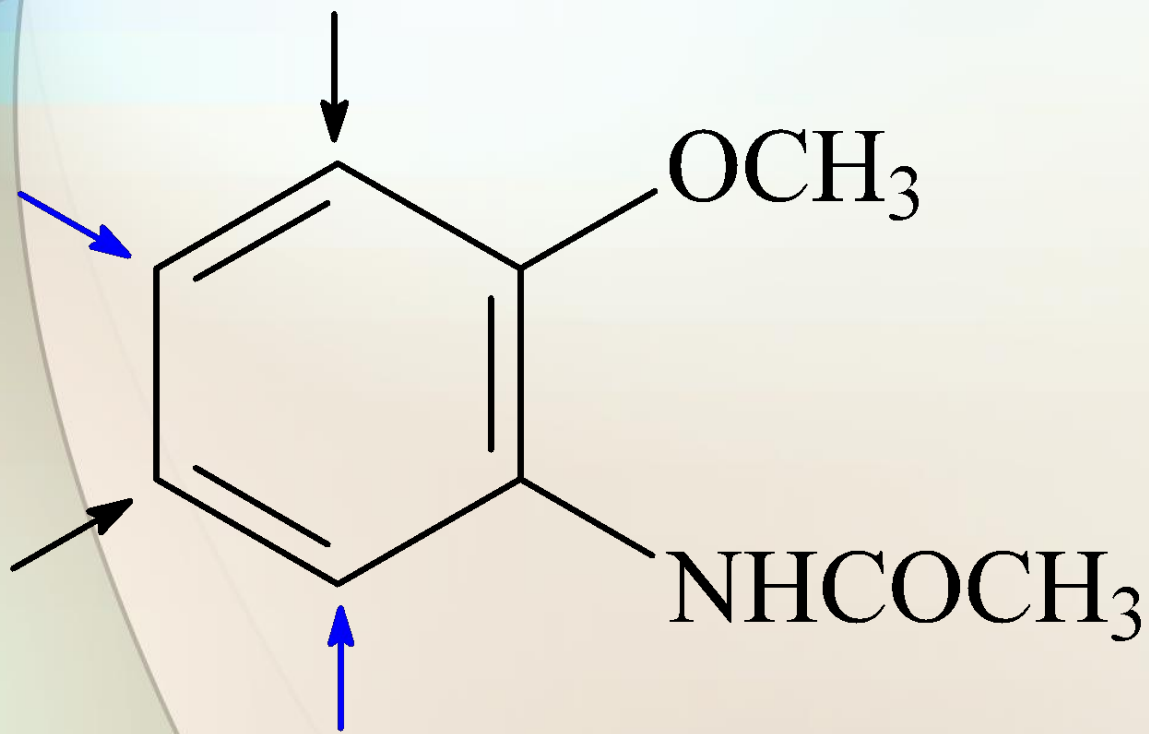


Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Ориентация в бензольных кольцах, содержащих более одного заместителя

Несогласованная ориентация

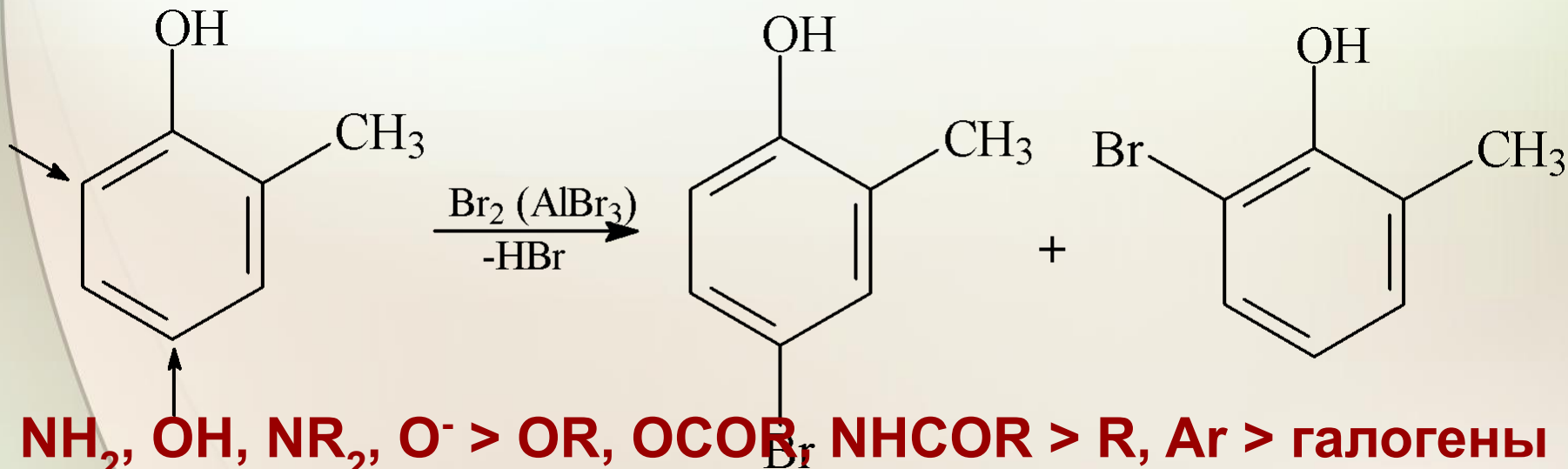


Арены

Химические свойства. Реакции замещения

Ориентация в бензольных кольцах, содержащих более одного заместителя

1. Если сильно активирующая группа конкурирует со слабоактивирующей или дезактивирующей группой, то реакция контролируется первой группой



$\text{NH}_2, \text{OH}, \text{NR}_2, \text{O}^- > \text{OR}, \text{OCOR}, \text{NHCOR} > \text{R}, \text{Ar} > \text{галогены}$
> мета-ориентанты

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

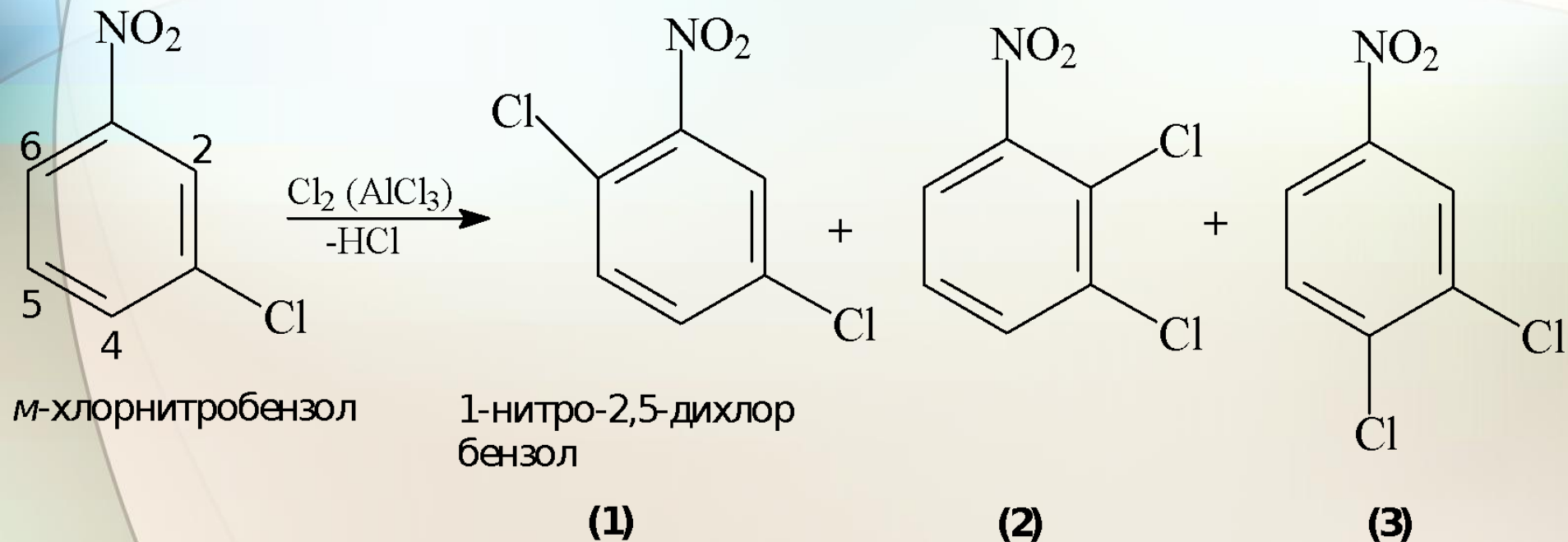
Ориентация в бензольных кольцах, содержащих более одного заместителя

2. При прочих равных условиях маловероятно, чтобы третья группа вошла в положение между двумя уже присутствующими в ароматическом кольце заместителями в *мета*-положении относительно друг друга.
3. Если *мета*-ориентирующая группа находится в *мета*-положении по отношению к *орто*-*пара*-ориентирующей группе, то входящая группа занимает в основном *орто*-положение по отношению к *мета*-ориентирующей группе.

Арены

Химические свойства. Реакции замещения

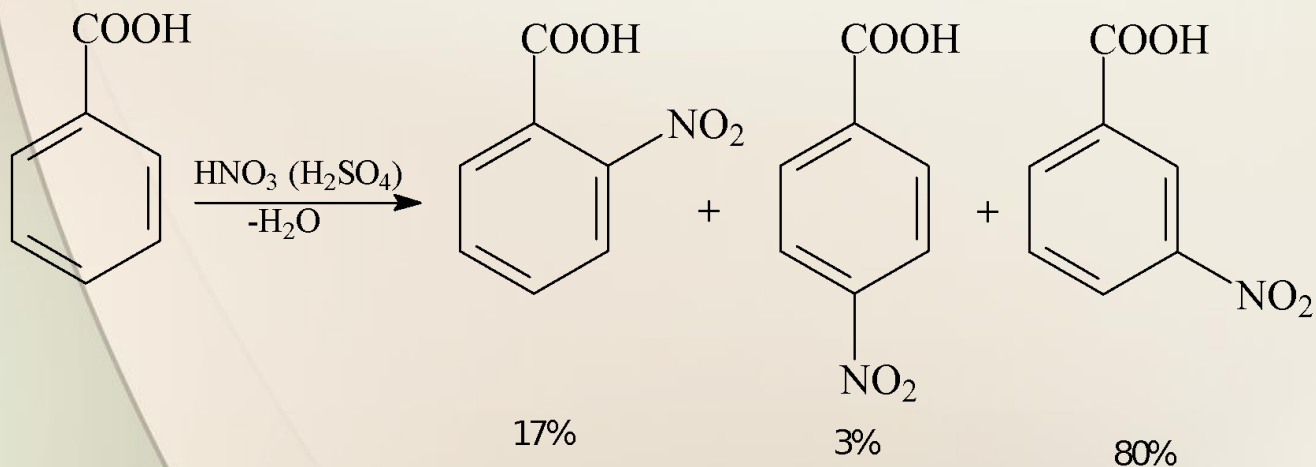
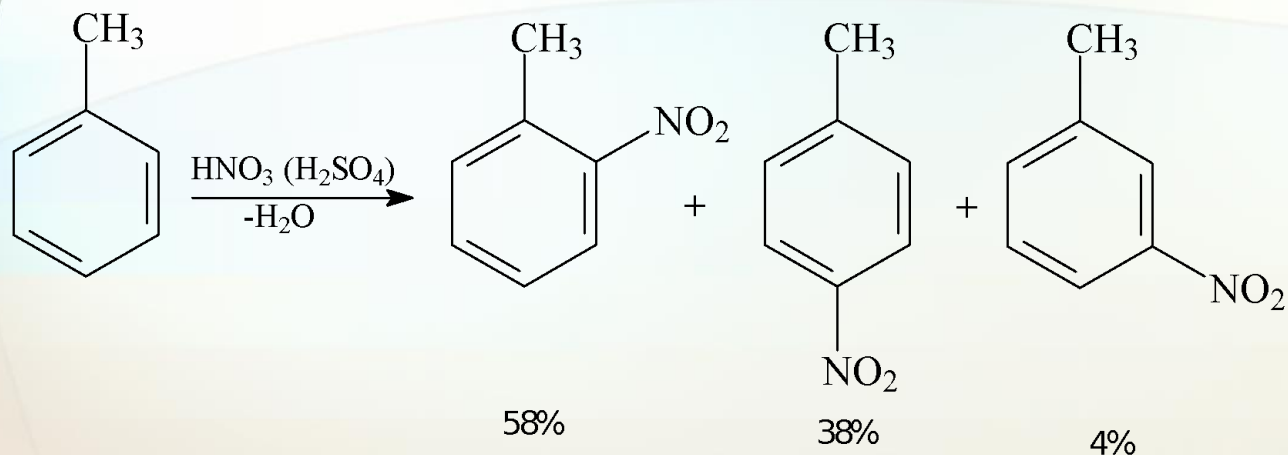
Ориентация в бензольных кольцах, содержащих более одного заместителя



