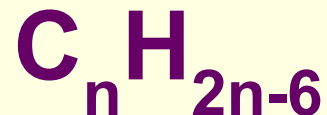


АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ (АРЕНЫ)

Общая формула
моноциклических аренов



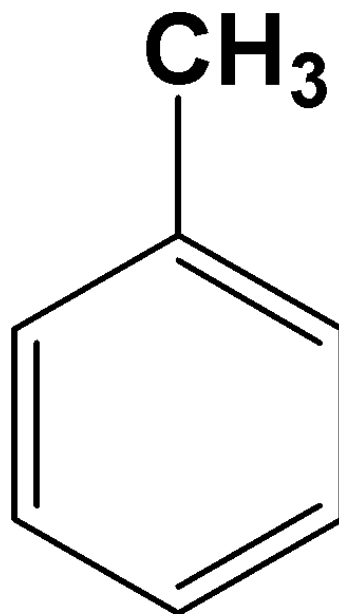
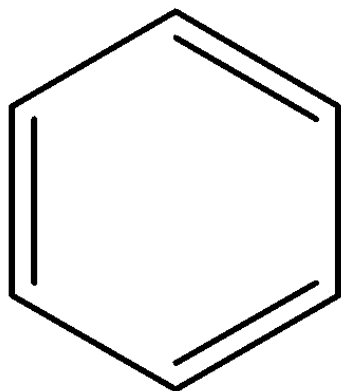
- **Класс циклических ненасыщенных углеводородов ряда бензола называется ароматическими углеводородами или аренами**

Арены классифицируются

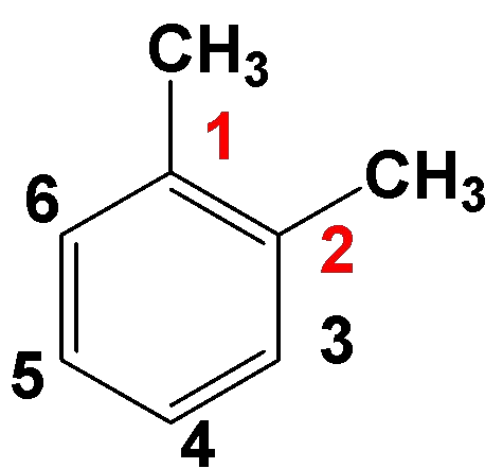
- в зависимости от числа ароматических циклов
- в зависимости от способа соединения би-, три-, и т.д. полициклических аренов.

- **Простейшие арены –**
моноциклические арены ряда
бензола, т.е. **гомологи бензола**,
которые получаютс~~я~~ в результате
замещения атомов водорода в
АРОМАТИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ БЕНЗОЛА
или **боковых цепях** на алкильные
заместители

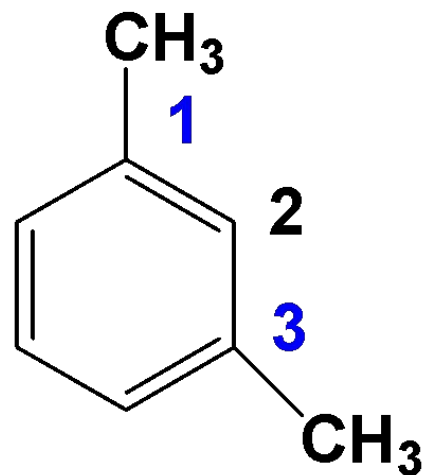
-



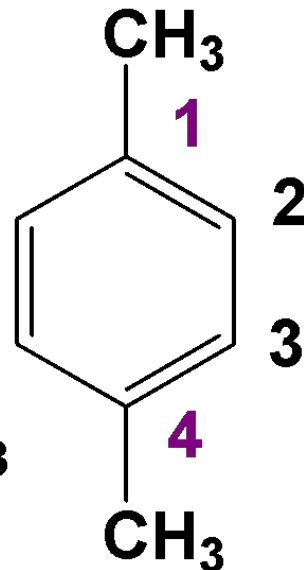
толуол
(метилбензол)



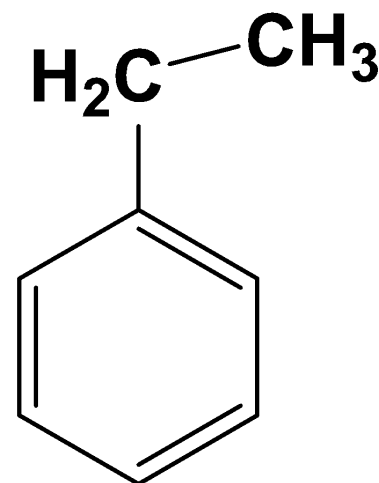
O-ксилол
(1,2-диметил-
бензол)



M-ксилол
(1,3)



p-ксилол
(1,4)



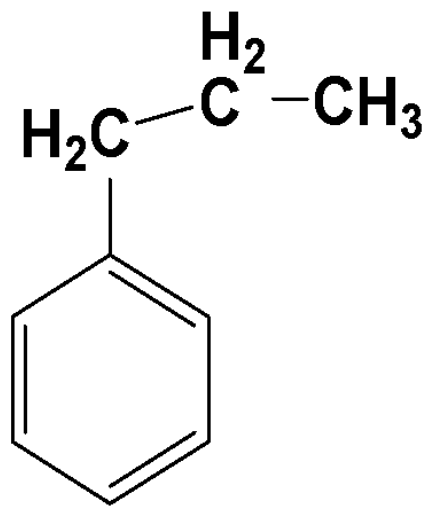
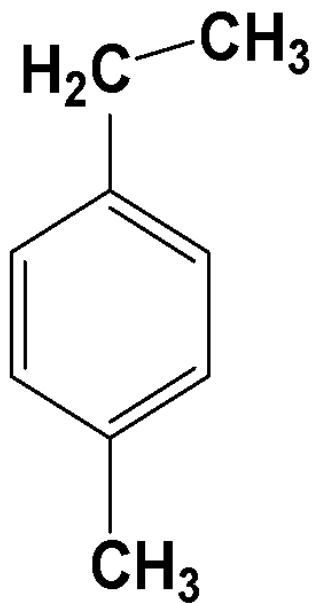
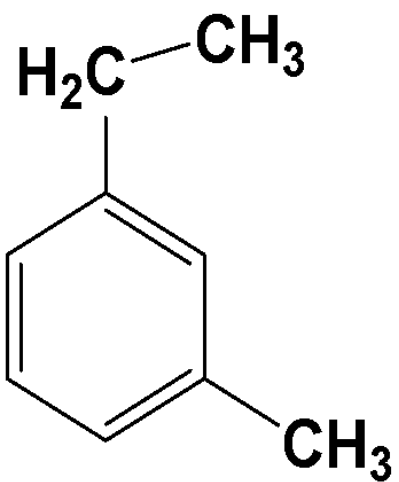
этилбензол

структурные изомеры
 C_8H_{10}

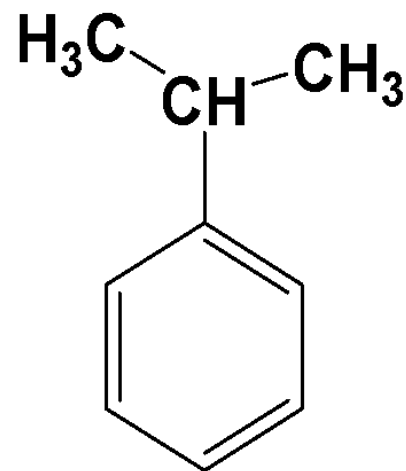
ОРТО

МЕТА

ПАРА

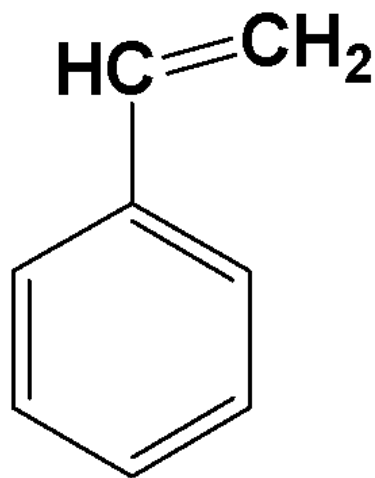


пропилбензол

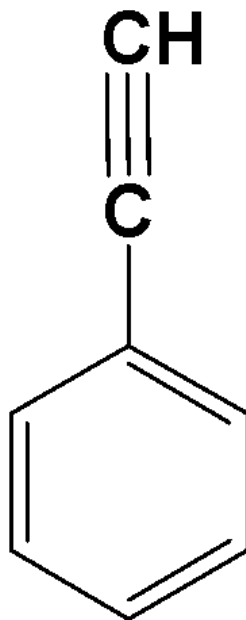


изопропилбензол
(кумол)

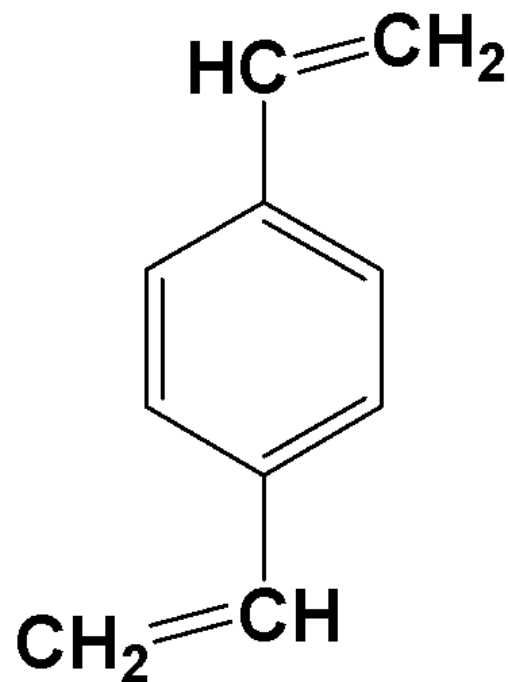
- Среди ненасыщенных производных бензола следует отметить



стирол



фенилацетилен

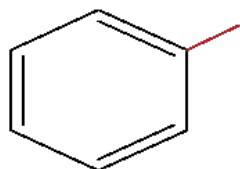


1,4-дивинилбензол
(*p*-дивинилбензол)

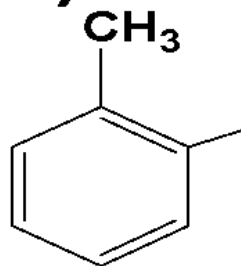
- Современная номенклатура - требуется использовать для наименования аренов суффикс **ен** (бензен, толуен, ксилены и т. д.), как в английском языке – benzene, toluene

Названия радикалов, полученных на основе ароматических углеводородов

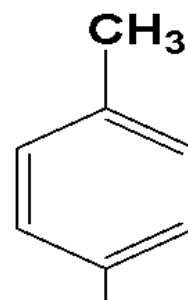
Общее название - арил
(Ar)



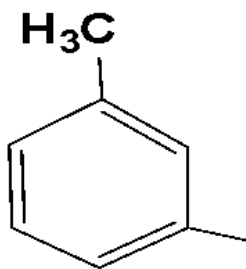
фенил
(Ph)



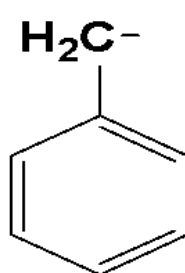
о-толил



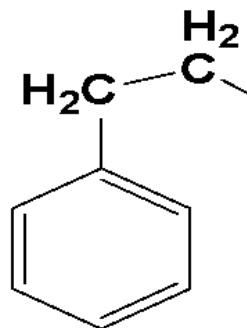
п-толил



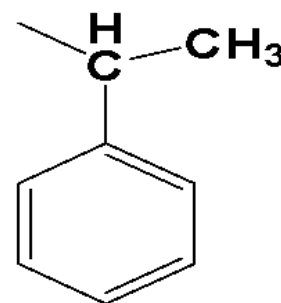
м-толил



бензил



β -фенилэтил



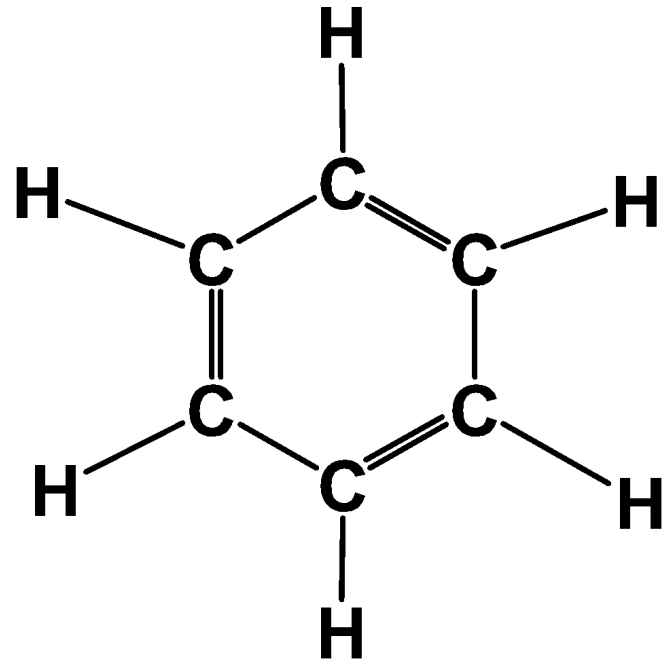
α -фенилэтил

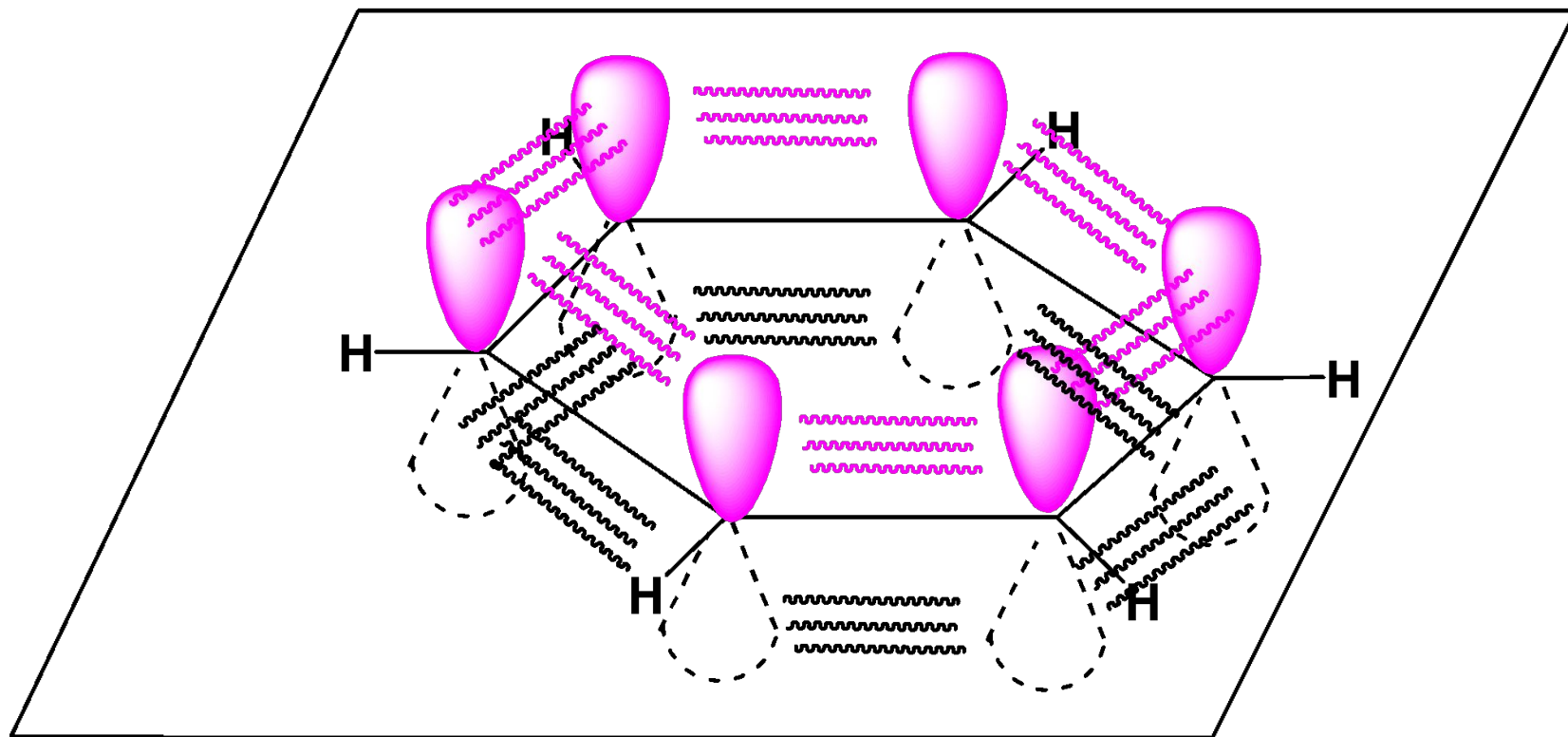
ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