Арены

Химические свойства. Реакции замещения

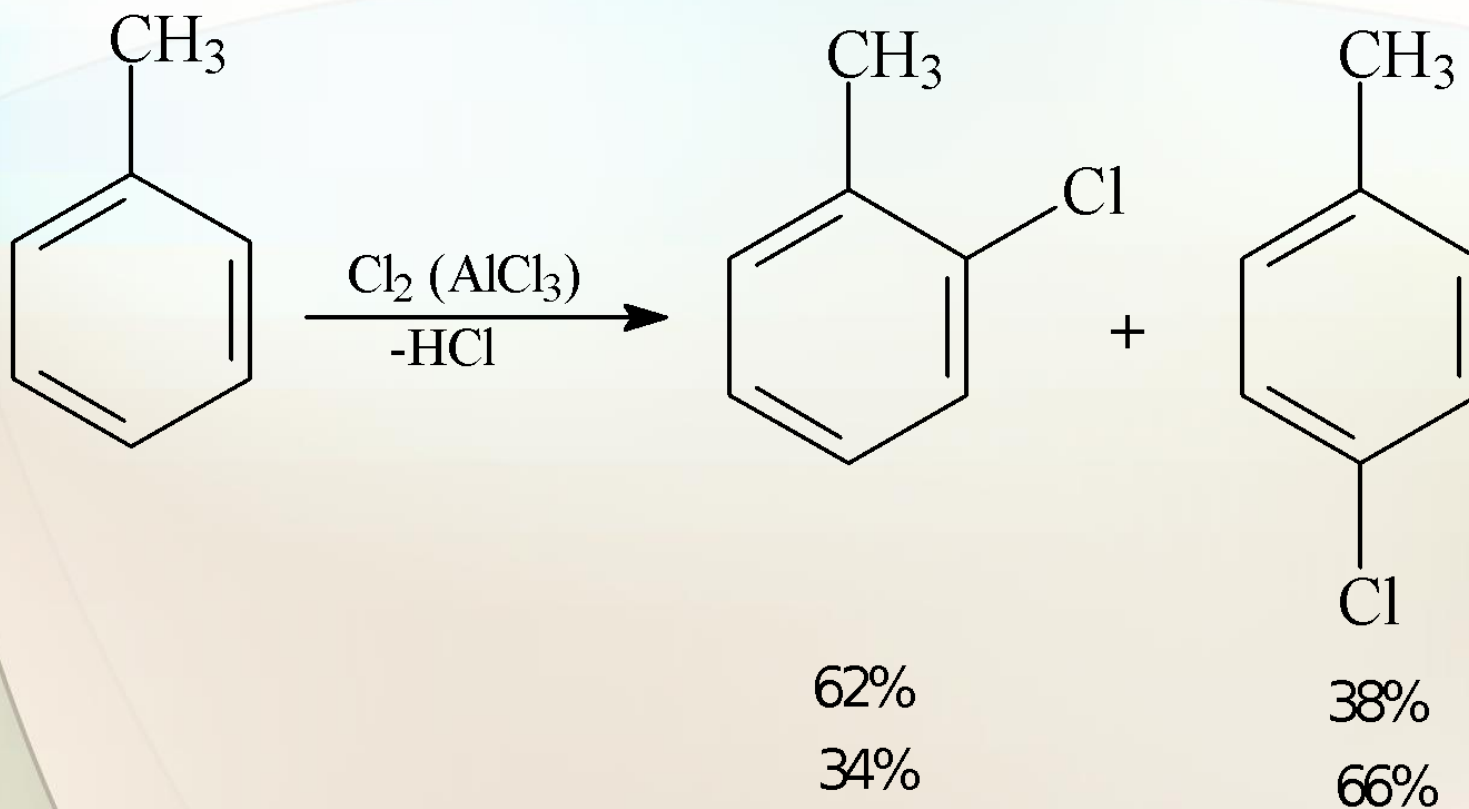
Влияние заместителей на реакционную способность



Арены

Химические свойства. Реакции замещения

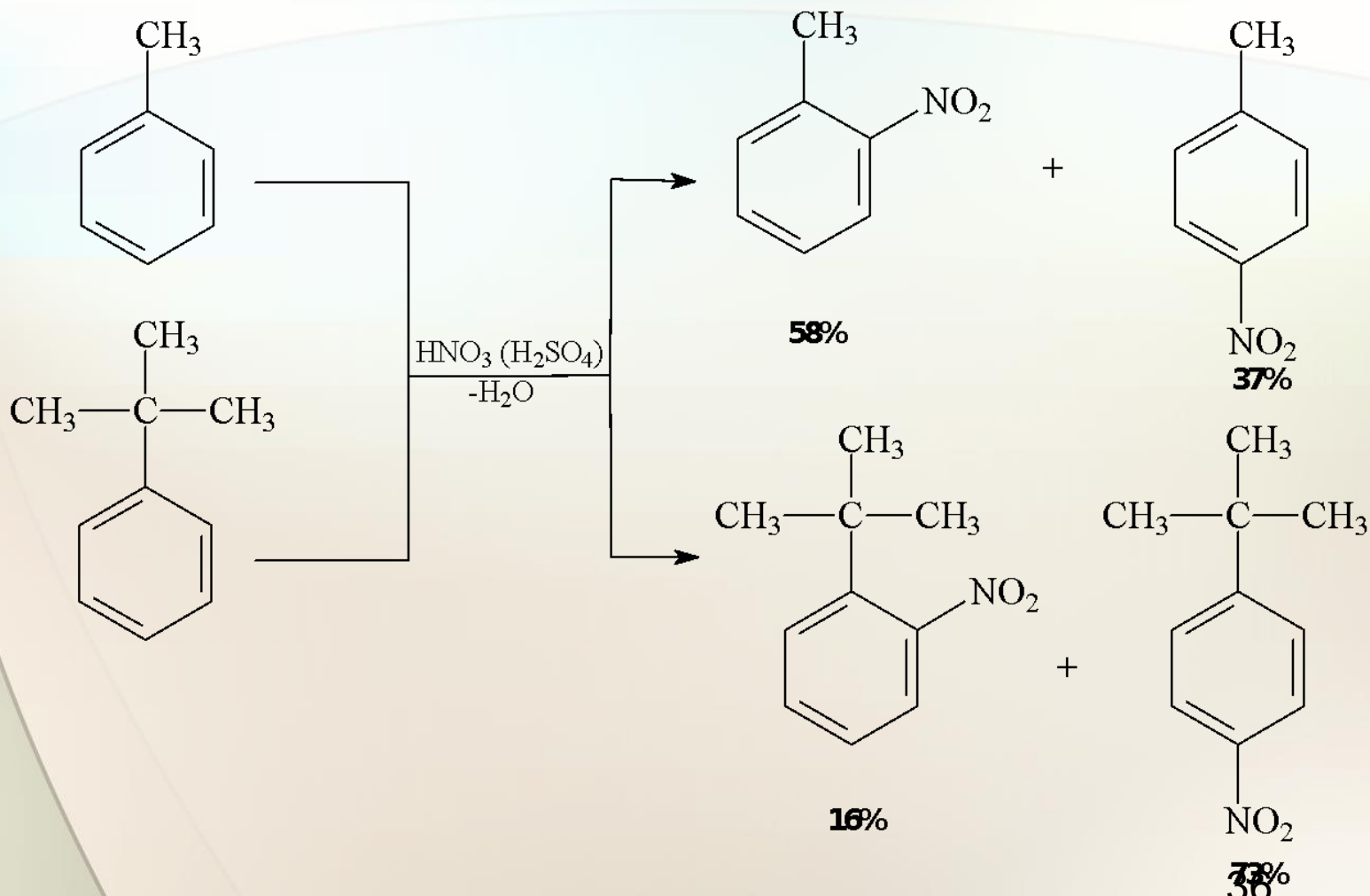
Влияние заместителей на реакционную способность



Арены

Химические свойства. Реакции замещения

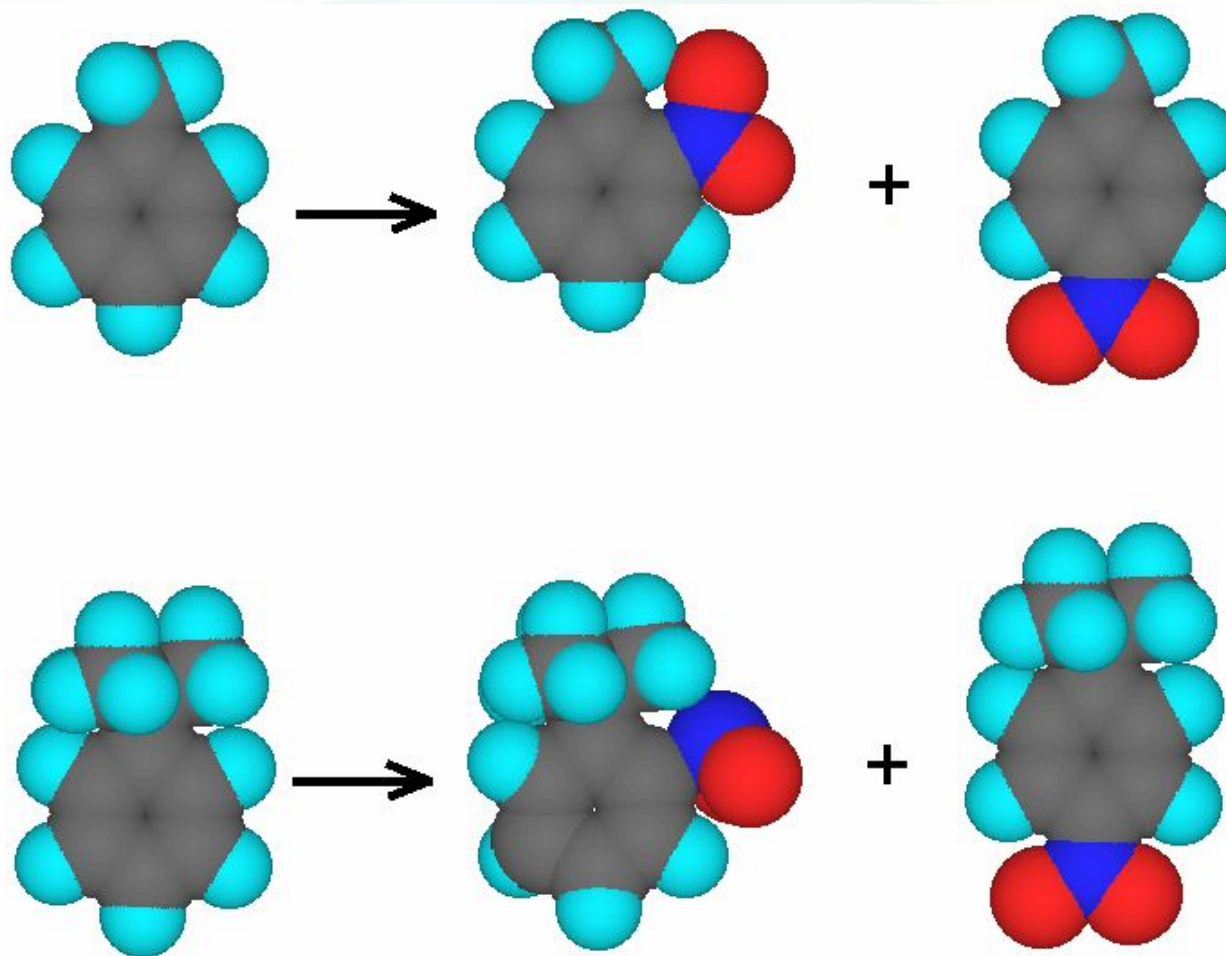
Влияние заместителей на реакционную способность



Арены

Химические свойства. Реакции замещения

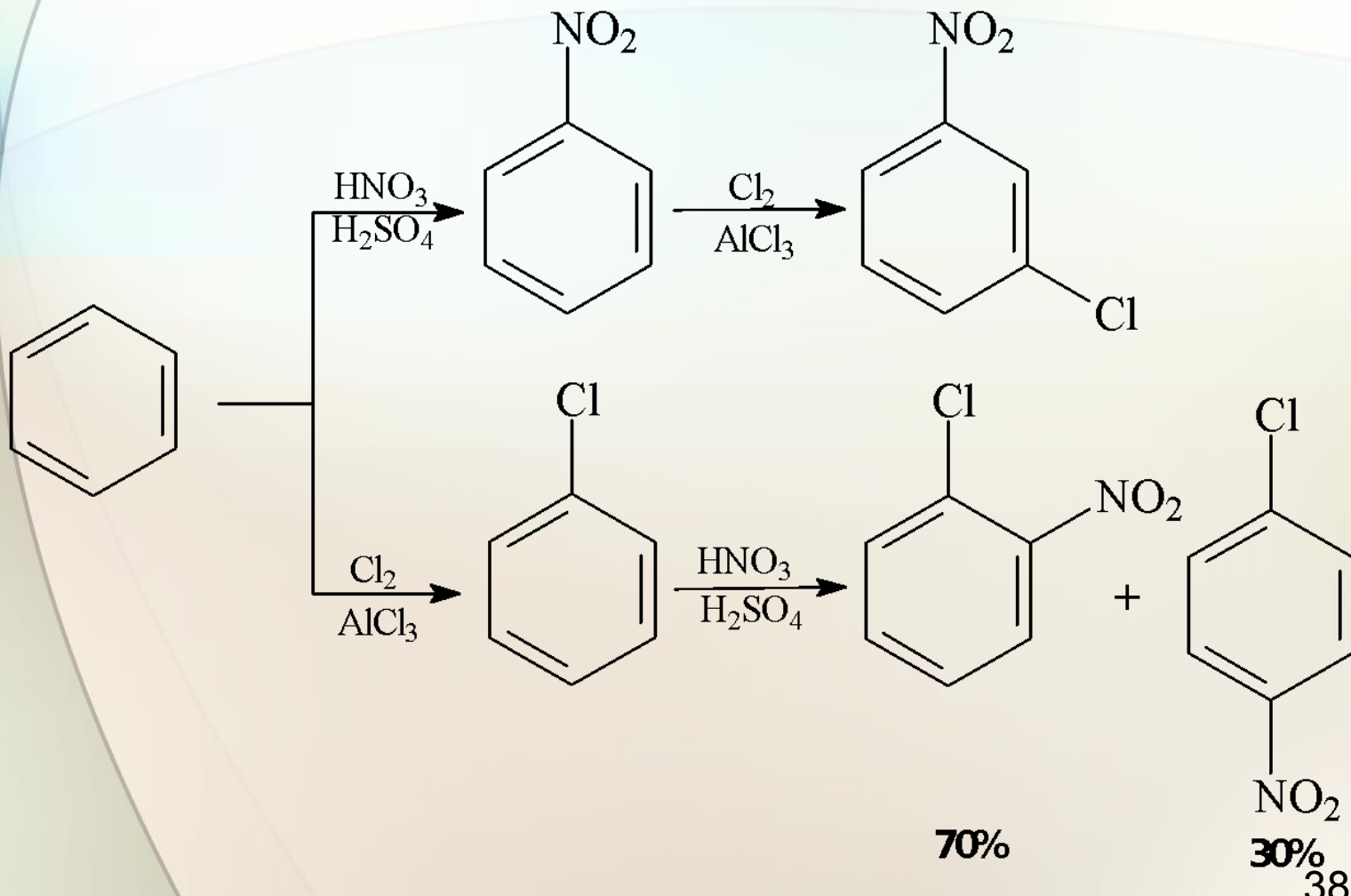
Влияние заместителей на реакционную способность



Арены

Химические свойства. Реакции замещения

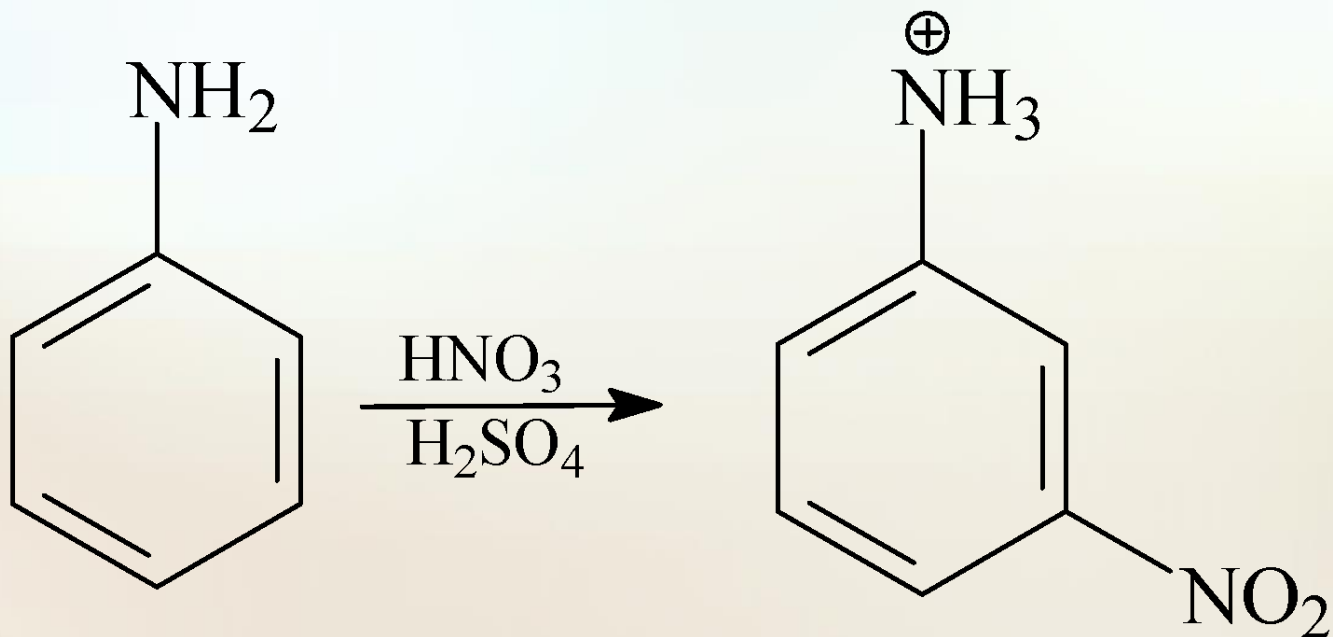
Влияние заместителей на реакционную способность