- **Арены представляют собой бесцветные жидкости или кристаллические в-ва, низшие обладают запахом, летучи, нерастворимы в воде.**

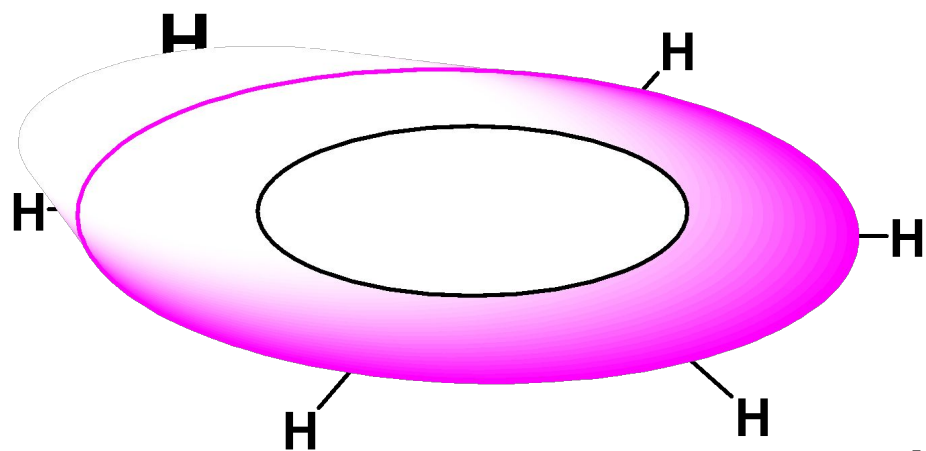
СТРОЕНИЕ

- Бензоля является примером молекулы, содержащей полностью сопряженные π -связи, в молекуле которого содержится 6 σ C-H, 6 σ C-C и исходя из структурной формулы Кекуле 3 π C-C

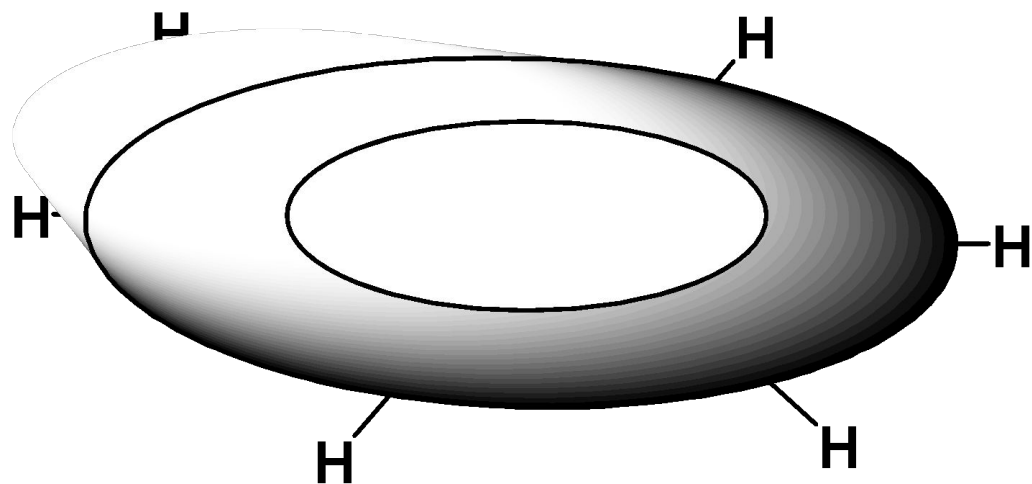




Вид сверху



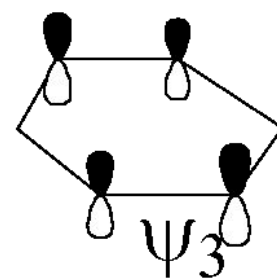
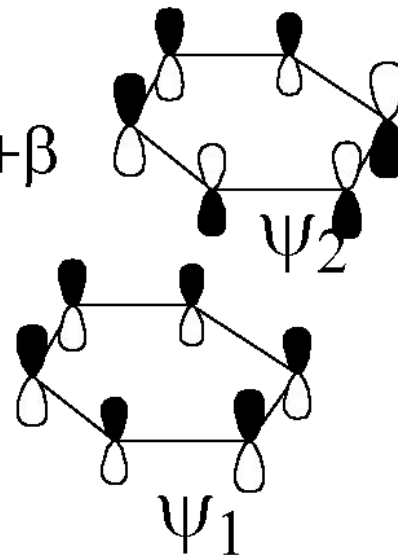
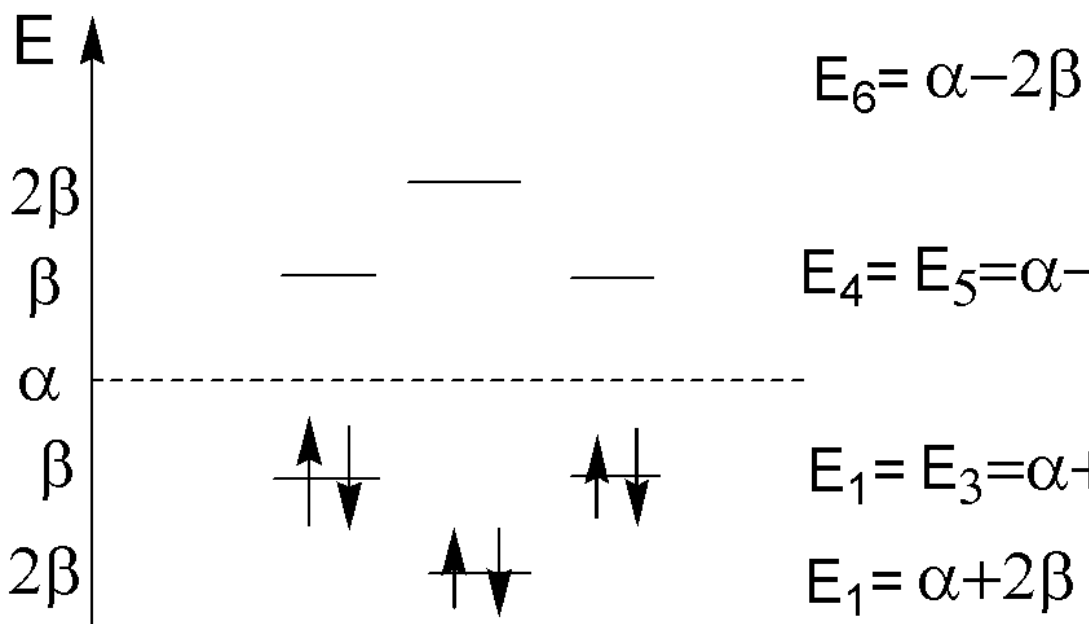
Вид снизу



- Молекула бензола **совершенно симметрична**

Естаб. = 150,1 кДж/моль

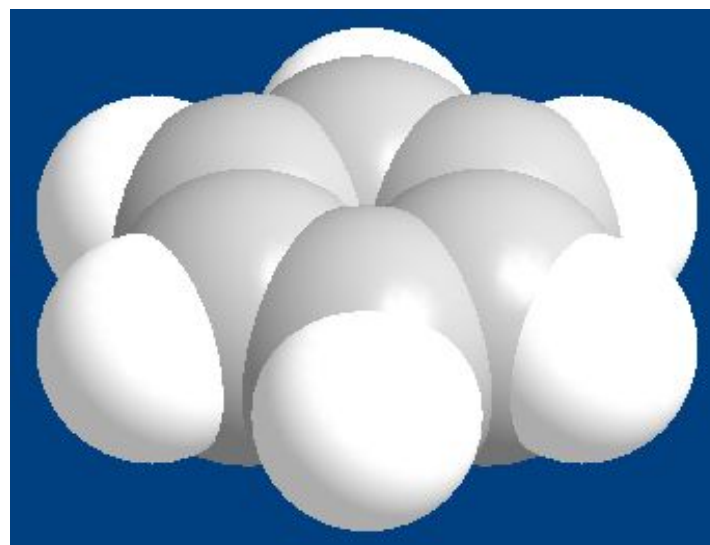
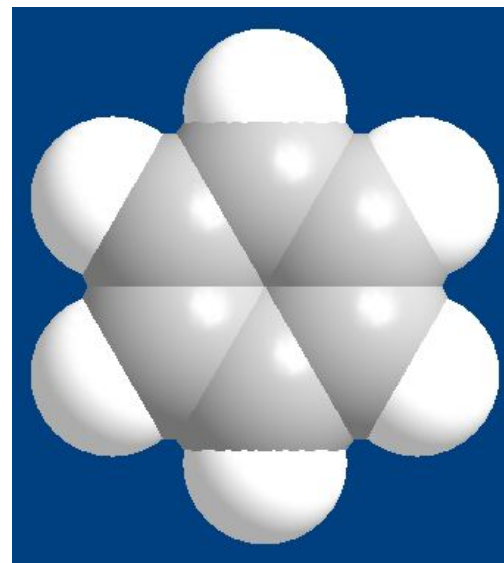
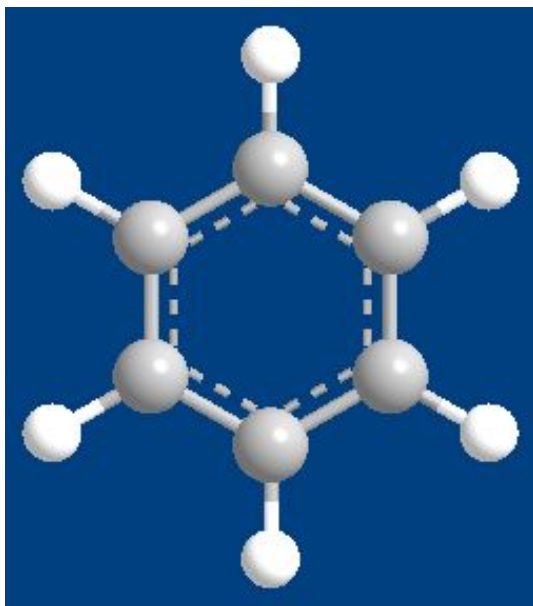
- Для описания систем с делокализованными (сопряженными) системами связей используют метод МО



- В молекуле бензола имеет место образование сопряженной системы

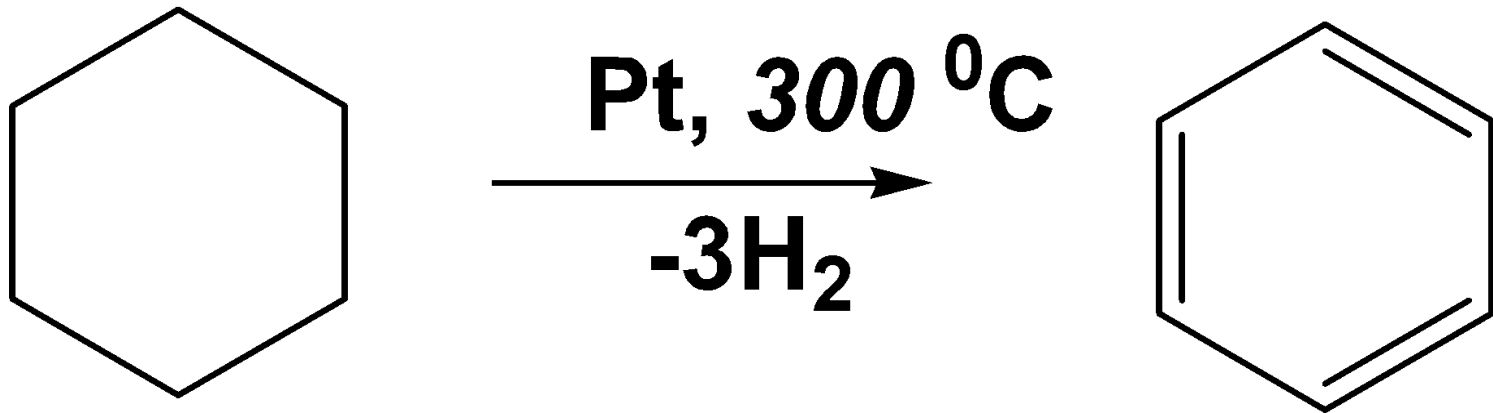
π - π -типа, которая образуется при чередовании кратных связей в молекуле (через одну σ -связь)

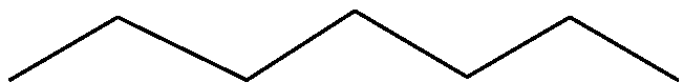
БЕНЗОЛ



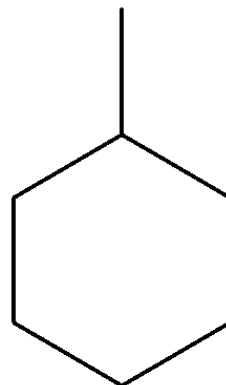
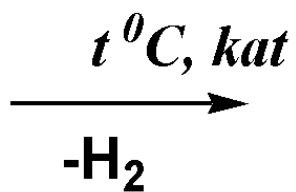
МЕТОДЫ СИНТЕЗА БЕЗОЛА И ЕГО ГОМОЛОГОВ

- 1) Сухой перегонкой каменного угля
- 2) Реакциями дегидрирования циклоалканов и дегидроциклизации алканов

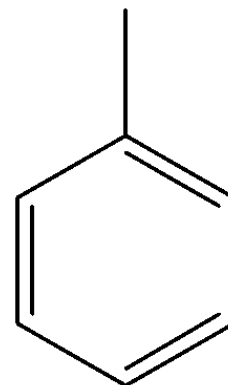
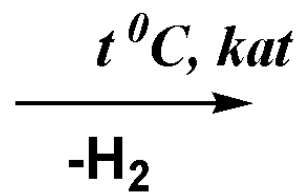