Арены

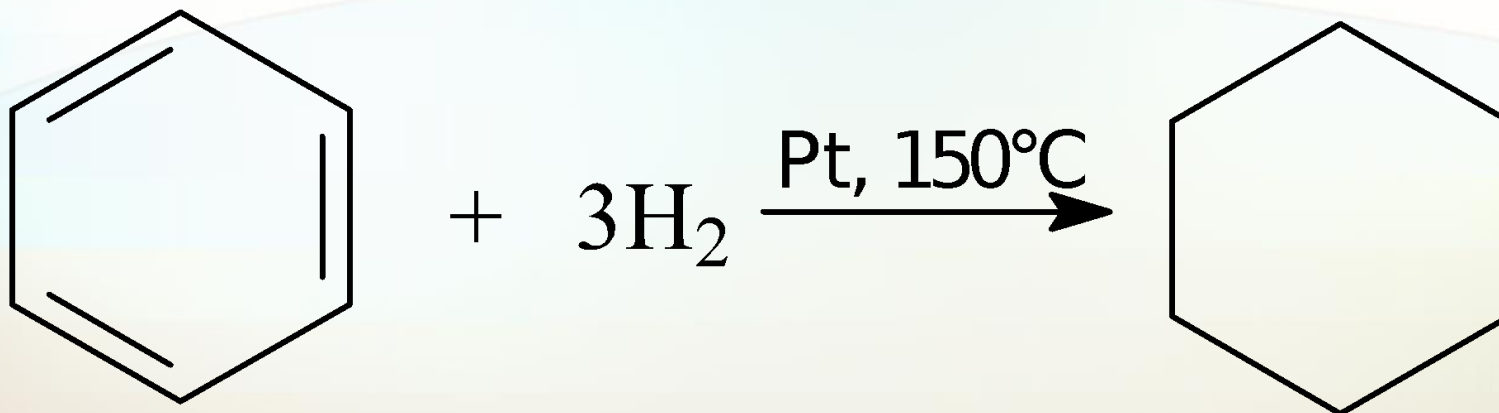
Химические свойства. Реакции замещения

Влияние заместителей на реакционную способность



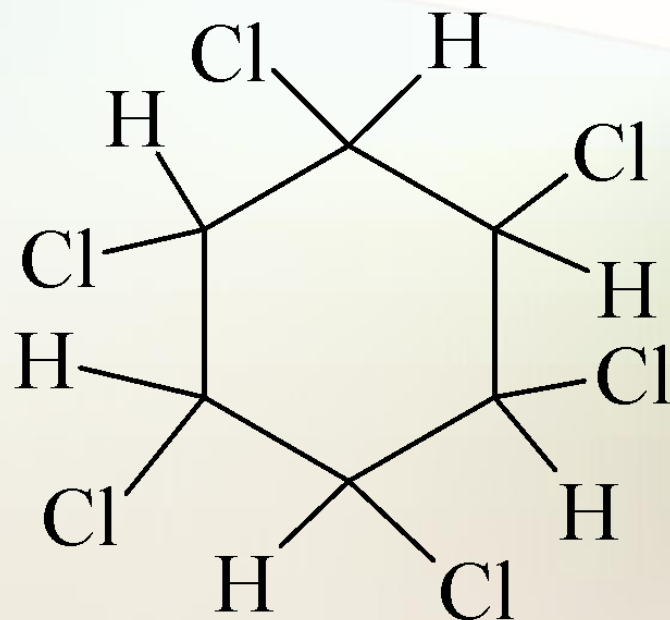
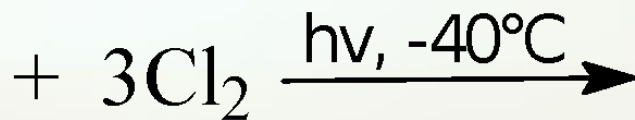
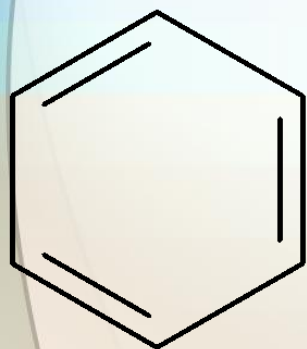
Арены

Химические свойства. Реакции присоединения



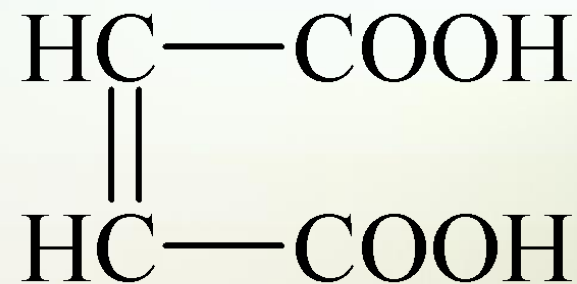
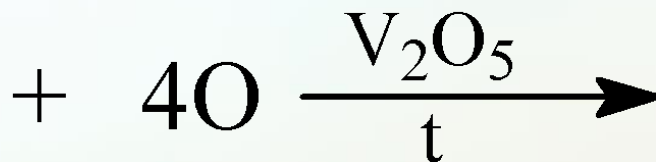
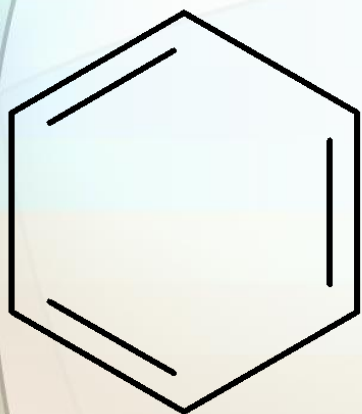
Арены

Химические свойства. Реакции присоединения



Арены

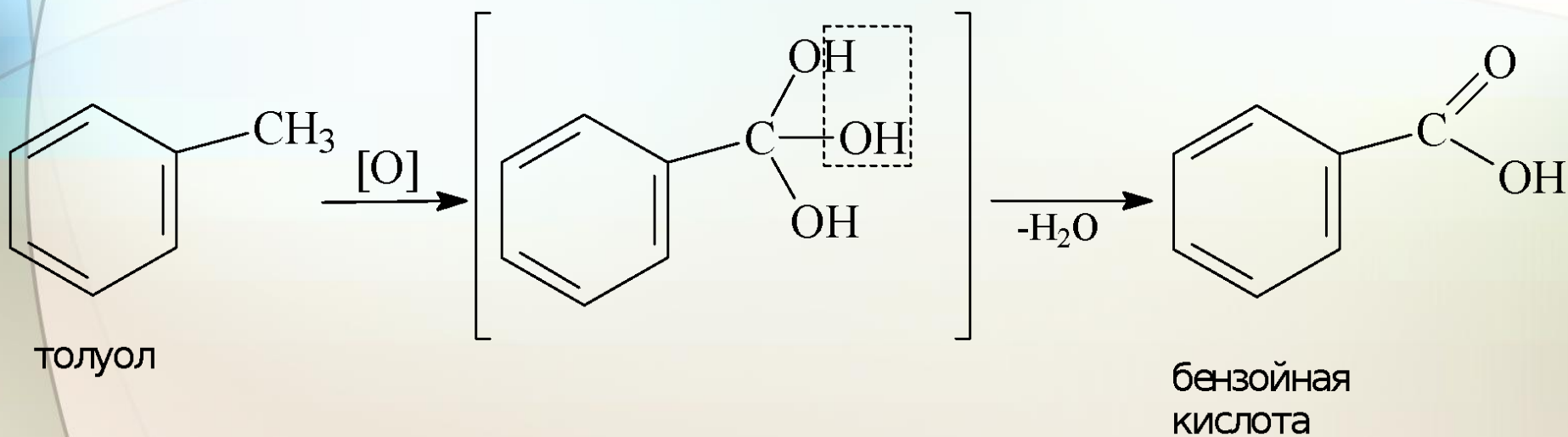
Химические свойства. Окисление



малеиновая
кислота

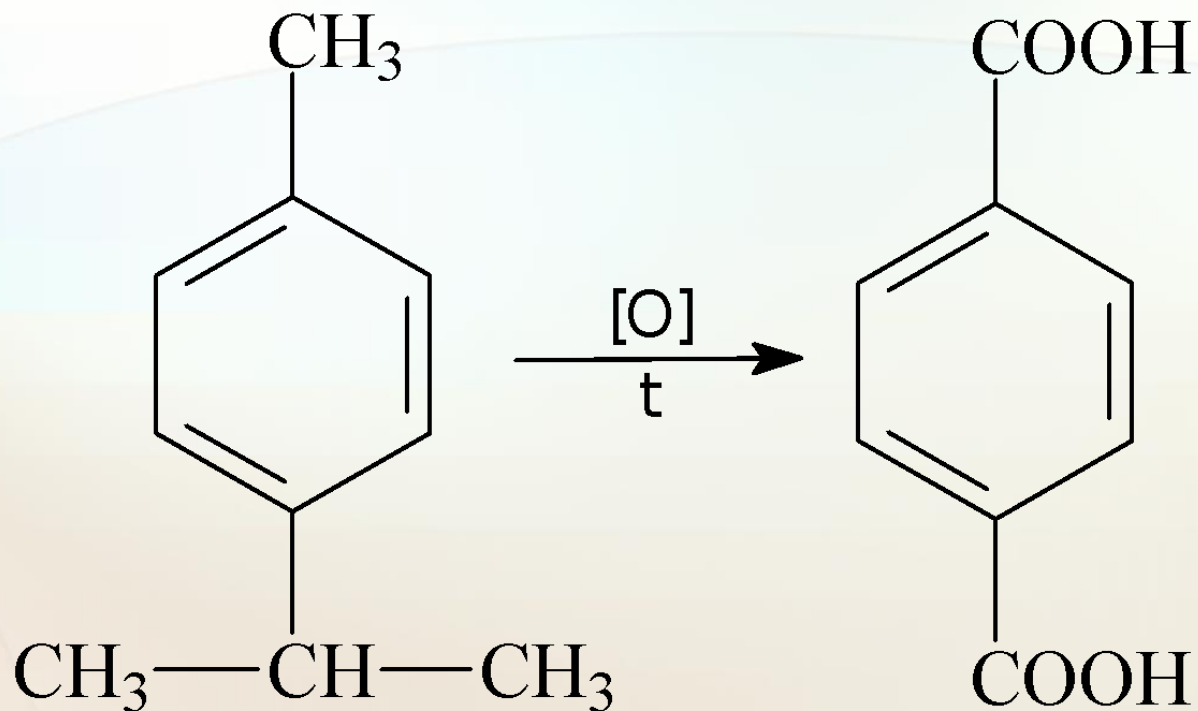
Арены

Химические свойства. Окисление



Арены

Химические свойства. Окисление



п-метилизопропил-
бензол (цимол)

терефталевая
кислота

Арены

Химические свойства. Окисление

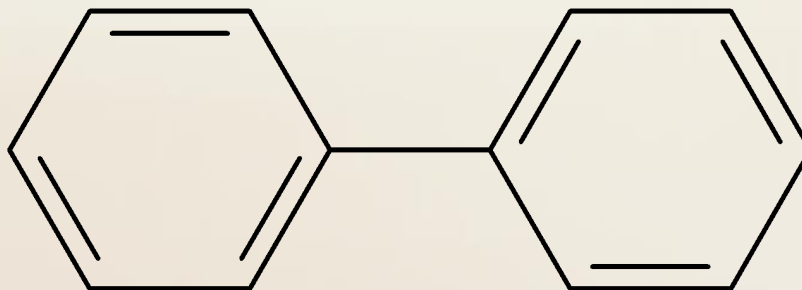


Арены

Многоядерные ароматические соединения

Ароматические соединения, содержащие в своих молекулах несколько бензольных ядер, называют **многоядерными**.

Соединения с неконденсированными бензольными ядрами

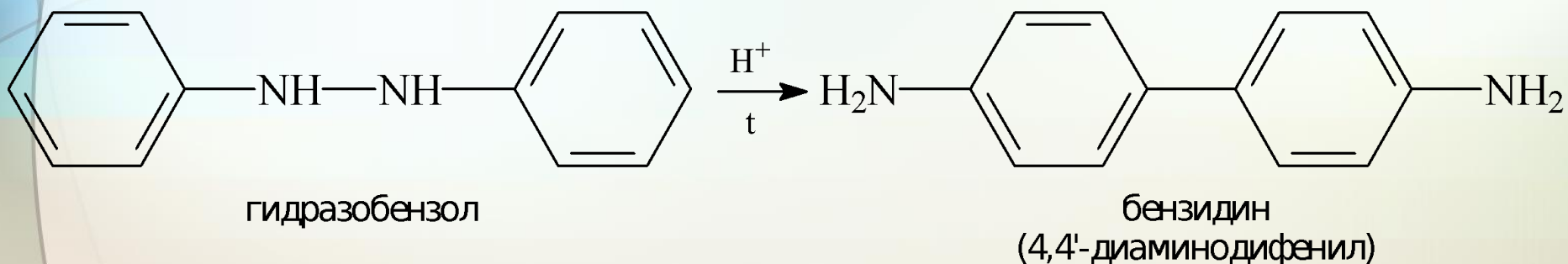


дифенил

Арены

Многоядерные ароматические соединения

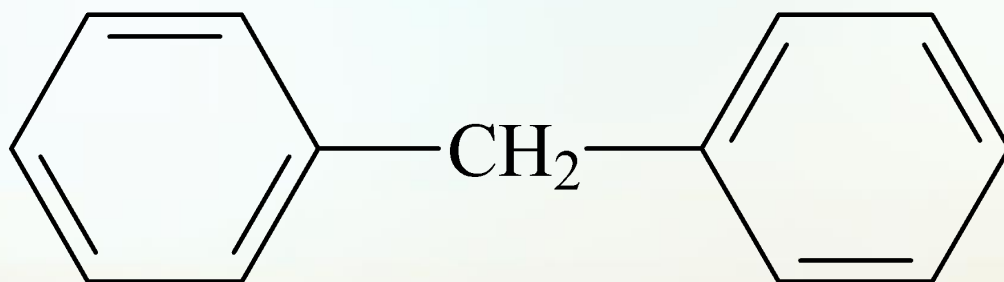
Соединения с неконденсированными бензольными ядрами



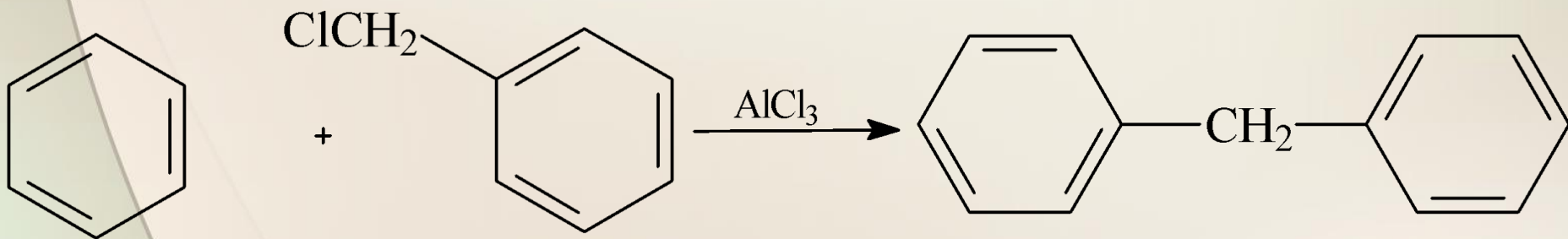
Арены

Многоядерные ароматические соединения

Соединения с неконденсированными бензольными ядрами



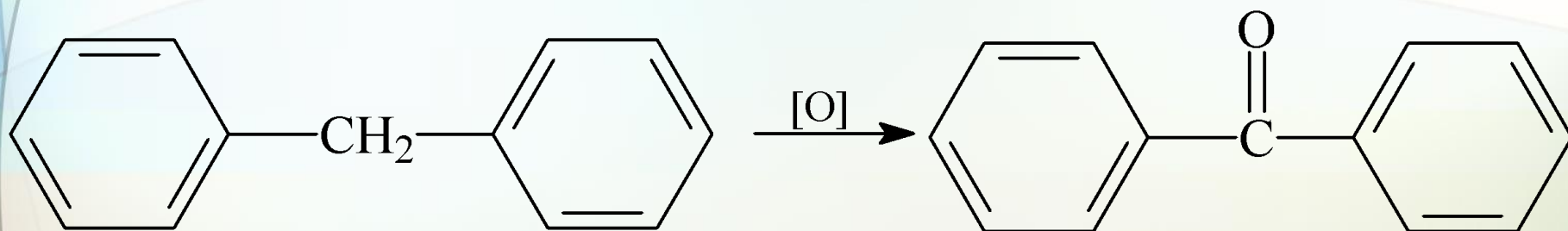
дифенилметан



Арены

Многоядерные ароматические соединения

Соединения с неконденсированными бензольными ядрами

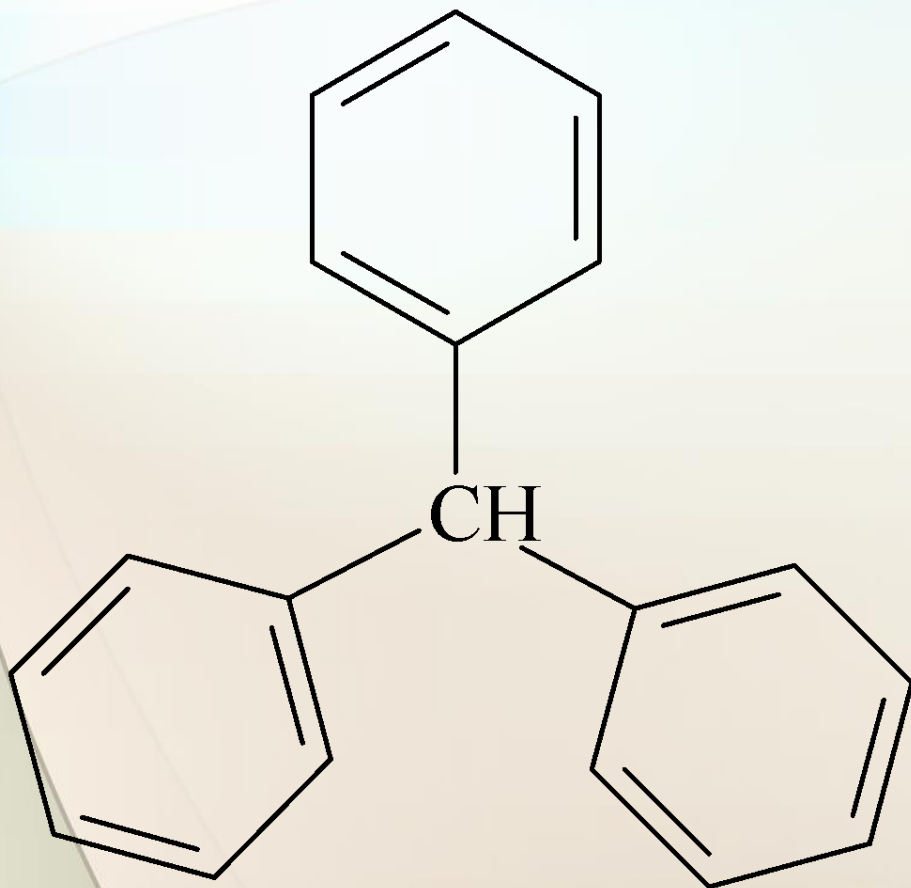


бензофенон

Арены

Многоядерные ароматические соединения

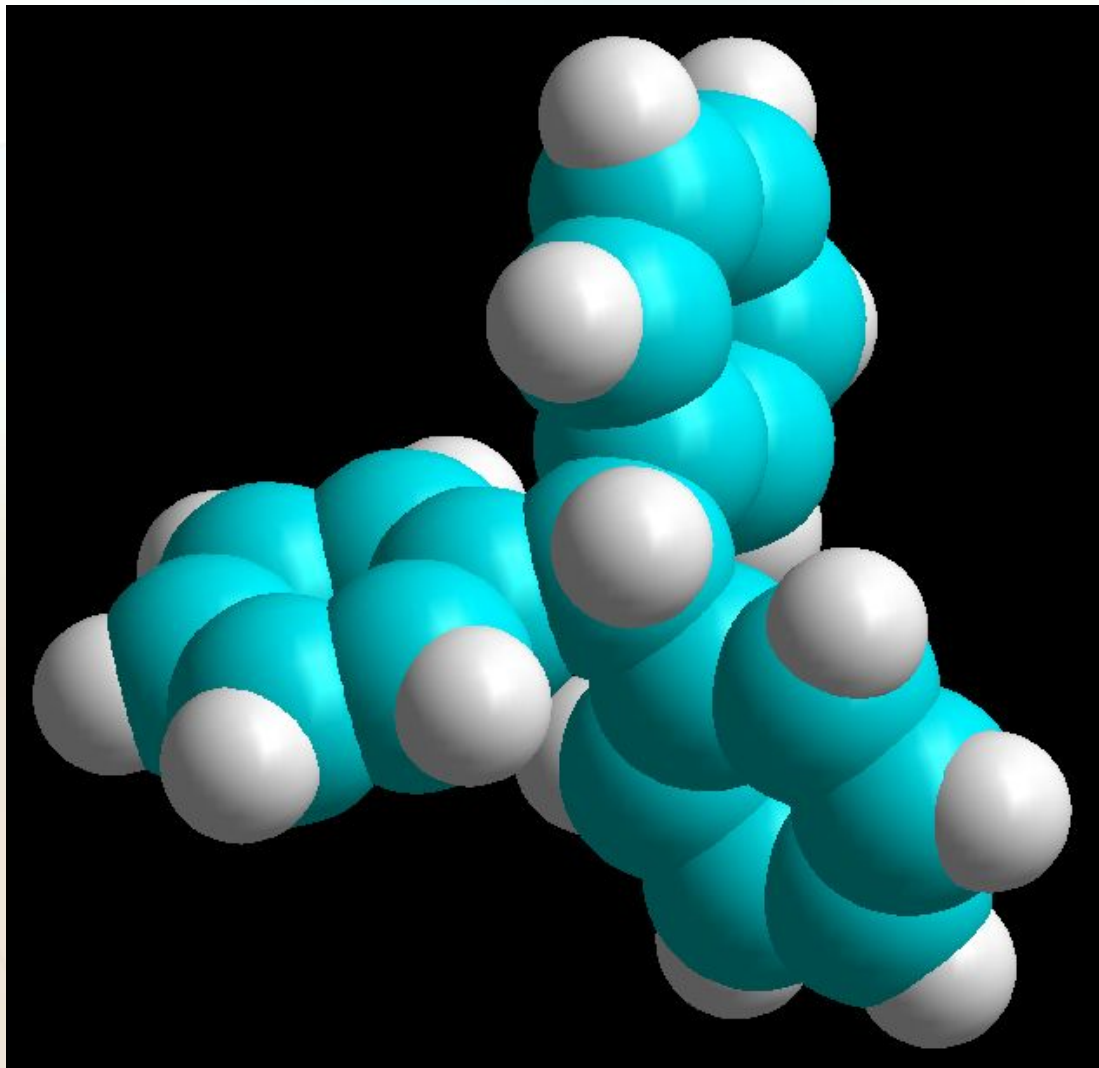
Соединения с неконденсированными бензольными ядрами