н-гептан

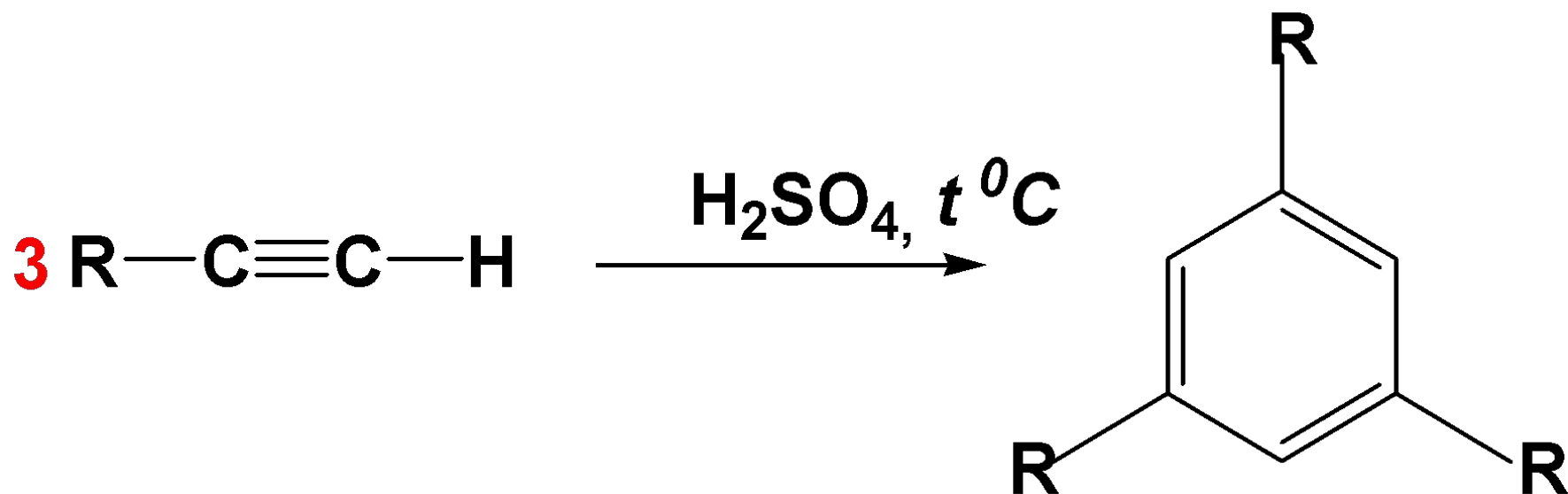


**метилцикло-
гексан**

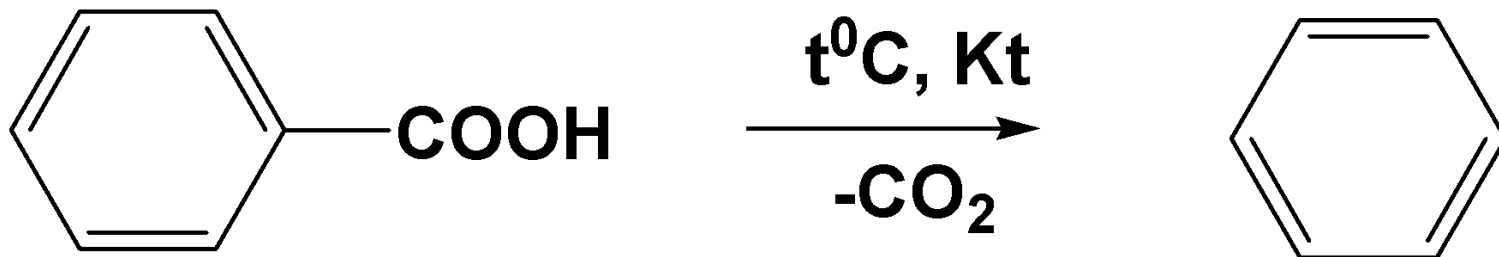


**метил-
бензол**

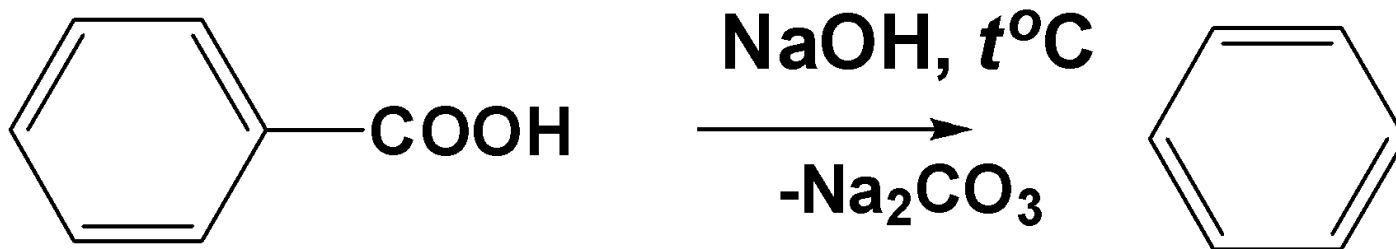
• 3) *Циклотримеризация алкинов*



•4) **Декарбоксилирование карбоновых кислот**



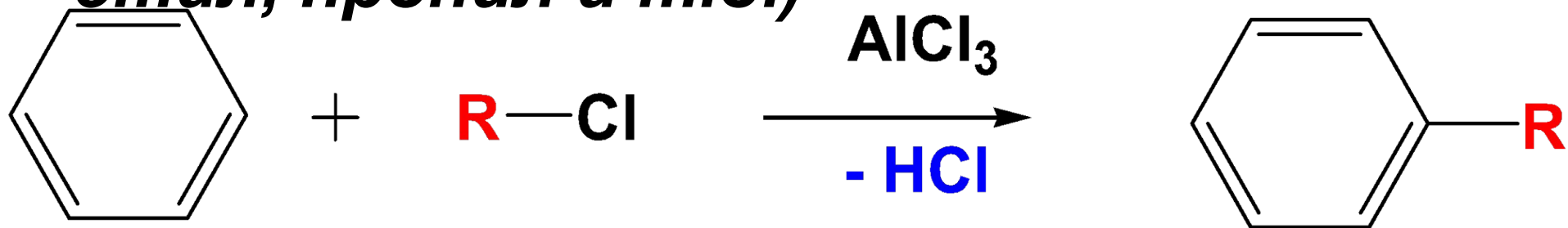
**бензойная
кислота**



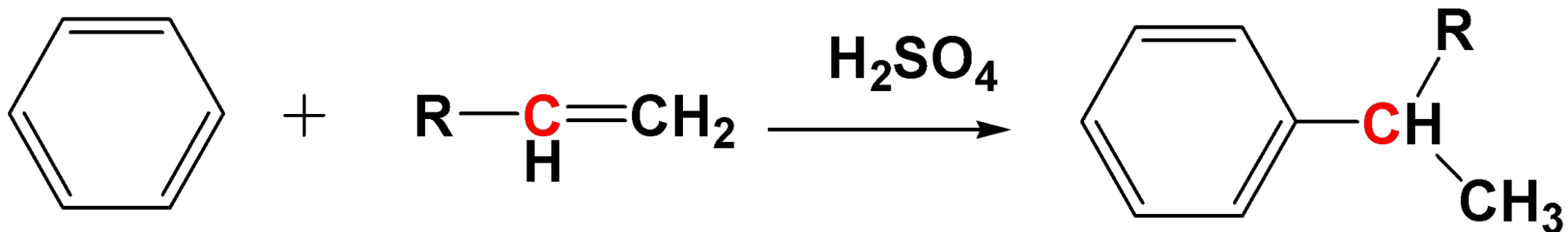
**бензойная
кислота**

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГОМОЛОГОВ БЕНЗОЛА

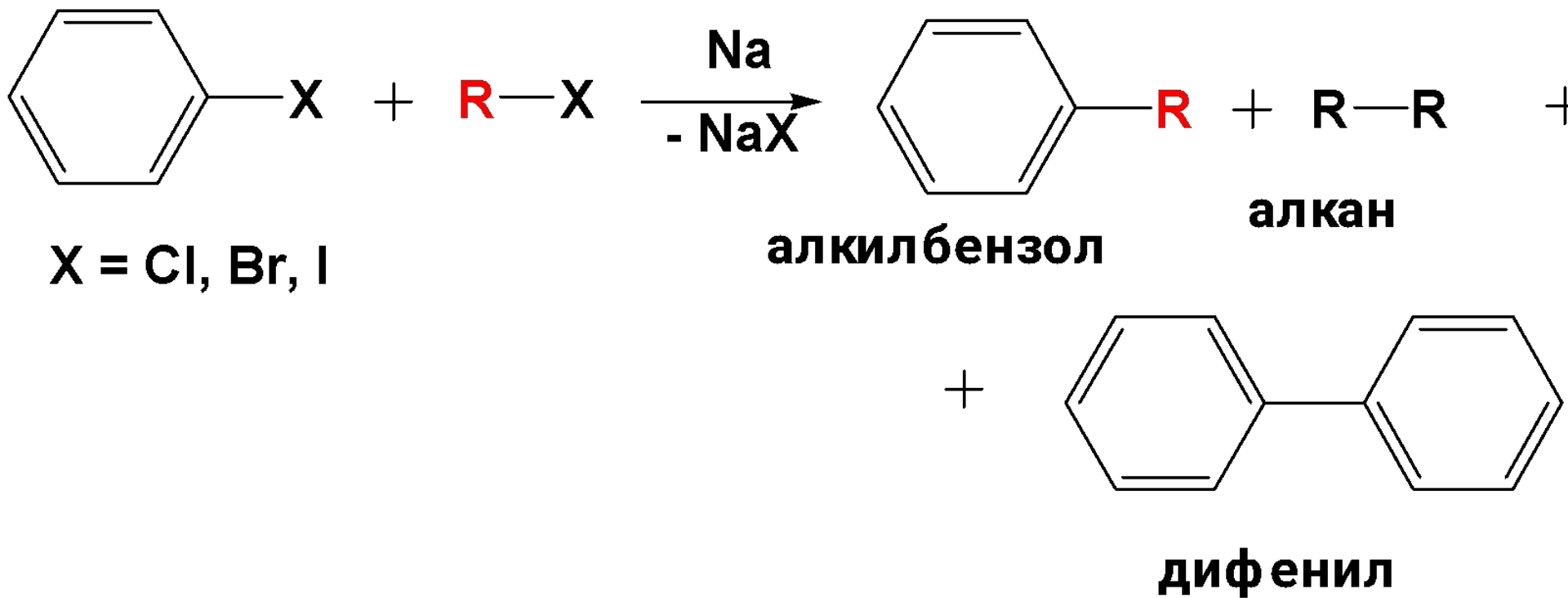
- 1) Алкилирование бензола и его гомологов по Фриделю-Крафтсу
- АЛКИЛирование – введение в молекулу алкильного заместителя (**R**-: метил, этил, пропил и т.д.)



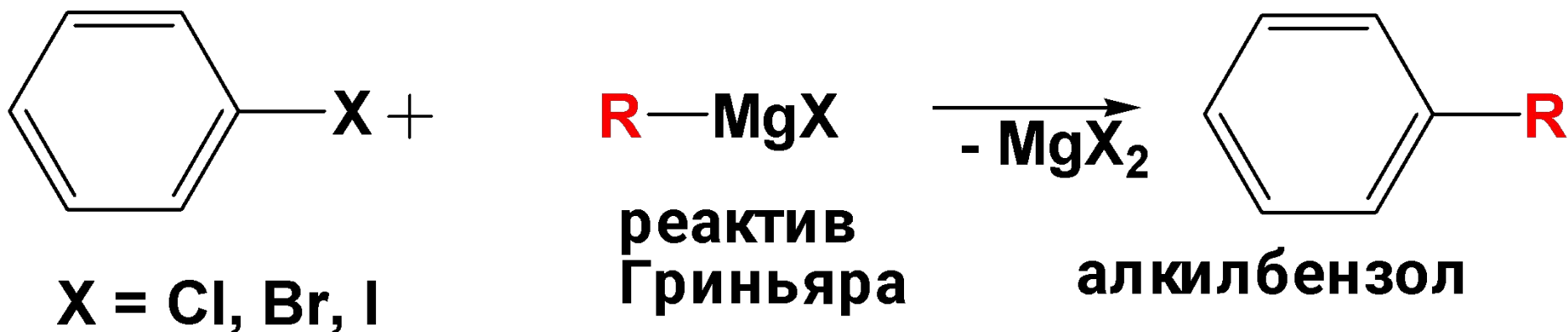
- **2) Алкилирование бензола и его гомологов алкенами в присутствии кислотных катализаторов**



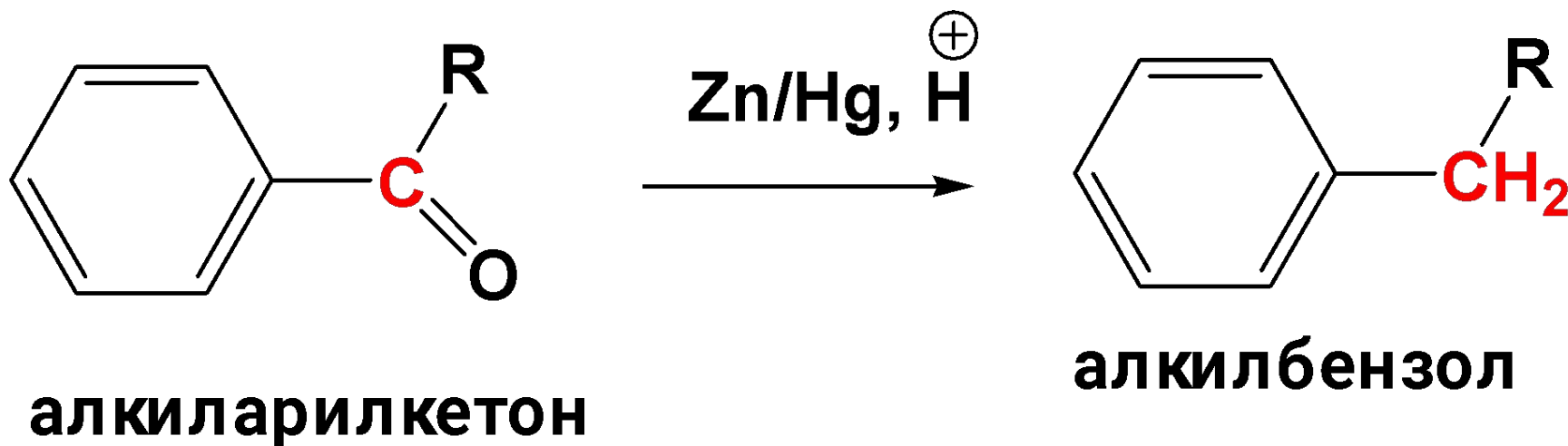
3) Реакция Вюрца-Фиттига



• 4) Получение гомологов бензола с использованием реактивов Гриньяра



5) Восстановление алкиларилакетон по Клеменсену



Химические свойства

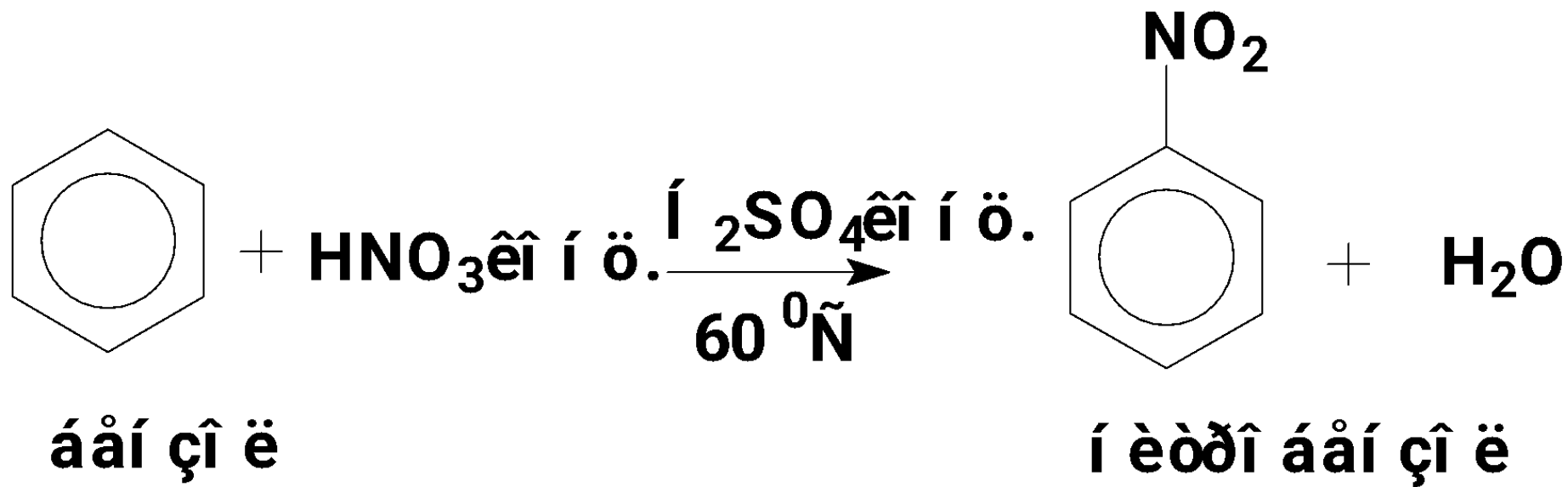
- 1) Для бензола и его гомологов, **несмотря на его ненасыщенность**, характерны реакции **электрофильного замещения** (S_E).
- 2) Для гомологов бензола характерны реакции с участием боковых цепей (углеводородных заместителей), причем эти реакции идут по S_R механизму.
- 3) В жестких условиях в присутствии специальных катализаторов и УФ-облучения бензол и его гомологи вступают в реакции радикального присоединения (A_R).

РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРОФИЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ -

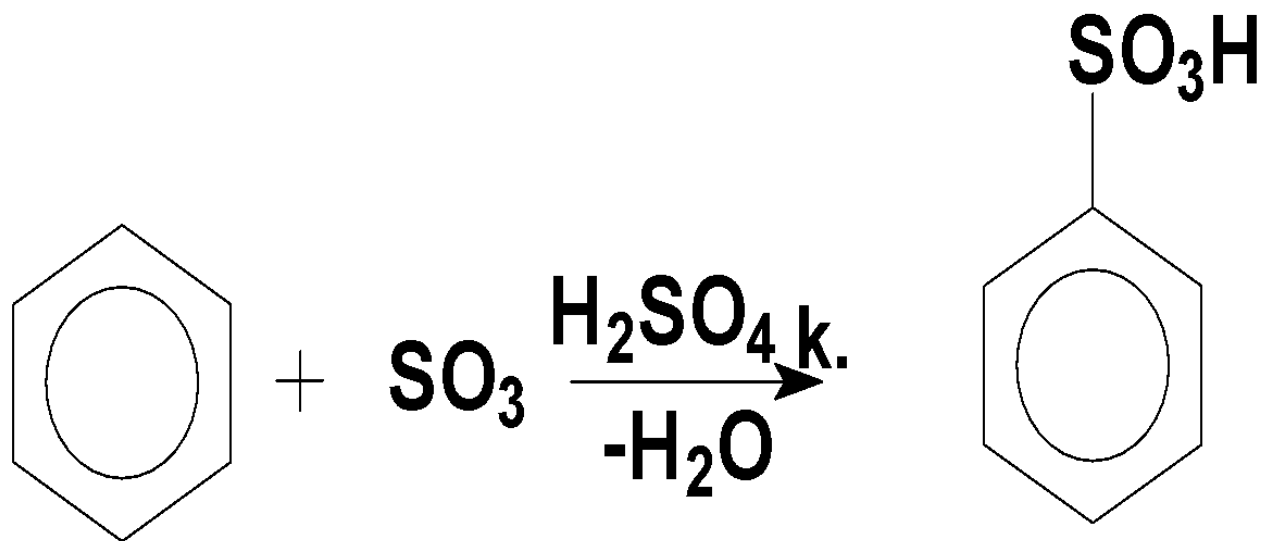


- Относятся реакции нитрования, сульфирования, галогенирования, алкилирования, и ацилирования ароматических соединений. Ниже представлены соответствующие уравнения реакций для бензола:

- **а) Нитрование**

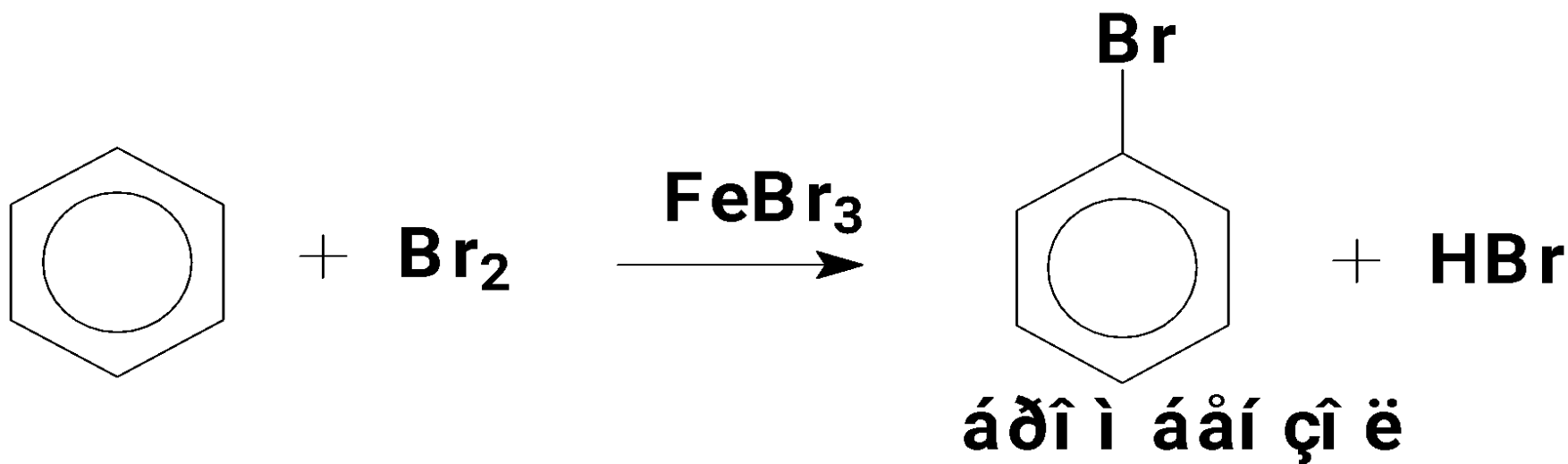


- **б) Сульфирование**

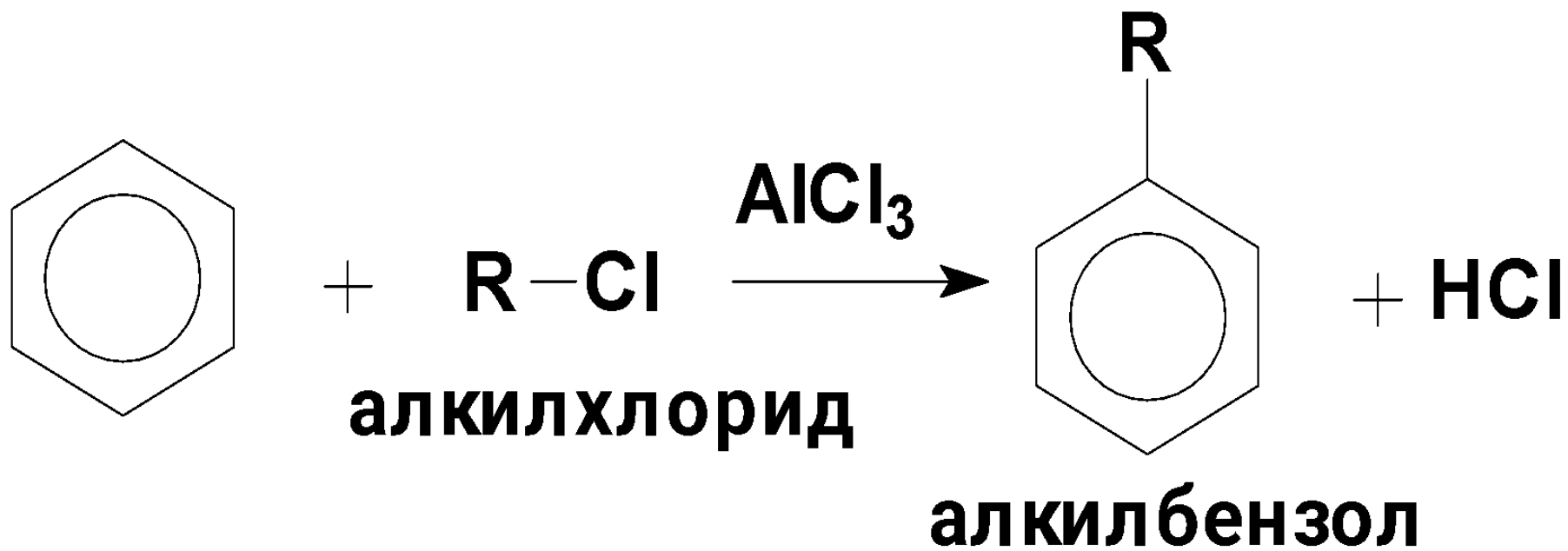


бензолсульфоновая кислота

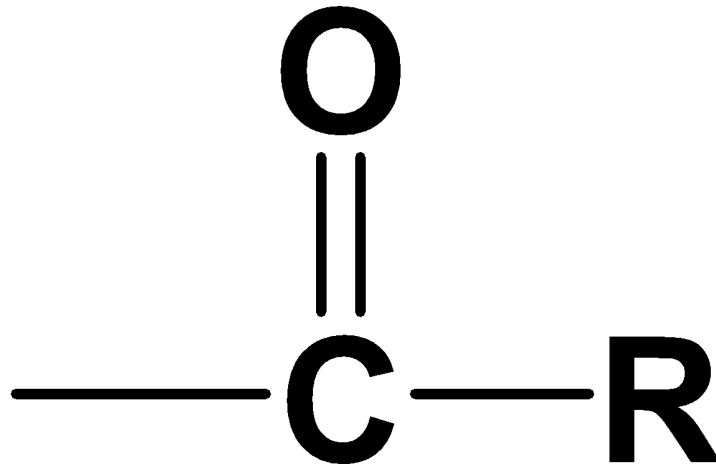
- в) Бромирование (галогенирование)

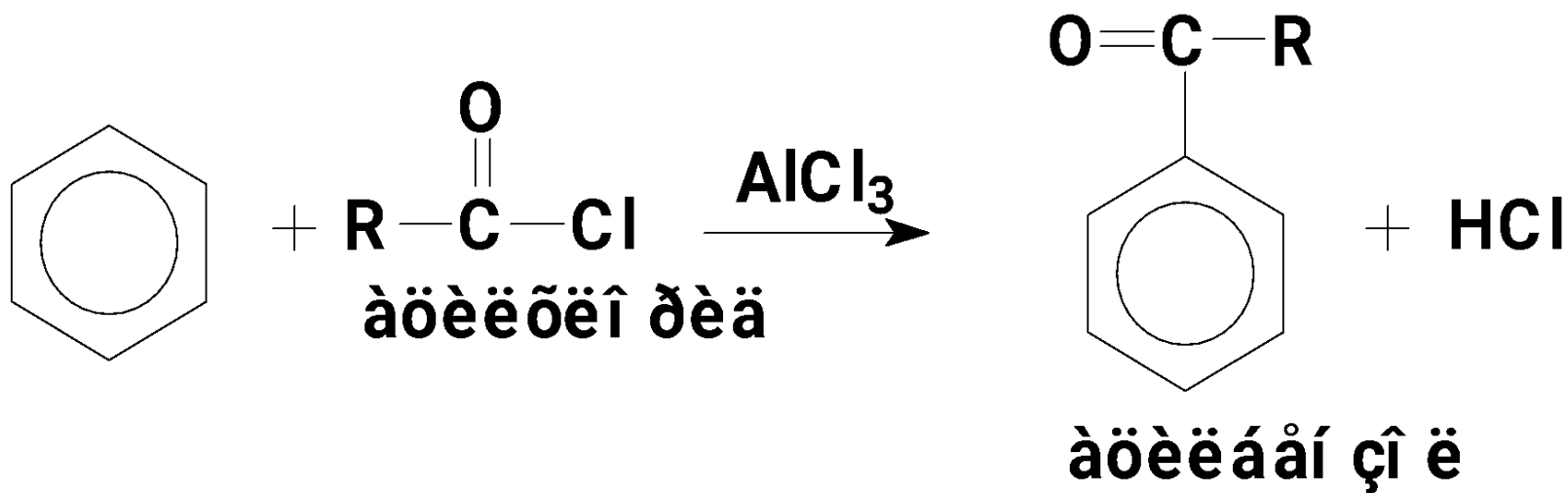


- *г) Алкилирование*



- *д) Ацилирование – введение в молекулу частицы, которая называется АЦИЛ и имеет вид*

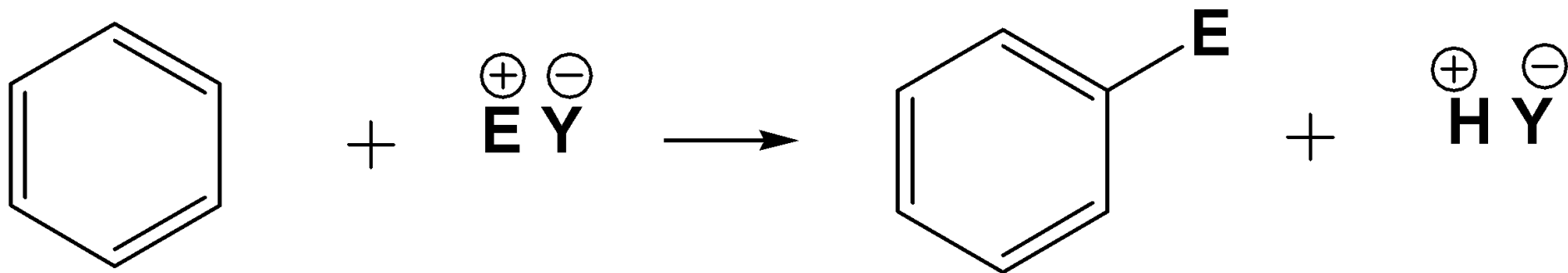




- Электрофильные реагенты (E^+) - частицы, обладающие высоким сродством к электронам.
- Могут быть как **положительно заряженные частицы** (катионы NO_2^+ , Br^+ , CH_3^+ и др.), так и **нейтральные молекулы**, содержащие атомы с вакантными атомными орбиталями (SO_3).

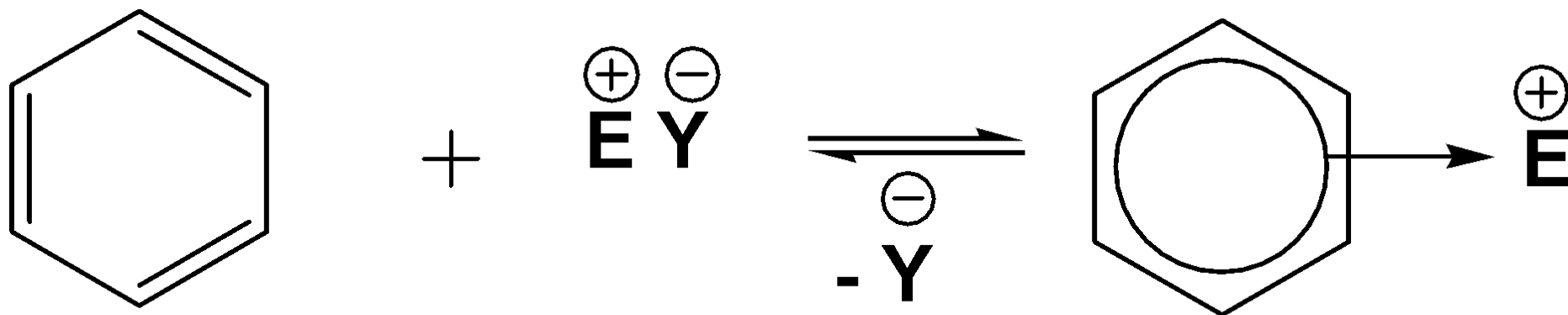
- Склонность ароматических соединений к реакциям электрофильного замещения объясняется тем, что эти реакции, в отличие от реакций присоединения, не ведут к нарушению устойчивой ароматической системы и, следовательно, не требуют дополнительного расхода энергии.