Трифенилметан

Арены

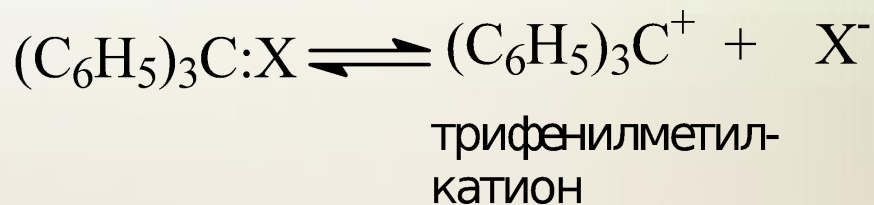
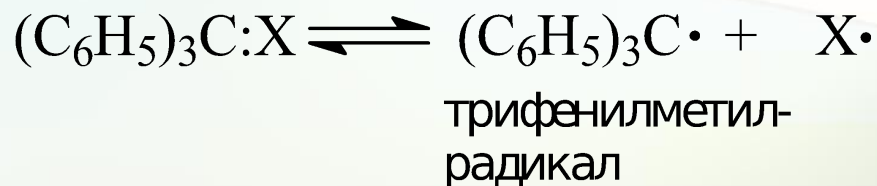
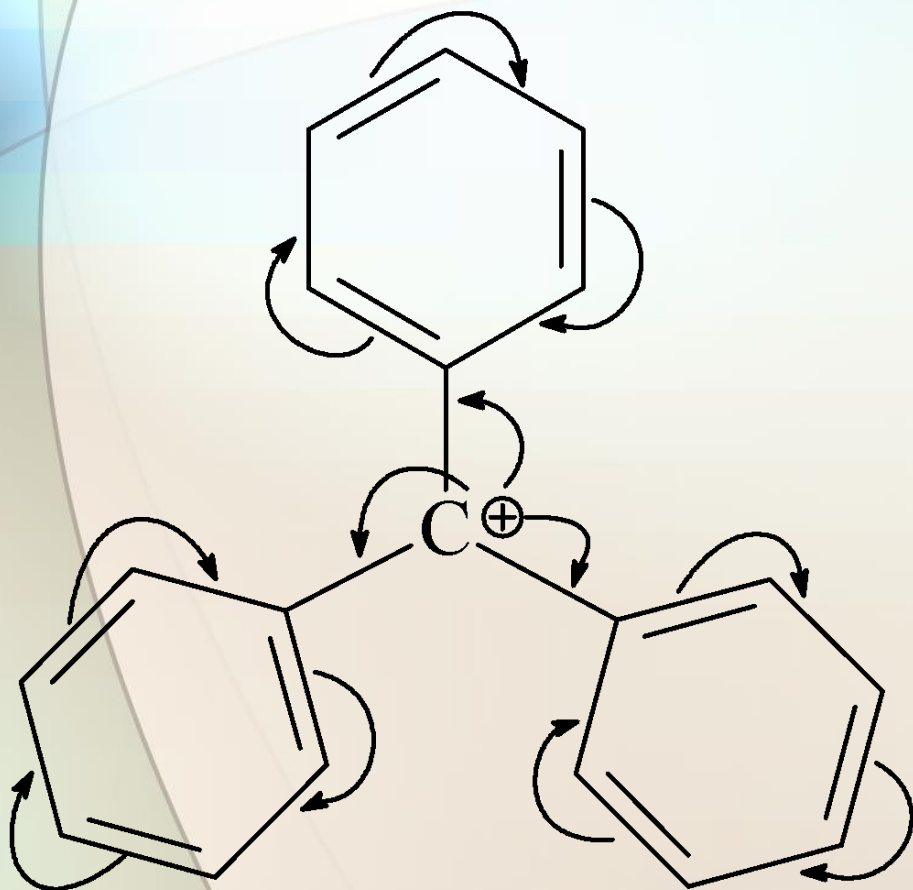
Многоядерные ароматические соединения



Арены

Многоядерные ароматические соединения

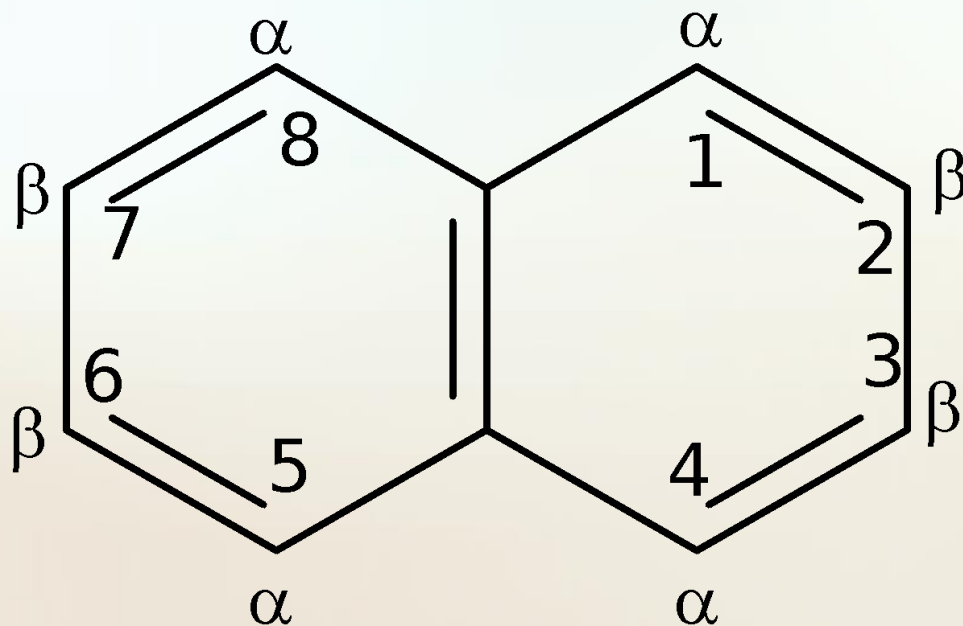
Соединения с неконденсированными бензольными ядрами



Арены

Многоядерные ароматические соединения

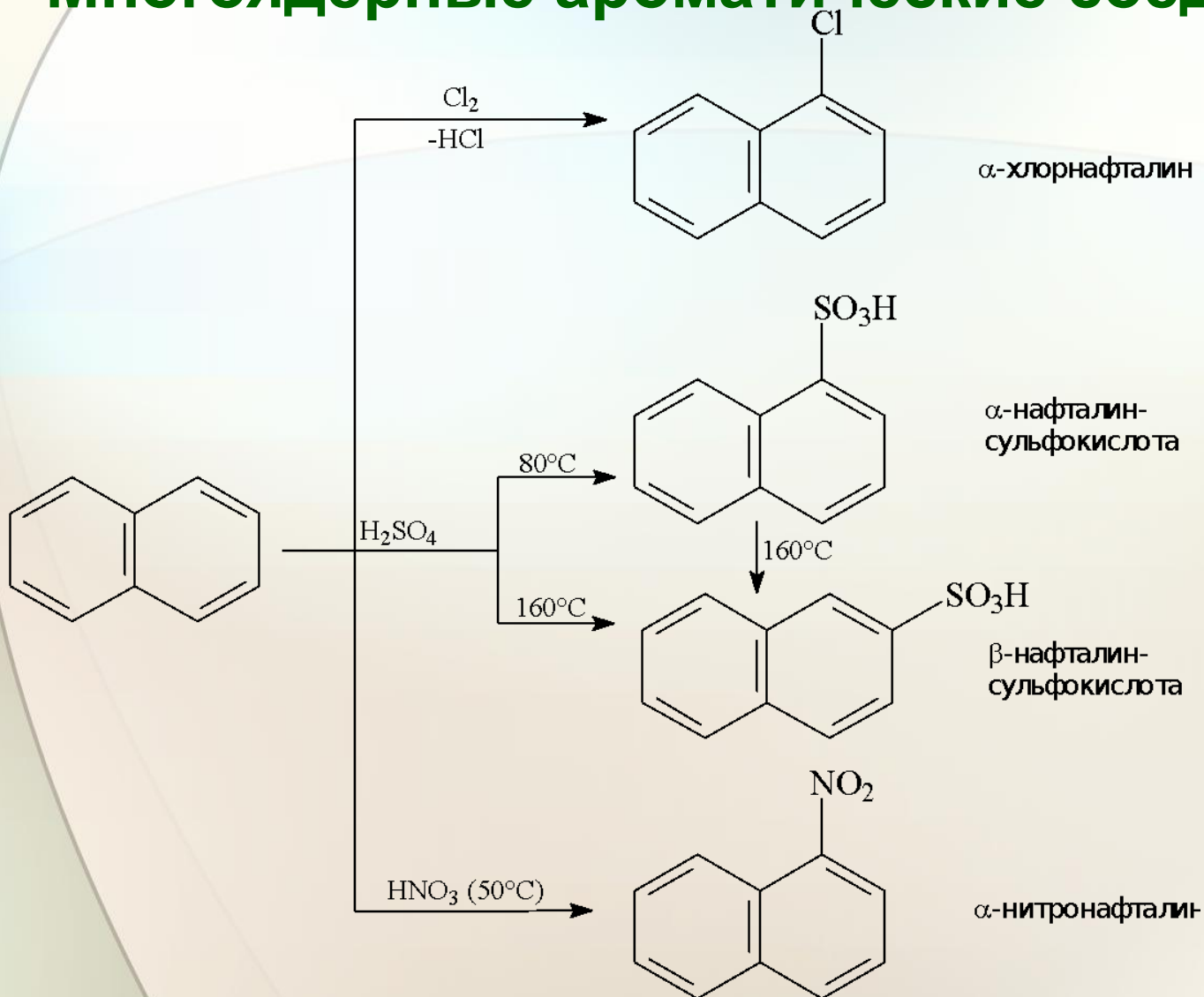
Соединения с конденсированными бензольными ядрами



нафталин

Арены

Многоядерные ароматические соединения



Арены

Многоядерные ароматические соединения

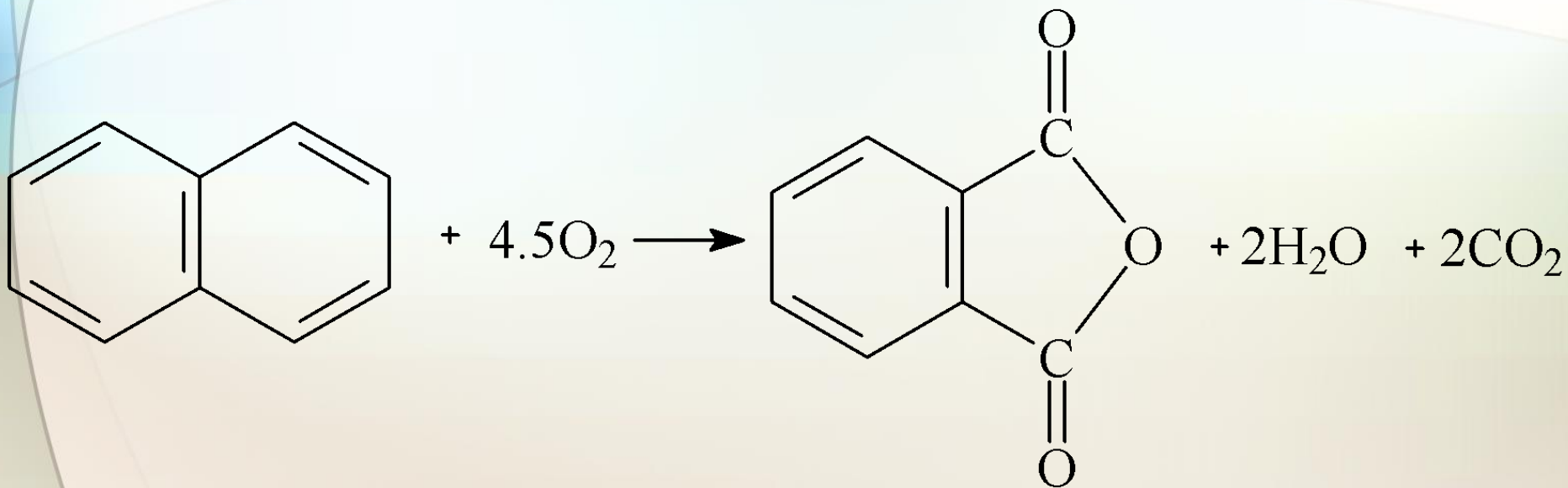
Соединения с конденсированными бензольными ядрами