- Уравнение S_E реакции бензола в общем виде имеет вид



• Механизм

- 1) Реакция начинается с атаки электрофила и образования π -аддукта (π -комплекса, КПЗ)

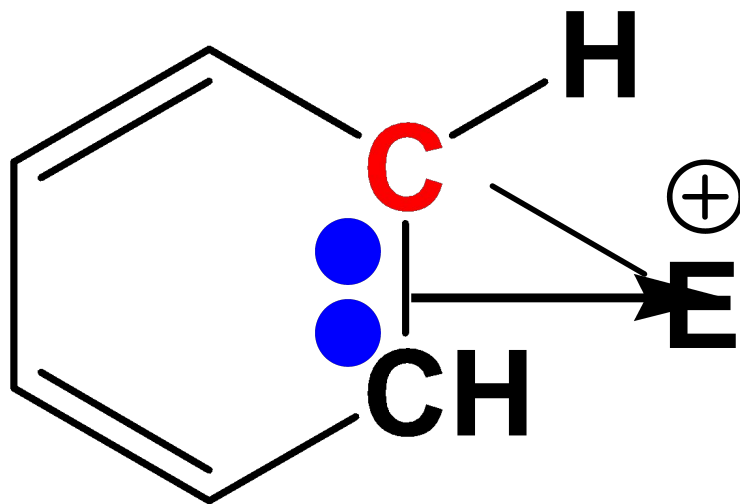


π -аддукт

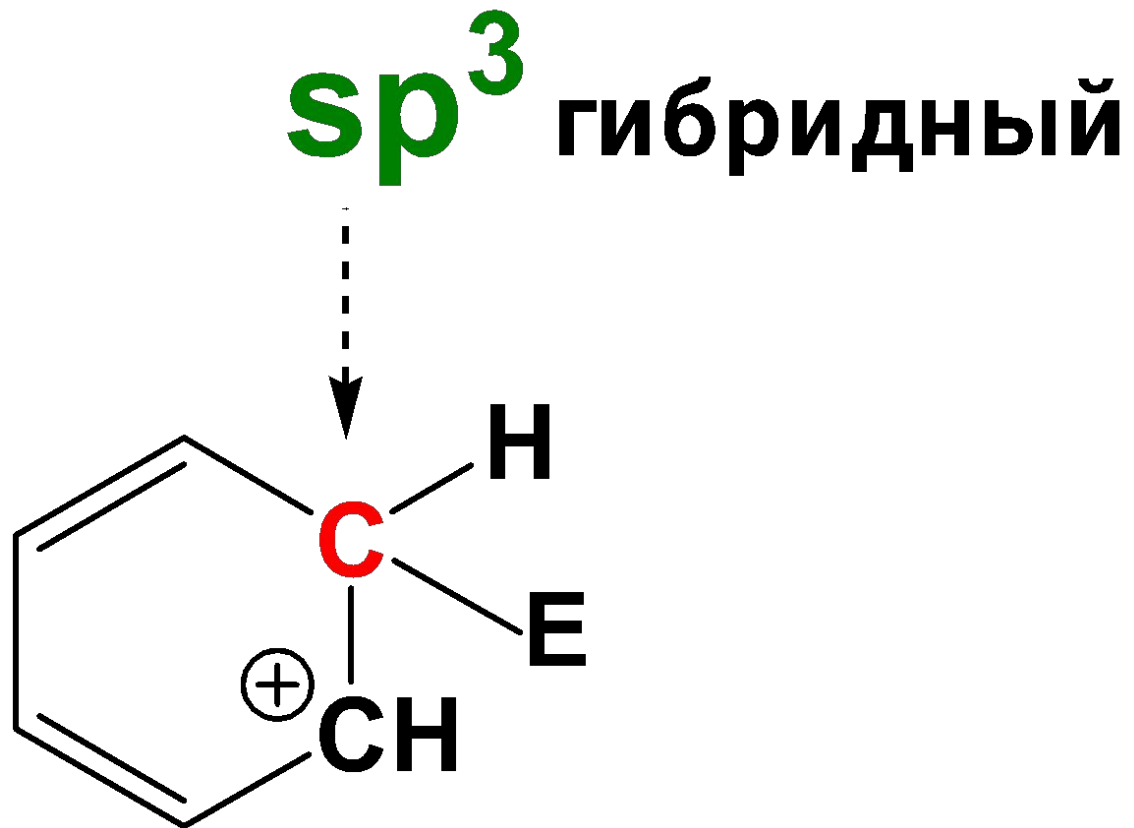
В π -аддукте все атомы углерода бензольного цикла частично связаны с электрофилом.

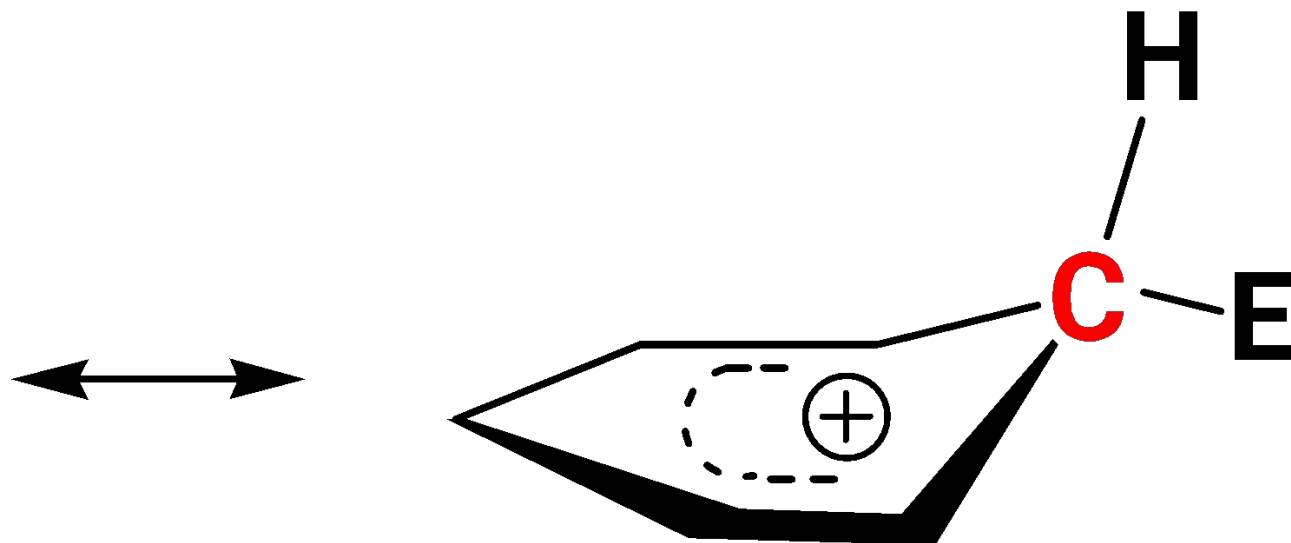
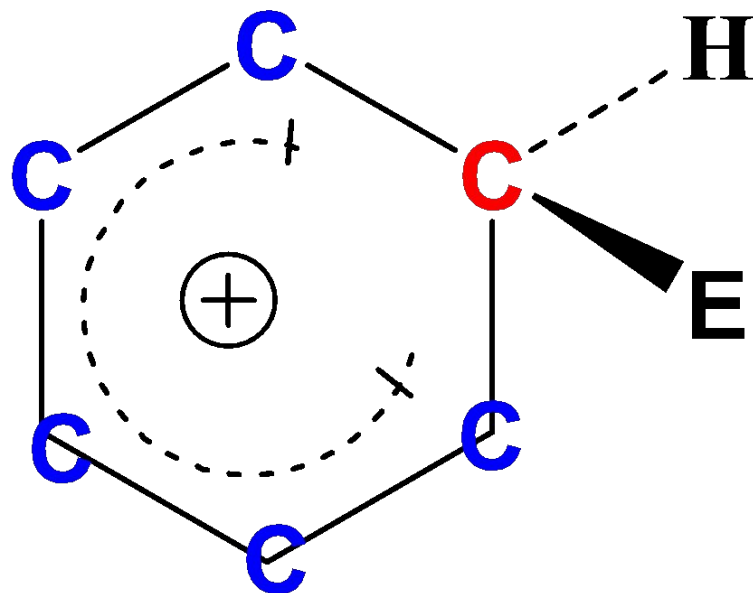
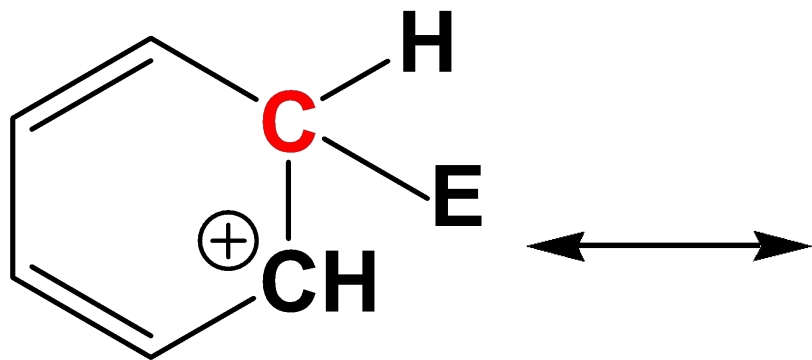
- 2) π -аддукт, поглощая некоторое количество энергии и преодолевая энергетический барьер, превращается в новую частицу, в которой возникает новая σ -связь С-Е. Это - σ -аддукт.
- Прежде чем рассмотреть его строение попытаемся понять, что происходит с сопряженной системой ароматического цикла при образовании новой σ -связи.

- Всего сопряженная система бензола включает 6 электронов. На образование новой связи требуется 2 электрона, которые выводятся из сопряжения.
- Рассмотрим процесс образования σ -аддукта. Для этого 2 электрона из шести изобразим в виде точек

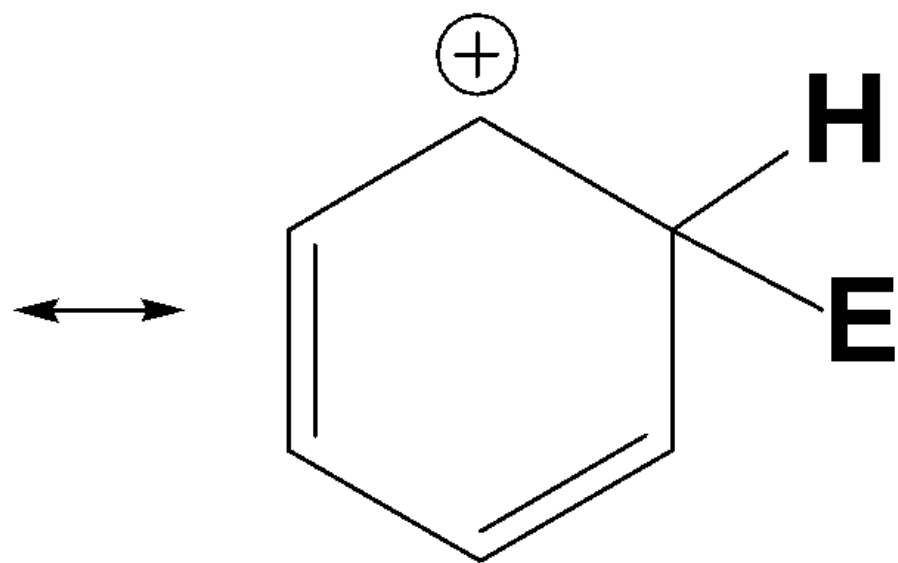
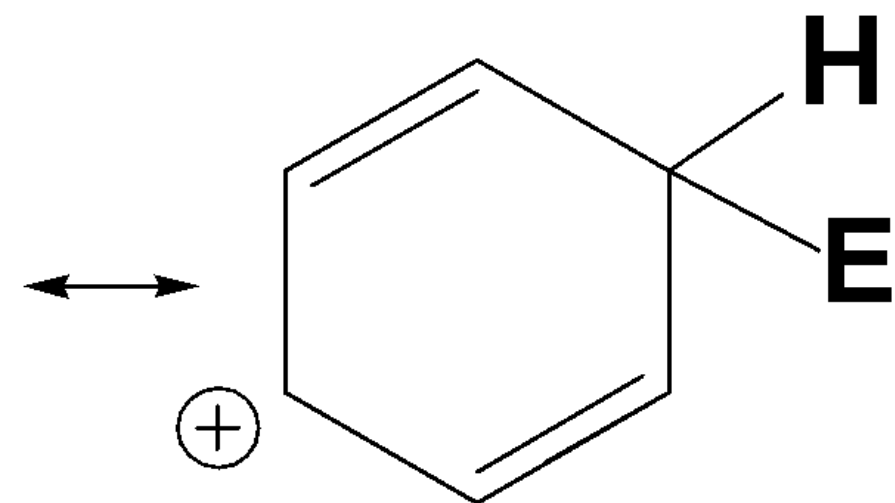
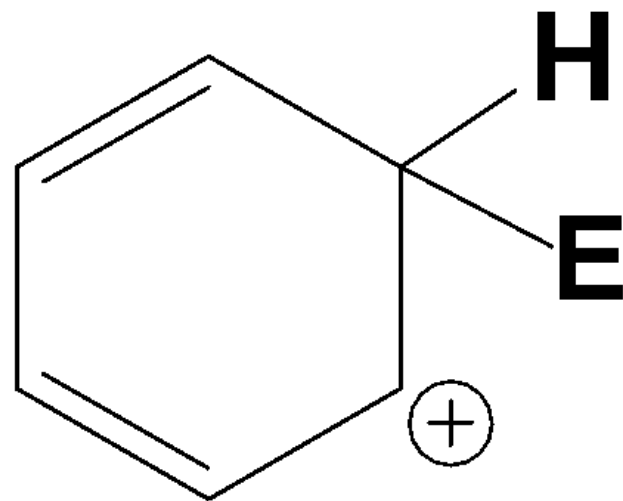
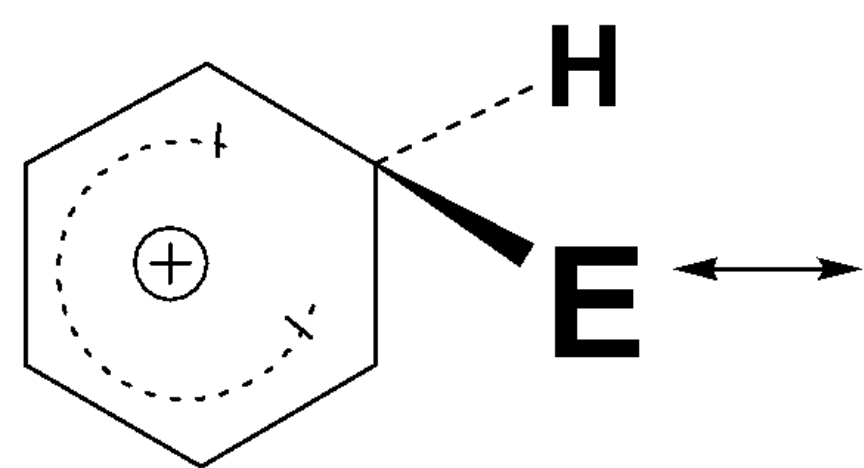


- Оставшиеся 4 электрона распределяются по пяти атомам С цикла бензола, т.к. шестой атом выходит из сопряжения вследствие образования 4-ой σ -связи. Очевидно, что этот атом С ставится sp^3 гибридным.