Арены

Многоядерные ароматические соединения

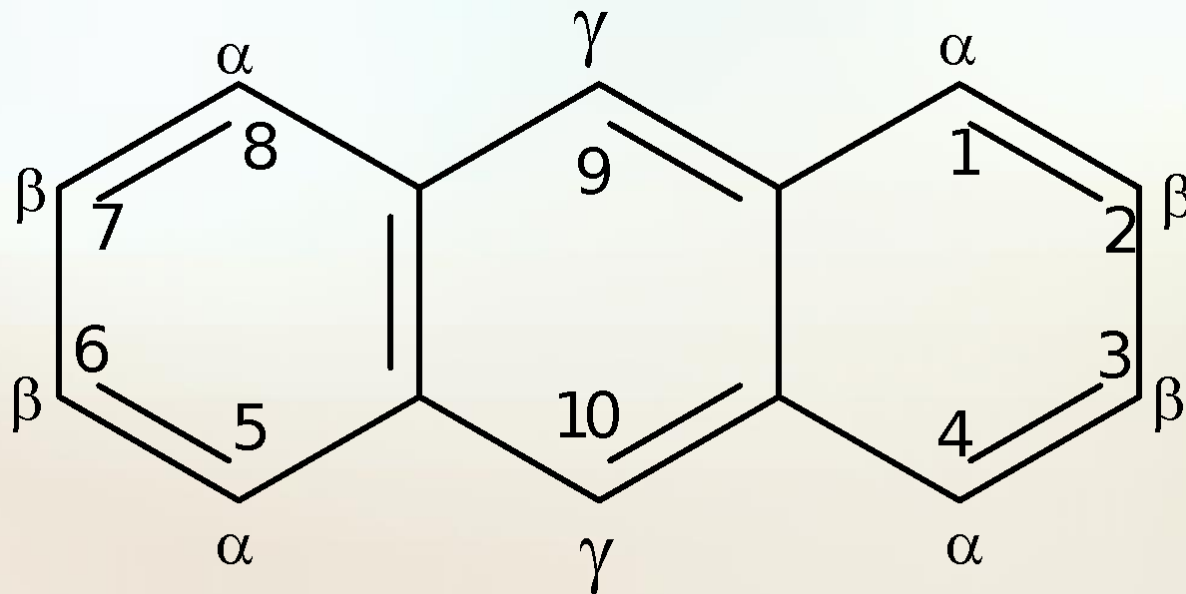
Соединения с конденсированными бензольными ядрами



Арены

Многоядерные ароматические соединения

Соединения с конденсированными бензольными ядрами

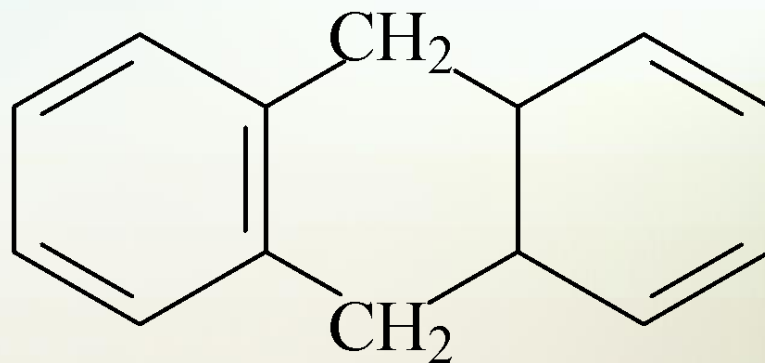
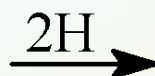
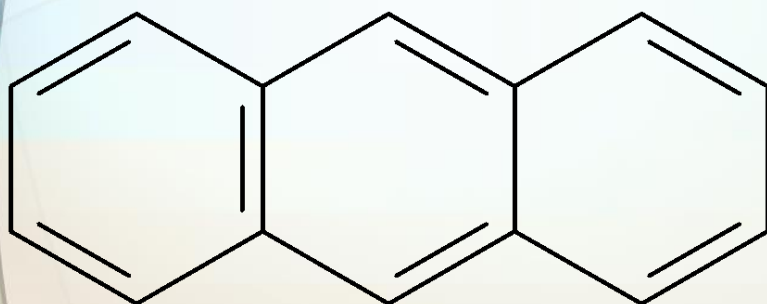


антрацен

Арены

Многоядерные ароматические соединения

Соединения с конденсированными бензольными ядрами



дигидроантрацен

Арены

Многоядерные ароматические соединения

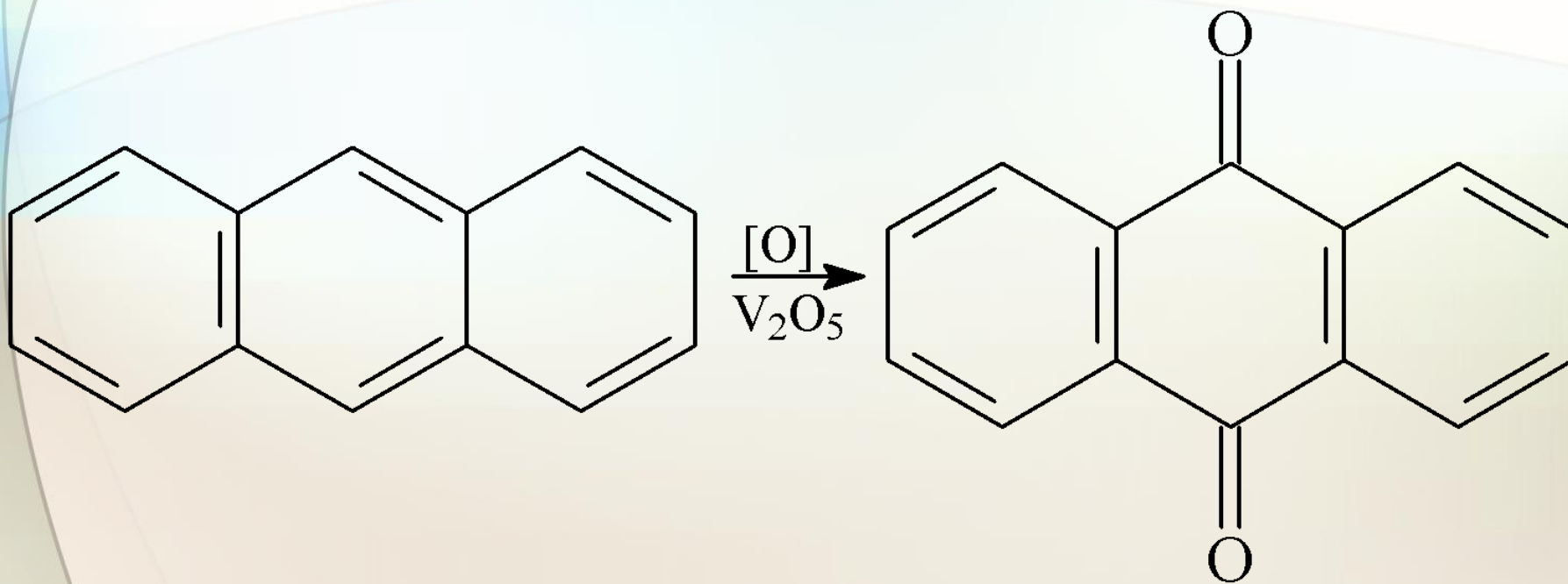
Соединения с конденсированными бензольными ядрами



Арены

Многоядерные ароматические соединения

Соединения с конденсированными бензольными ядрами

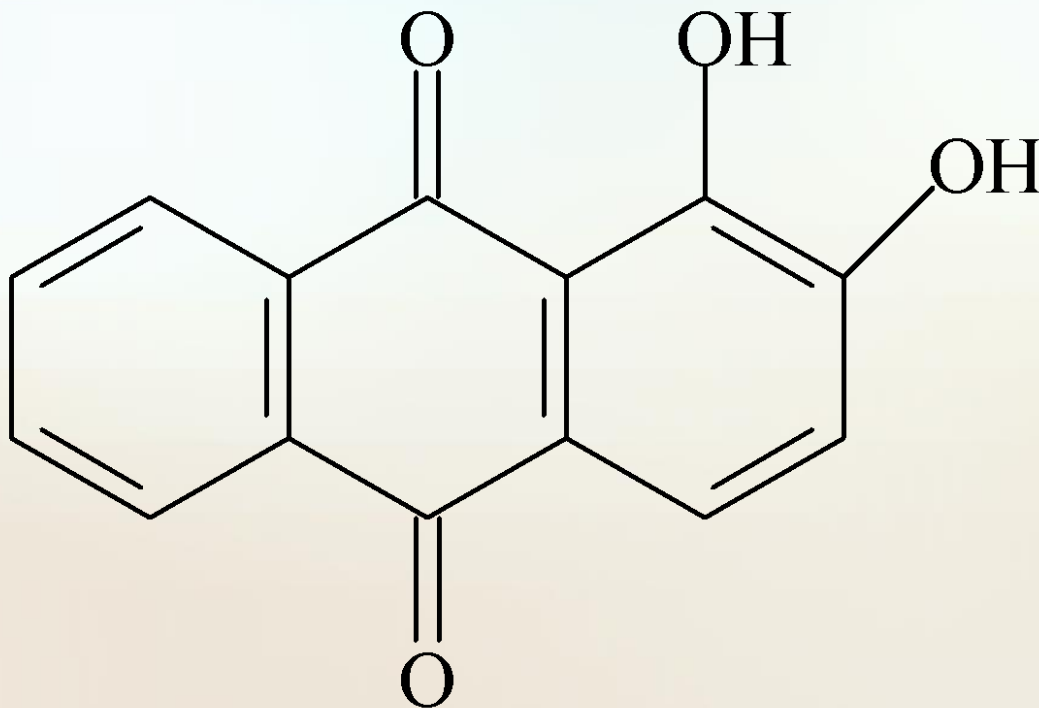


антрахинон

Арены

Многоядерные ароматические соединения

Соединения с конденсированными бензольными ядрами

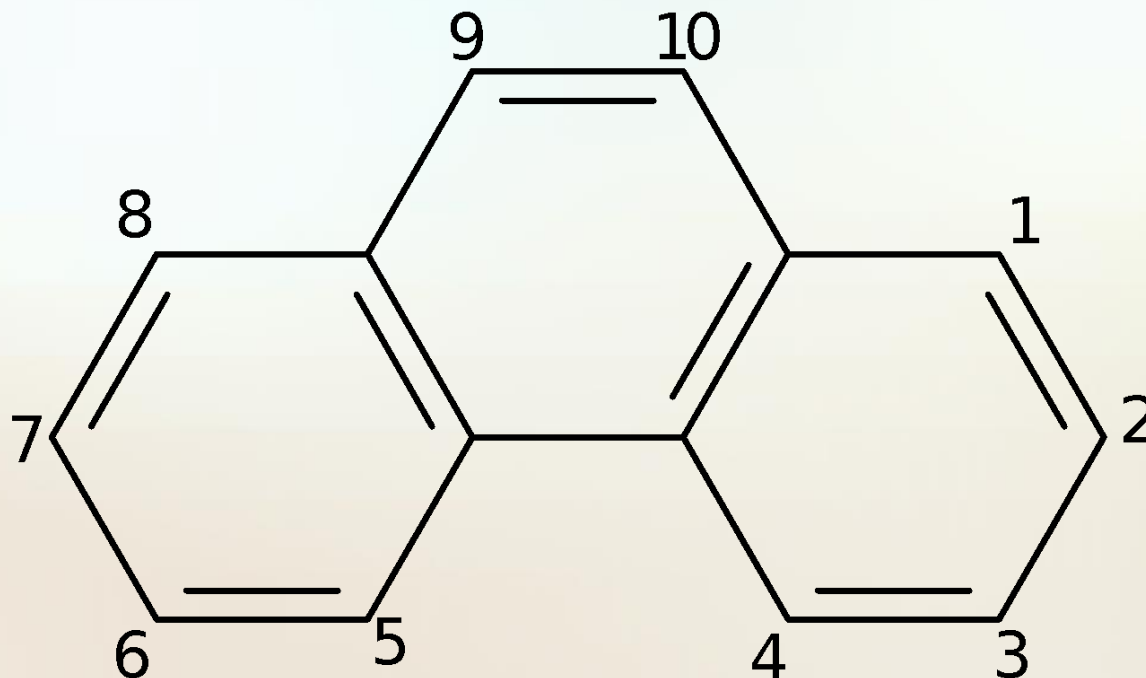


ализарин

Арены

Многоядерные ароматические соединения

Соединения с конденсированными бензольными ядрами

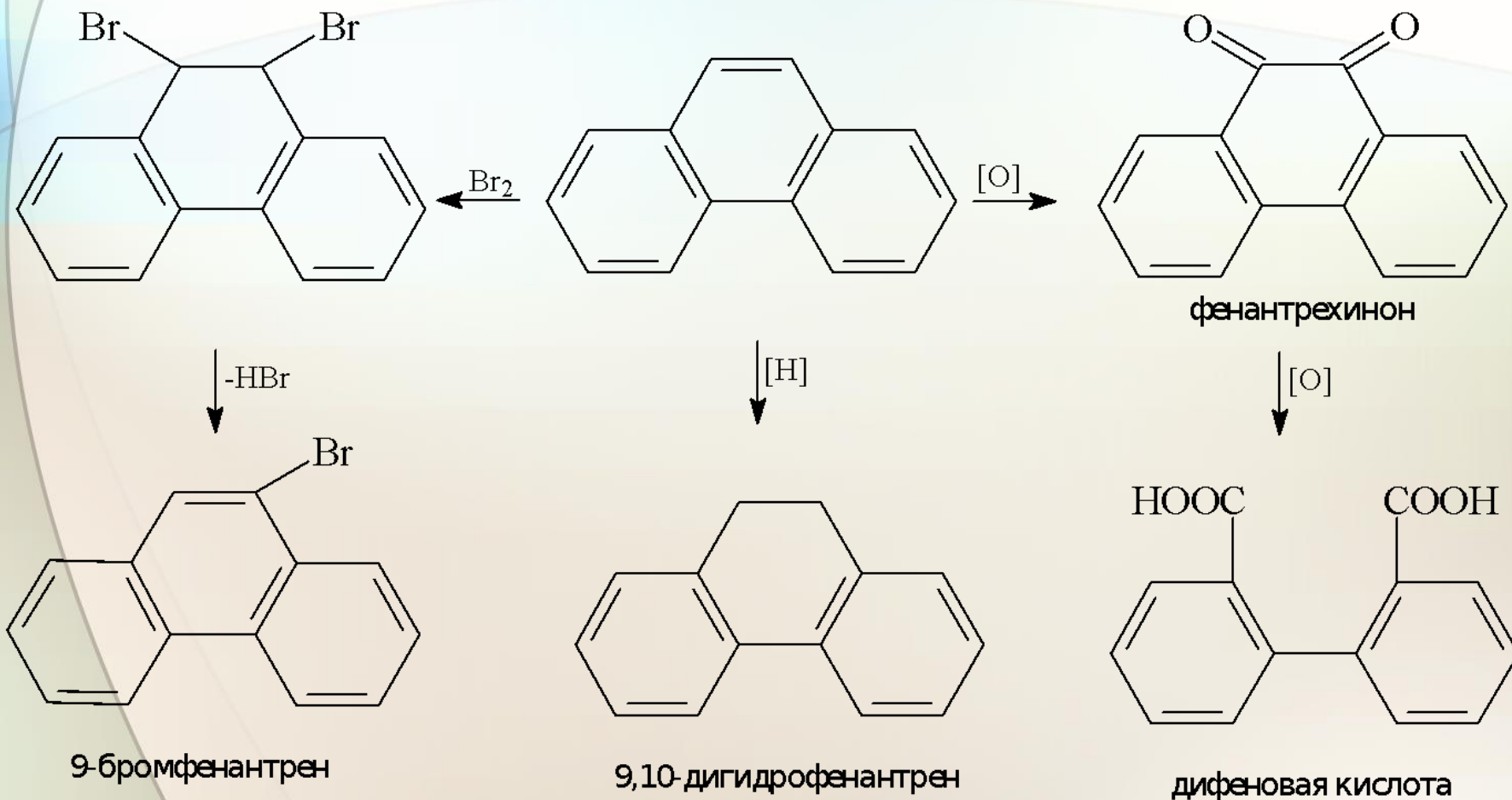


фенантрен

Арены

Многоядерные ароматические соединения

Соединения с конденсированными бензольными ядрами

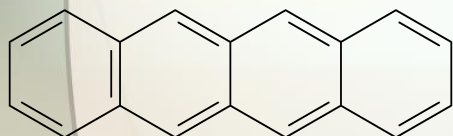


Арены

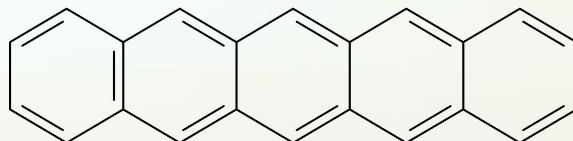
Многоядерные ароматические соединения

Соединения с конденсированными бензольными ядрами

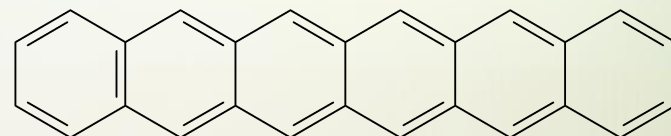
а) Линейно конденсированные циклы:



тетрацен



пентацен



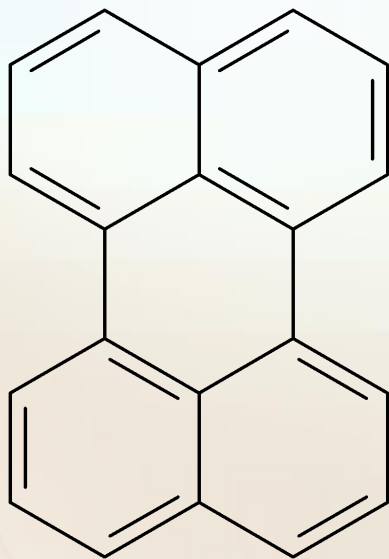
гексацен

Арены

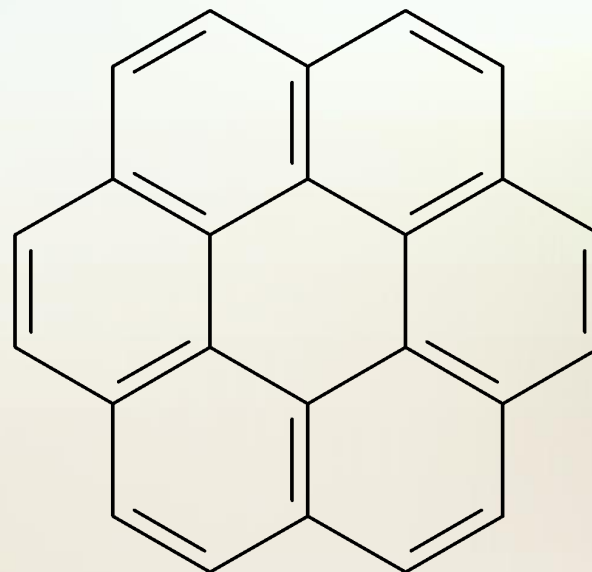
Многоядерные ароматические соединения

Соединения с конденсированными бензольными ядрами

а) Ангулярно конденсированные циклы:



перилен



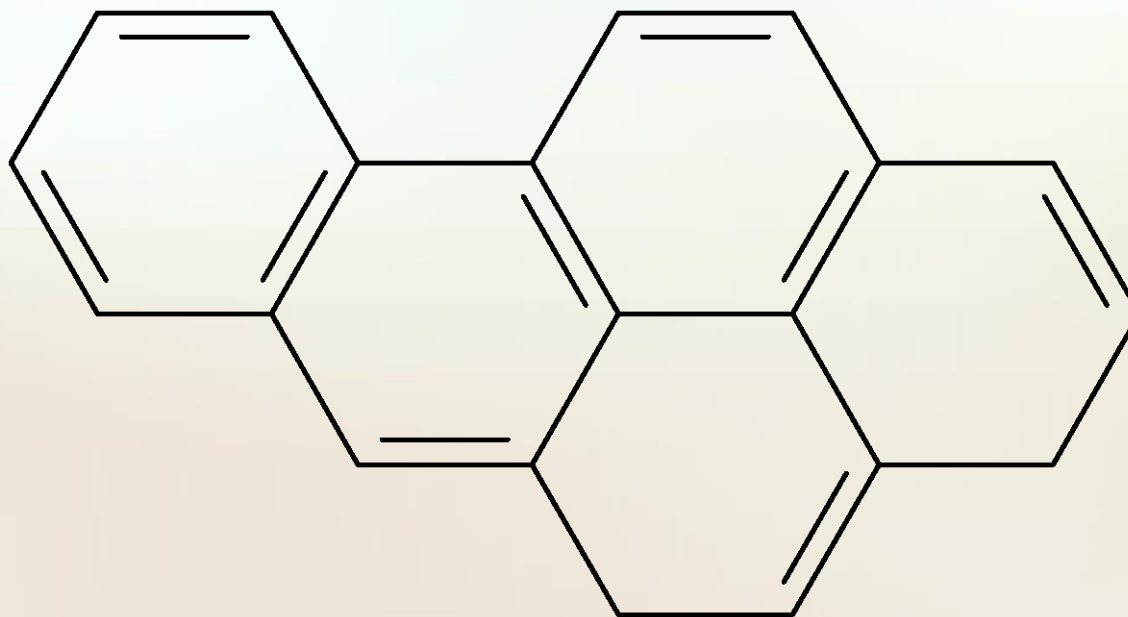
коронен

Арены

Многоядерные ароматические соединения

Соединения с конденсированными бензольными ядрами

а) Ангулярно конденсированные циклы:



1,2-бензпирен