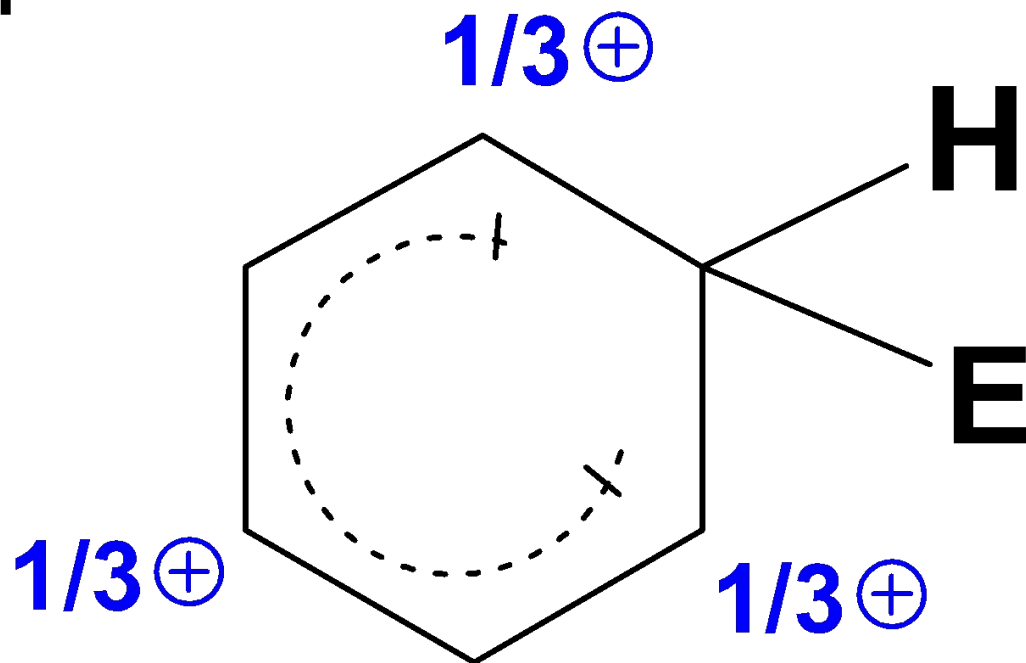




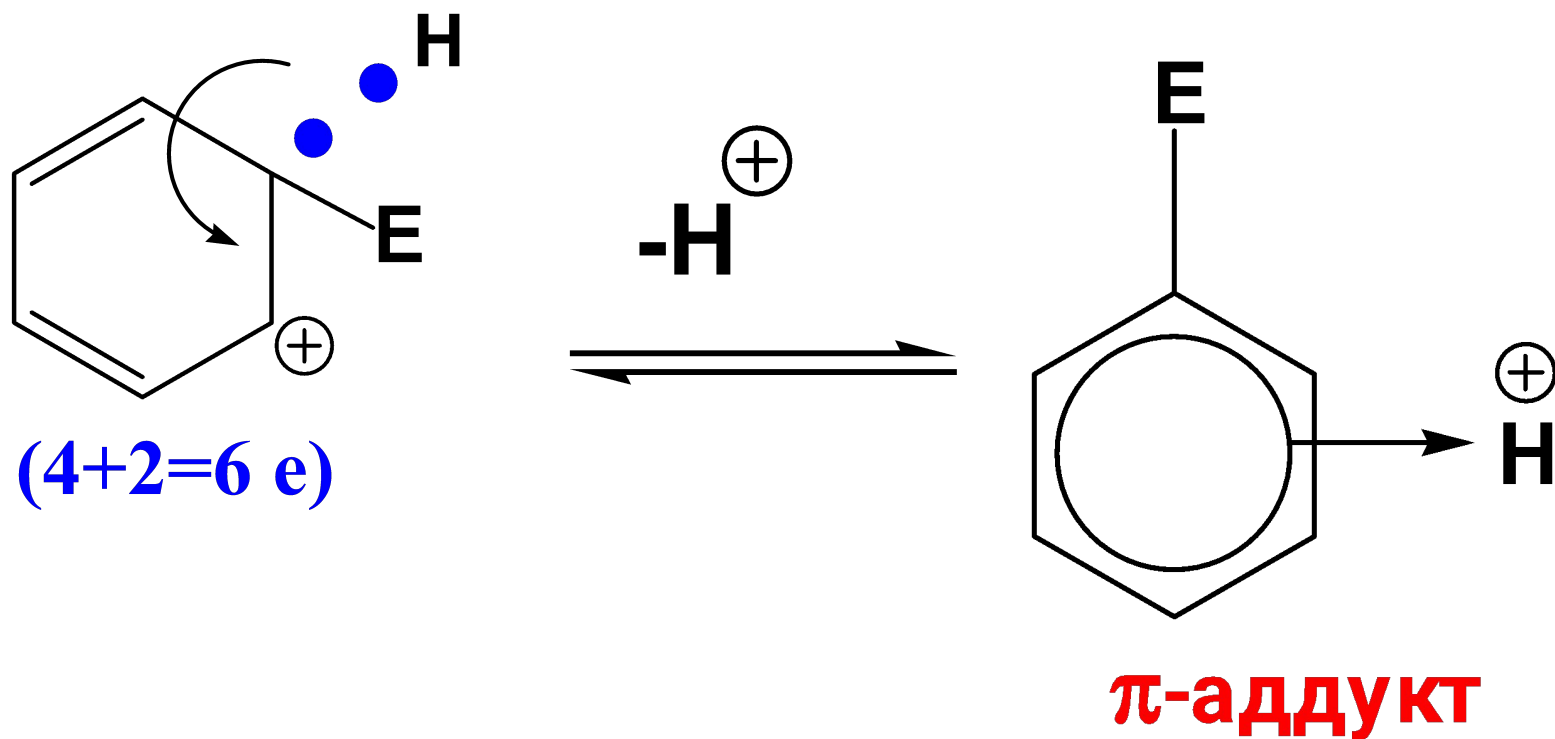
- **σ -аддукт является сопряженным карбокатионом**, в котором положительный заряд делокализован в системе пяти атомов С, а шестой атом С находится в sp^3 -гибридном состоянии и в делокализации участия не принимает
- Распределение электронной плотности в σ -аддукте можно изобразить с использованием резонансных структур



- Эти структуры показывают, что сравнительно больший положительный заряд в σ -аддукте сосредоточен на трех из пяти атомов С, а именно в *O*- и *P*- положениях по отношению к атому, связавшемуся с электрофилом

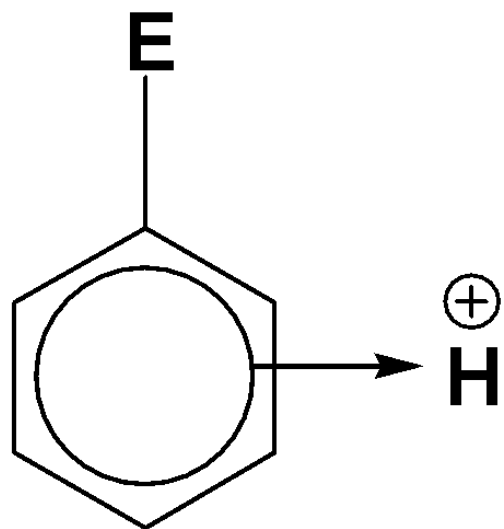


- 3) σ -аддукт – частица мало стабильная, т.к. его образование вызывает разрушение 6- π сопряженной системы ароматического кольца (ароматического секстета электронов).
- Поэтому σ -аддукт легко превращается опять в стабильную систему бензола за счет возвращения в сопряжение электронной пары связи C-H и отщепления протона (H^+). В этом случае σ -аддукт выступает в роли C-H кислоты.

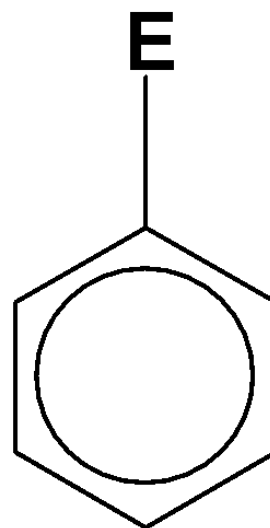
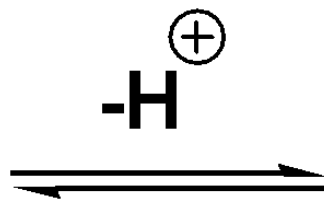


В качестве промежуточного комплекса уходящий протон, как электрофил, образует новый π -аддукт, за счет взаимодействия с вновь созданной сопряженной системой ароматического цикла

- Новый π -аддукт путем окончательного отщепления протона превращается в продукт реакции



π -аддукт

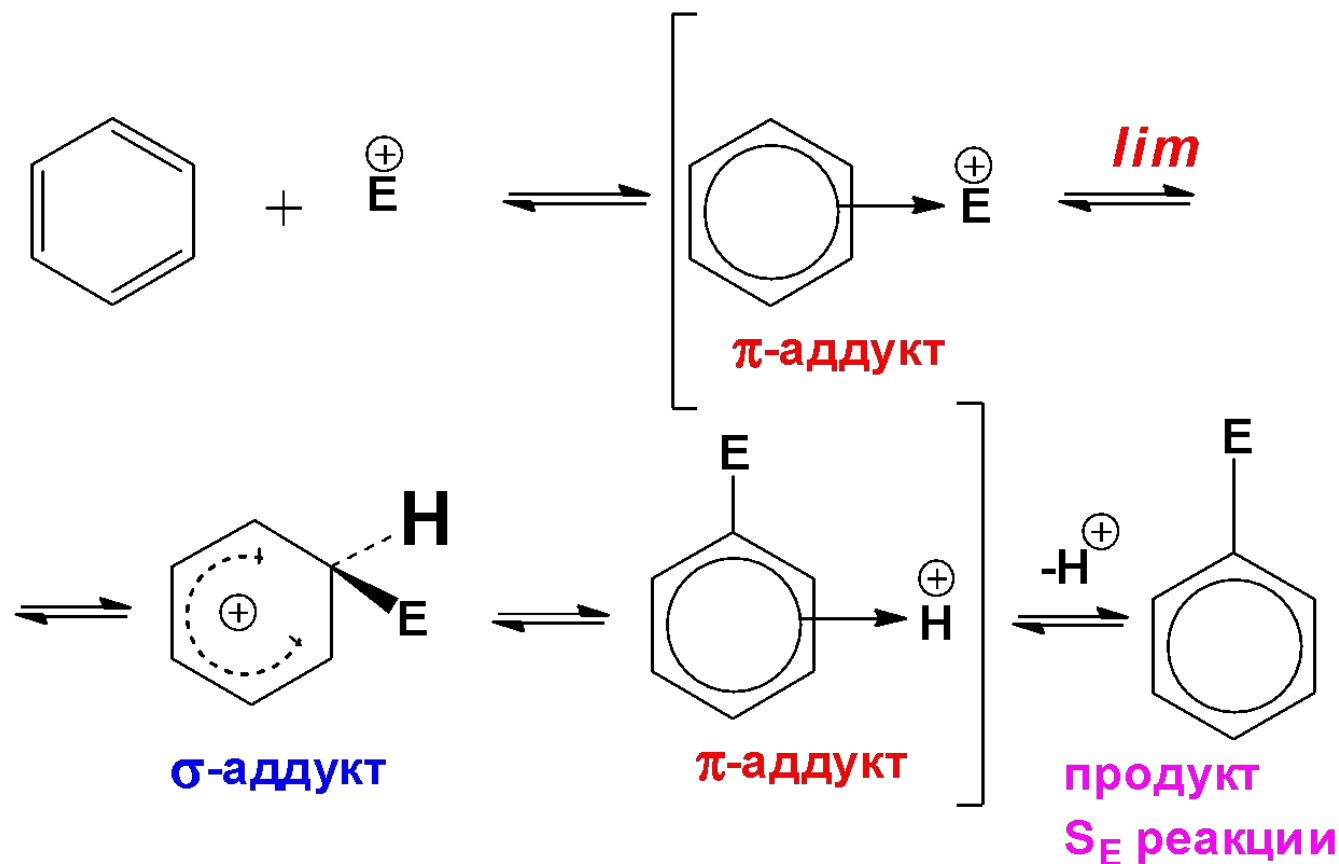


продукт S_E реакции

- Т.о. весь механизм S_E-реакции

- 1) Стадия активации активной кинетической частицы – электрофила E⁺

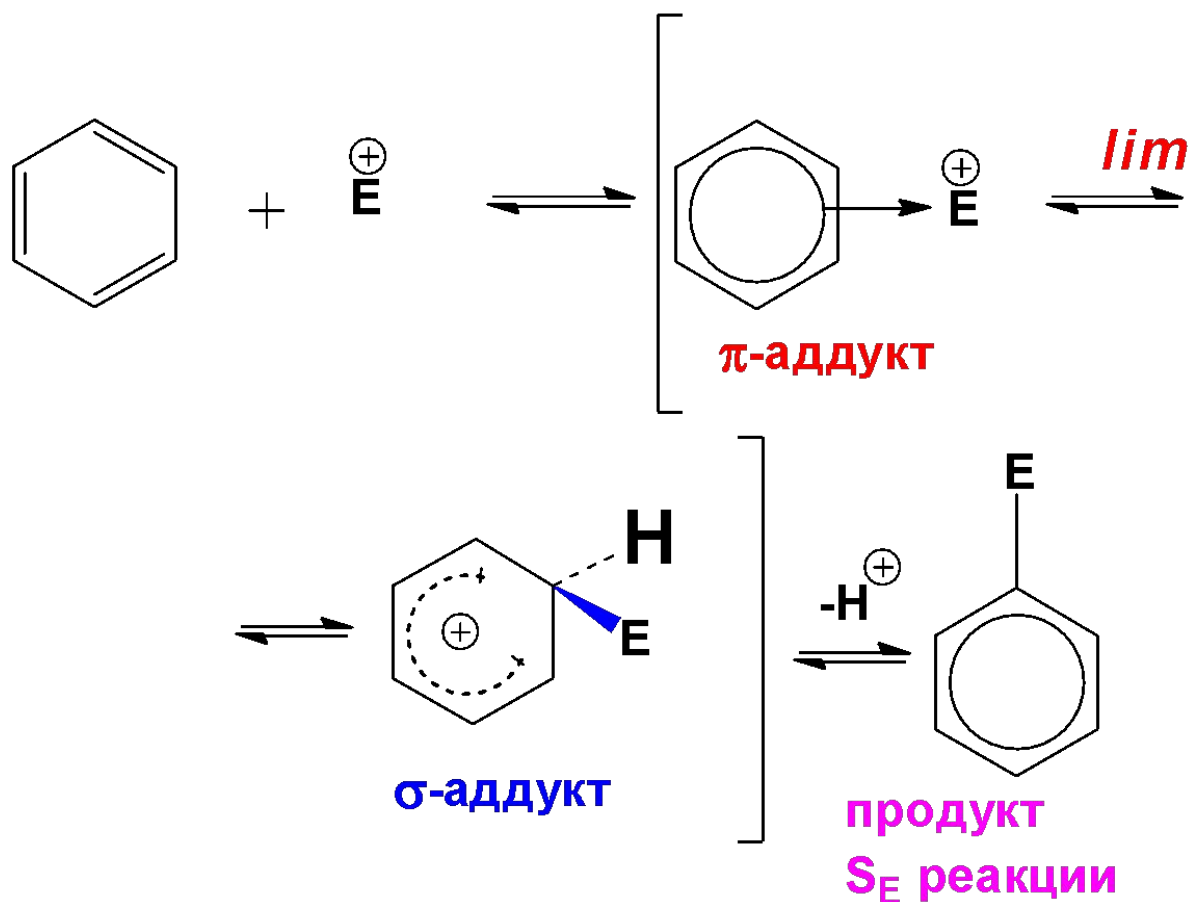
- 2)



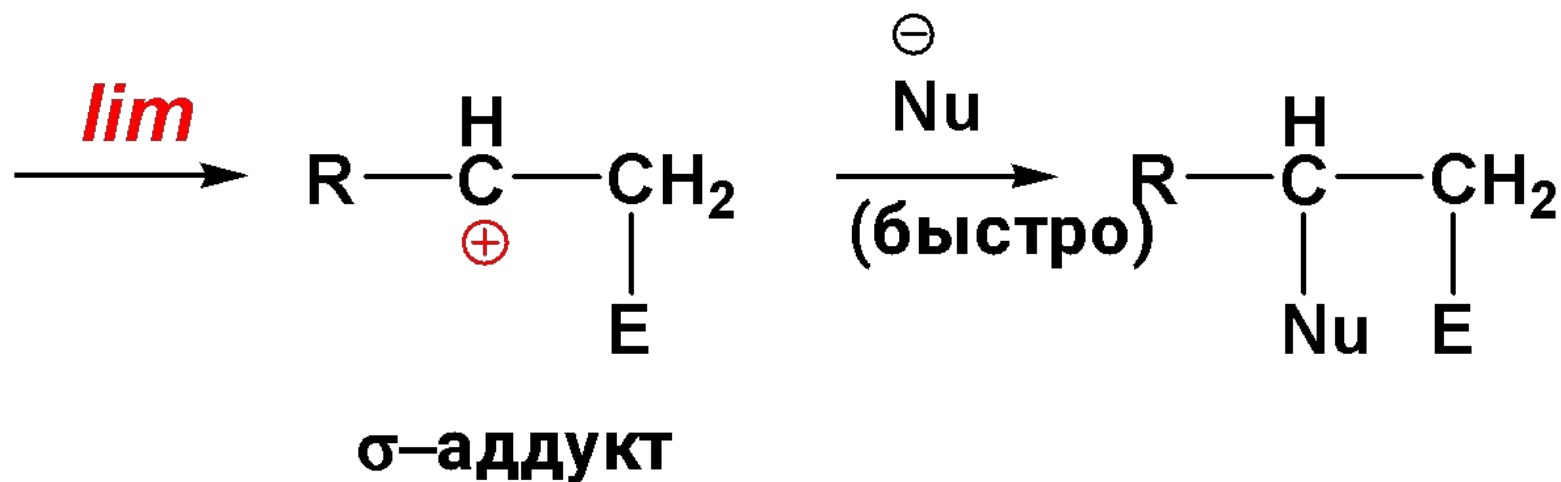
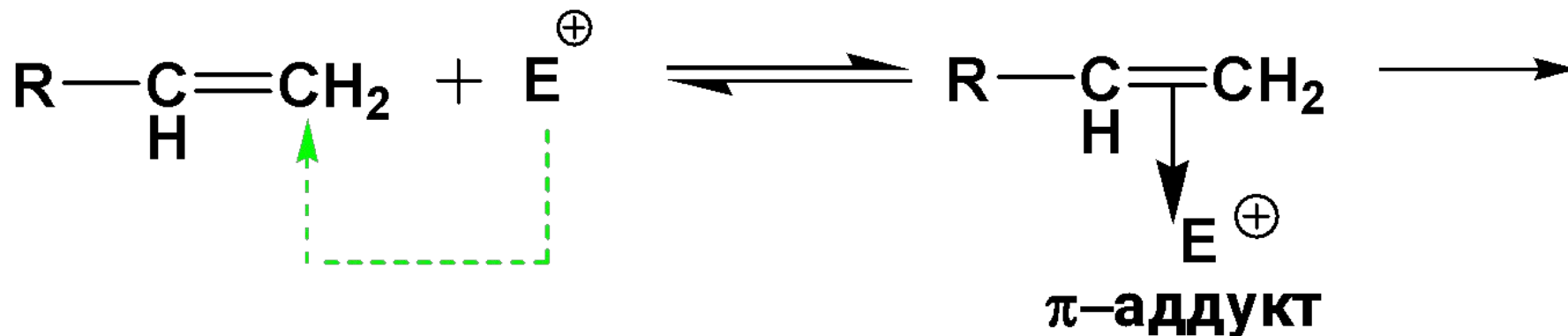
Или

1) Стадия активации активной кинетической частицы – электрофила E^+

2)



Сравним с механизмом A_E

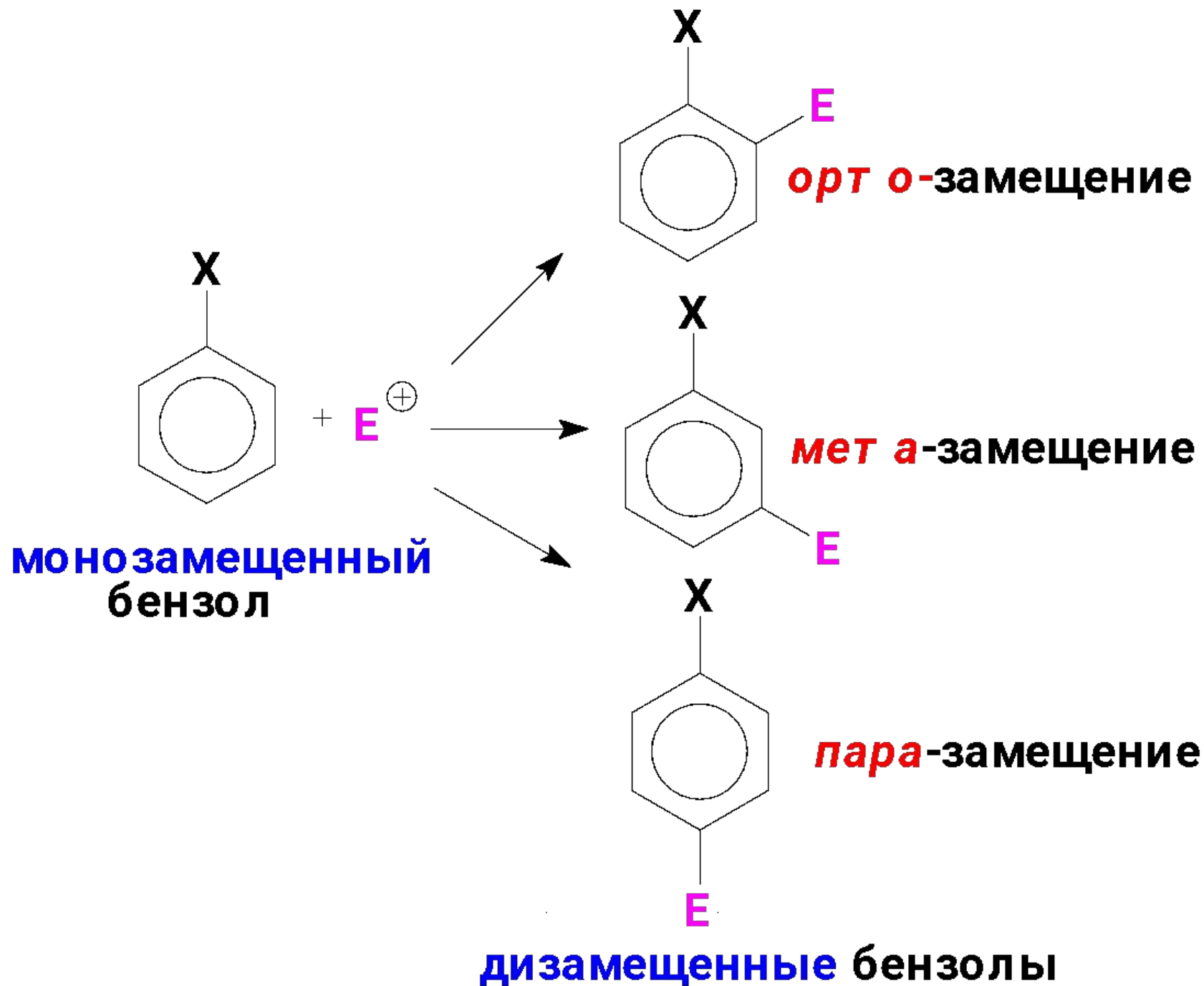


- Следует запомнить, что атакующая частица данной реакции является электрофилом.
- *Уходящая частица (в данном случае протон H^+) называется электрофугом*

ЗАМЕСТИТЕЛИ БЕНЗОЛЬНОГО КОЛЬЦА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СКОРОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЕ S_E РЕАКЦИЙ (См. Учебник. С. 199-206).

Заместители в бензольном кольце нарушают равномерность распределения π -электронного облака и оказывают влияние на его реакционную способность.

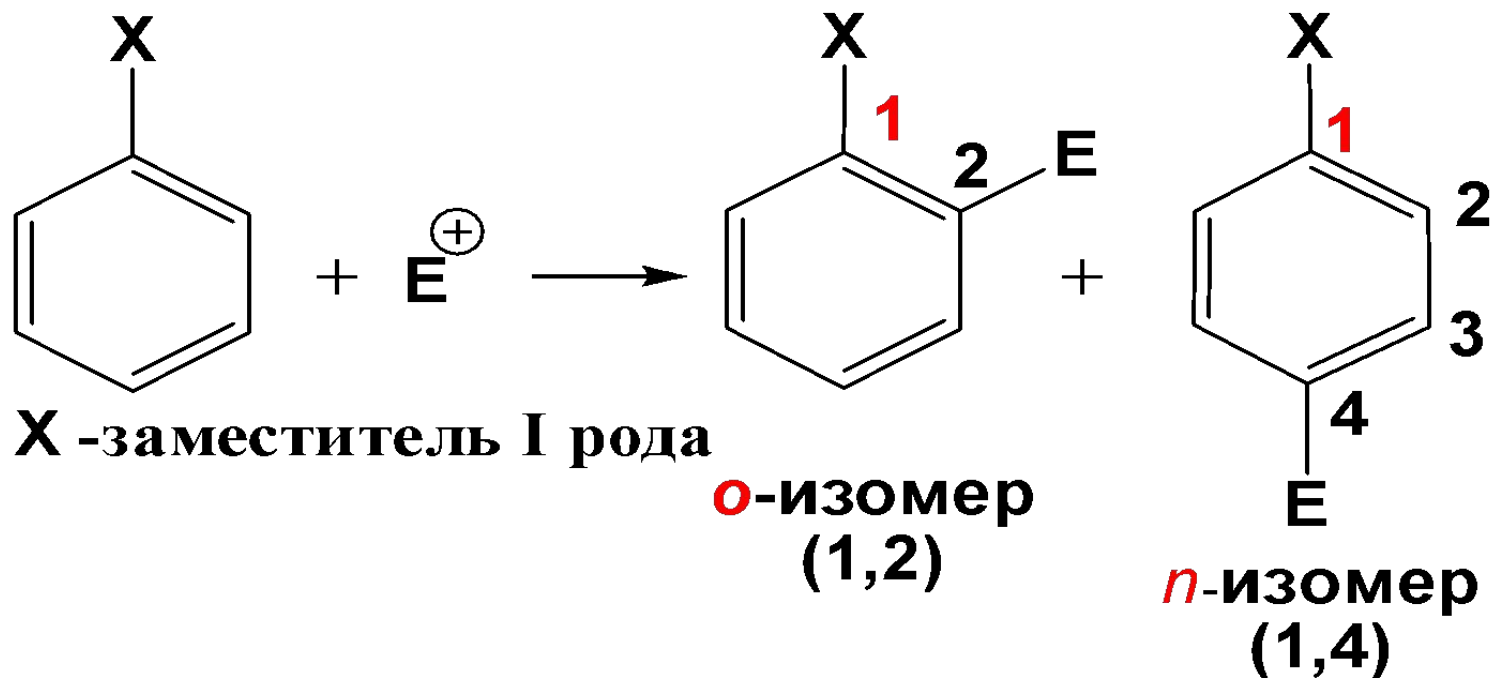
Если бензольное кольцо содержит какой-либо заместитель (X), то положения ароматического цикла, остающиеся свободными, неравноценны. В общем случае замещение H в монозамещенных бензолах может протекать в трёх направлениях:



- При рассмотрении таких реакций надо решать два важных вопроса:

- 1) Каково ориентирующее влияние заместителя X, т.е. какие изомеры (о-, м- или п-) преимущественно образуются в результате замещения?
- 2) В каком случае выше скорость реакции: в бензоле C_6H_6 или в замещенном бензоле C_6H_5X , то есть какова относительная реакционная способность замещенного ароматического цикла?

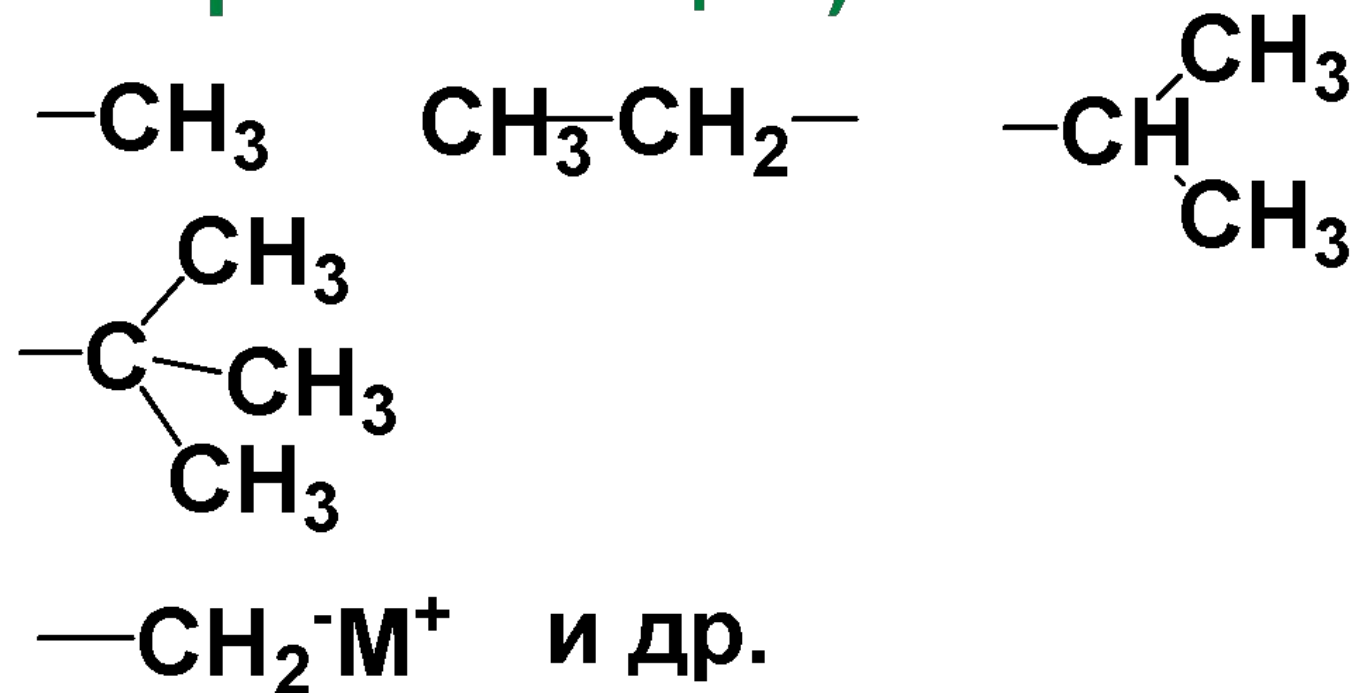
- Все заместители бензольного цикла подразделяются на 2 группы:
- **1. Заместители I рода – о-, п-ориентанты.** Они направляют электрофильный реагент в о- и п-положения ароматического цикла.



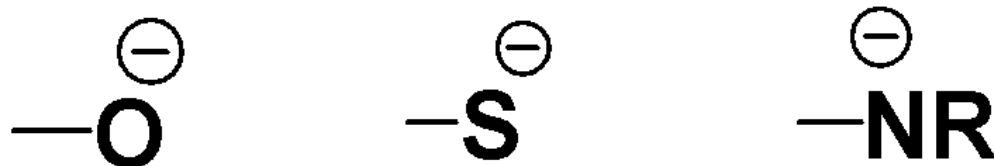
орто-, пара-Ориентанты (заместители I рода)

- Относятся все электронодонорные заместители, а также галогениды
- **ЭД**-заместители стабилизируют π - и σ -аддукты и облегчают их образование
- 1) ЭД-заместители (**Д**):

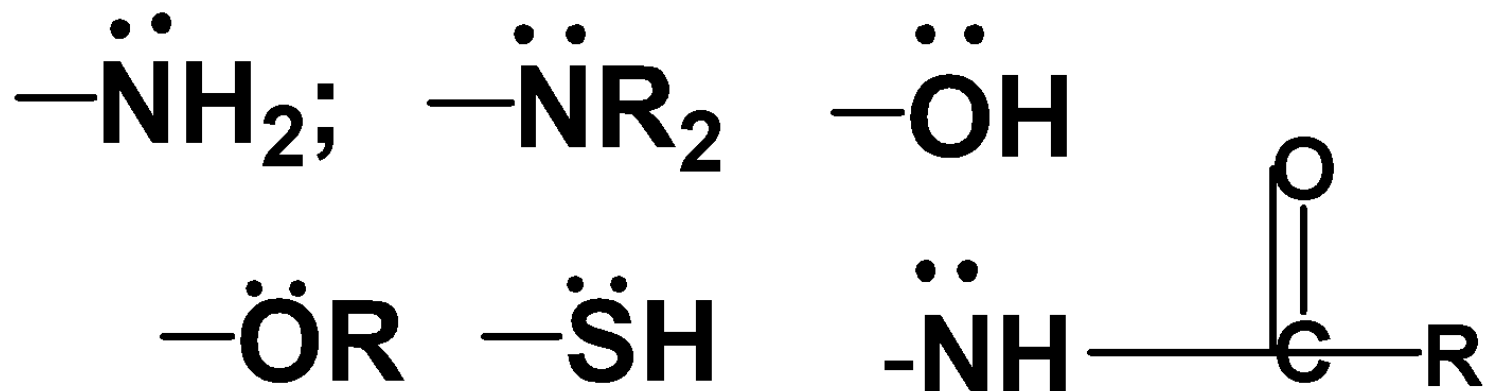
а) алкильные заместители
(+I -эффект, эффект гиперконъюгации)



б) анионные заместители
(+I -эффект, + M -эффект)



В) (-I -эффект < + M -эффекта)



•2) Галогениды

(-I -эффект >> + M -эффект)

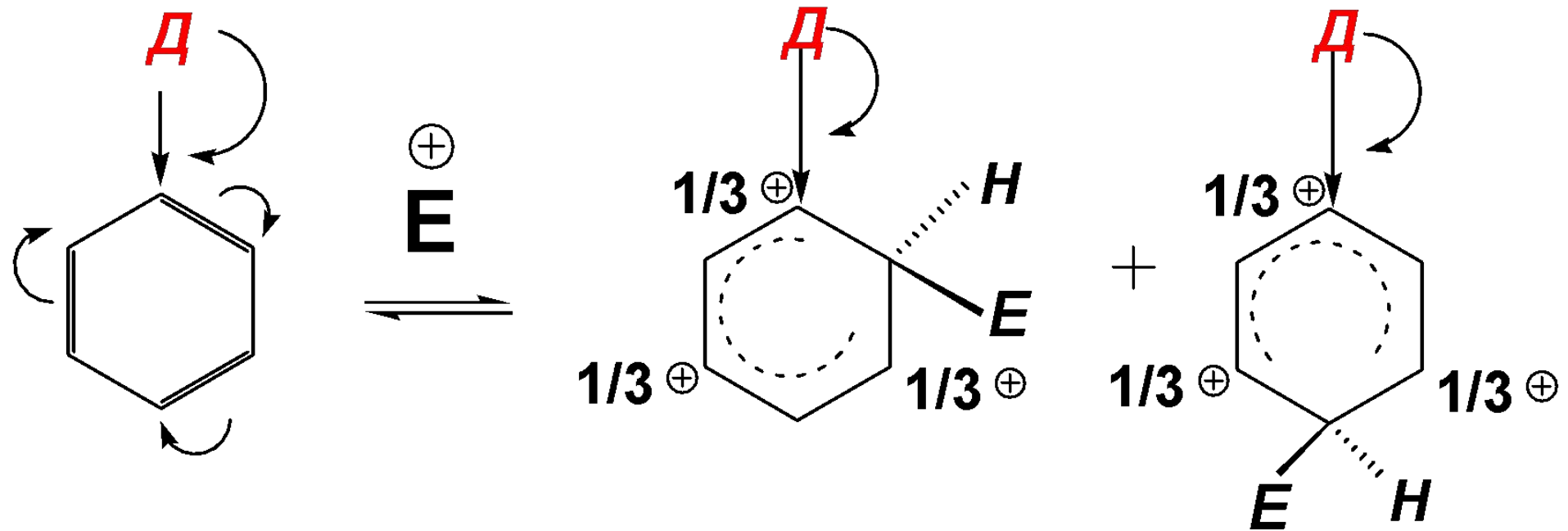


- ЭД-заместители повышают электронную плотность в ароматическом цикле, что способствует атаке электрофильной частицы (субстрат активируется).

Почему реакция приводит к образованию продуктов замещения о- и п-положениях ?

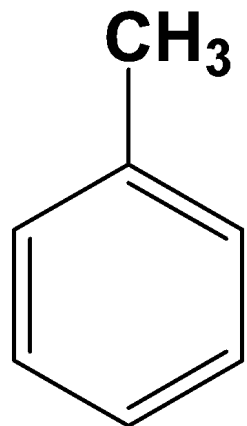
- 1). Электронная плотность под влиянием ЭД-заместителя повышается неравномерно в различных положениях цикла. Более всего в о- и п-положениях ароматического цикла и менее значительно в м-положениях.

- 2). ЭД-группы в большей степени стабилизируют σ -аддукты, соответствующие присоединению электрофила также в о- и п-положениях ароматического цикла

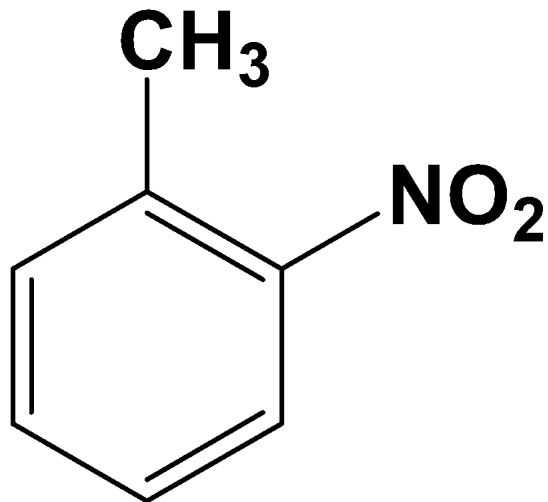
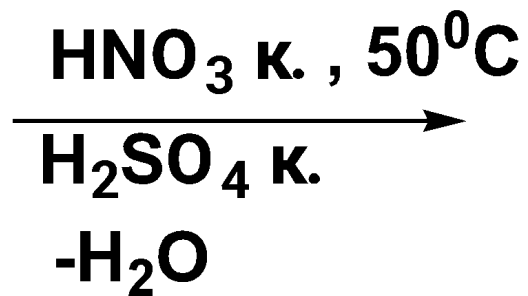


Все заместители а), б) и в) являются
активирующими субстрат заместителями,
стабилизирующими σ -аддукты.

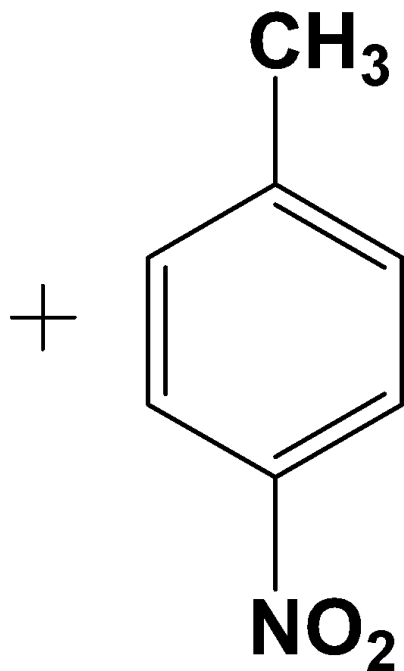
**Рассмотрим некоторые S_E -реакции для
отдельных ароматических соединений,
содержащих ЭД группы**



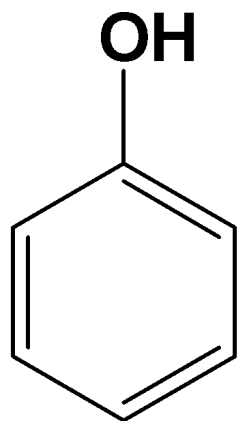
толуол



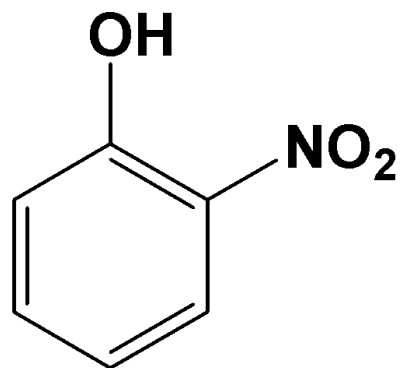
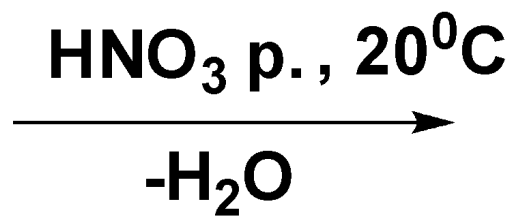
2-нитротолуол



4-нитротолуол

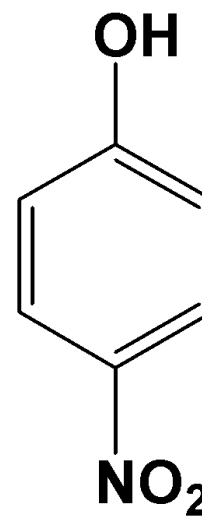


фенол



2-нитроф еол

+

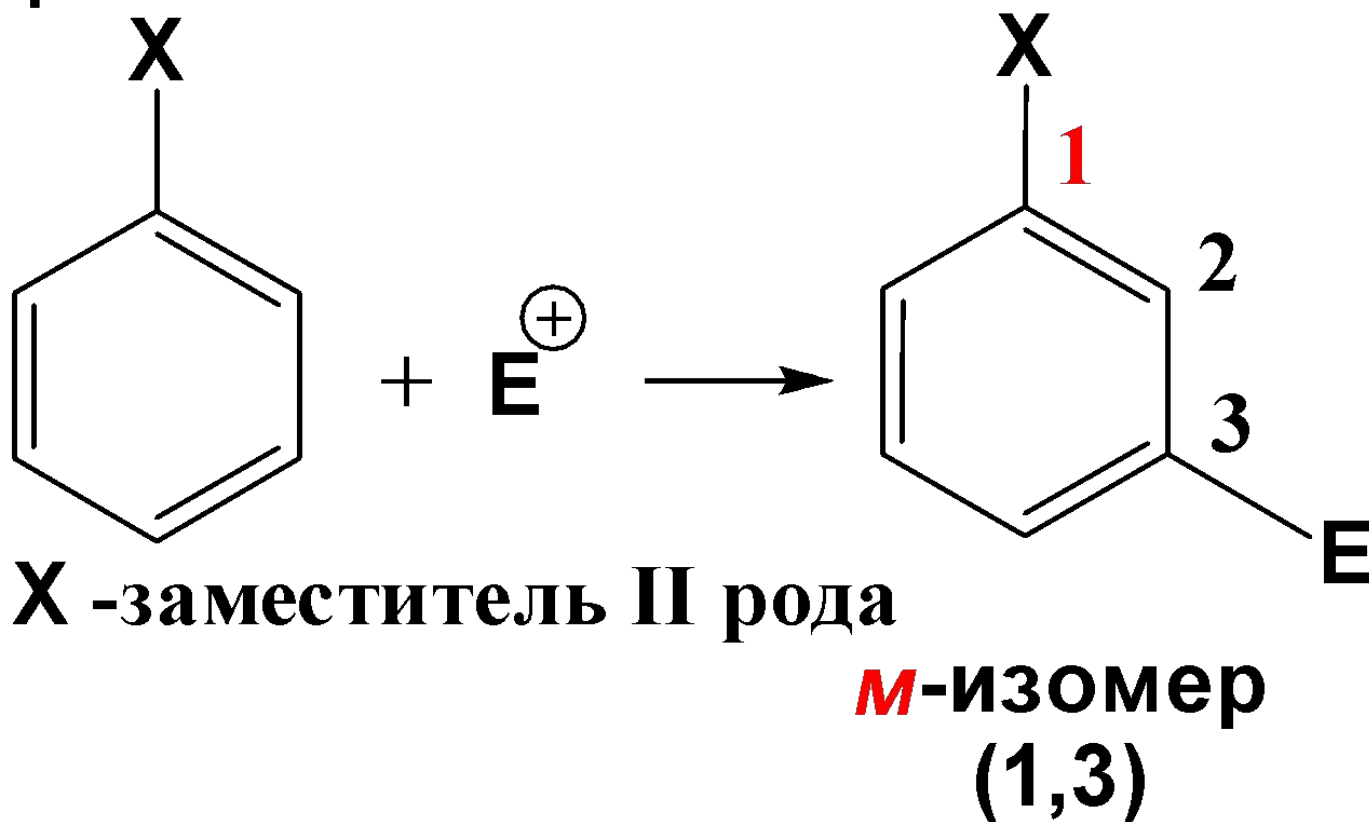


4-нитроф еол

Следует запомнить, что заместители I рода являются **о- и п-ориентантами**. Они (**кроме галогенов**) стабилизируют σ -аддукт, а следовательно **активируют** (повышают скорость реакции в сравнении с бензолом) ароматический цикл соединения с таким заместителем по отношению к реакциям **S_E**

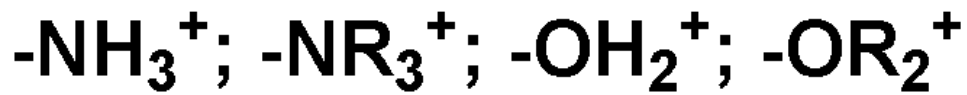
- **Галогениды**, в отличие от всех ориентантов I рода, **являются ЭА заместителями**. Они не приводят к повышению электронной плотности в ароматическом цикле, Это затрудняет атаку электрофила и **не стабилизирует σ -аддукты**. Однако, благодаря +M-эффекту, они направляют S_E -реакции в о- и л-положения ароматического цикла, так как это показано выше.

- **2. Заместители II рода – м-ориентанты.**
- Они направляют электрофильный реагент в м-положение ароматического кольца.



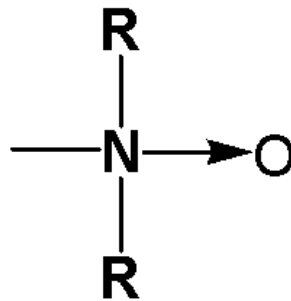
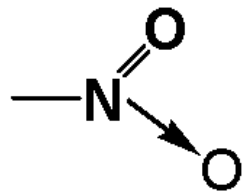
- Относятся все **электроноакцепторные заместители** (за исключением галогенов)
- **ЭА**-заместители дестабилизируют π - и σ -аддукты и затрудняют их образование
- ЭА-заместители (**А**):

а) ониевые катионы или катионные заместители
(-I -эффект)

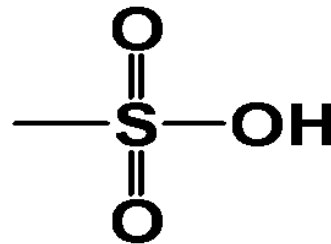
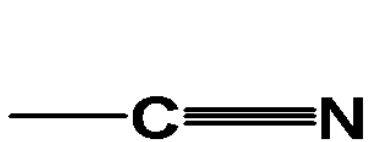
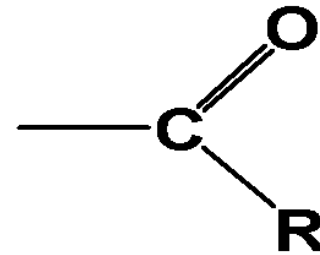
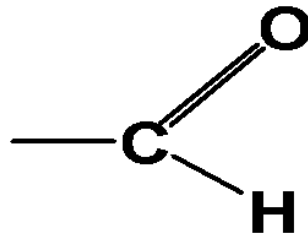
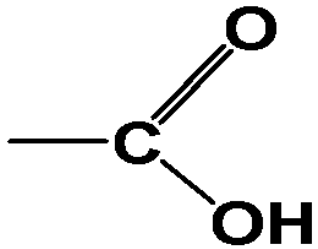


б) группы с донорноакцепторными связями
(-I -эффект, -M -эффект)

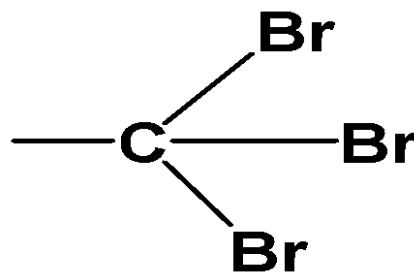
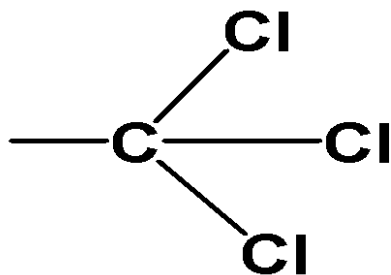
—



в) группы, содержащие кратные связи с гетероатомами
(-I -эффект, -M -эффект)



г) группы содержащие гетероатомы с высокой ЭО
(-I -эффект)

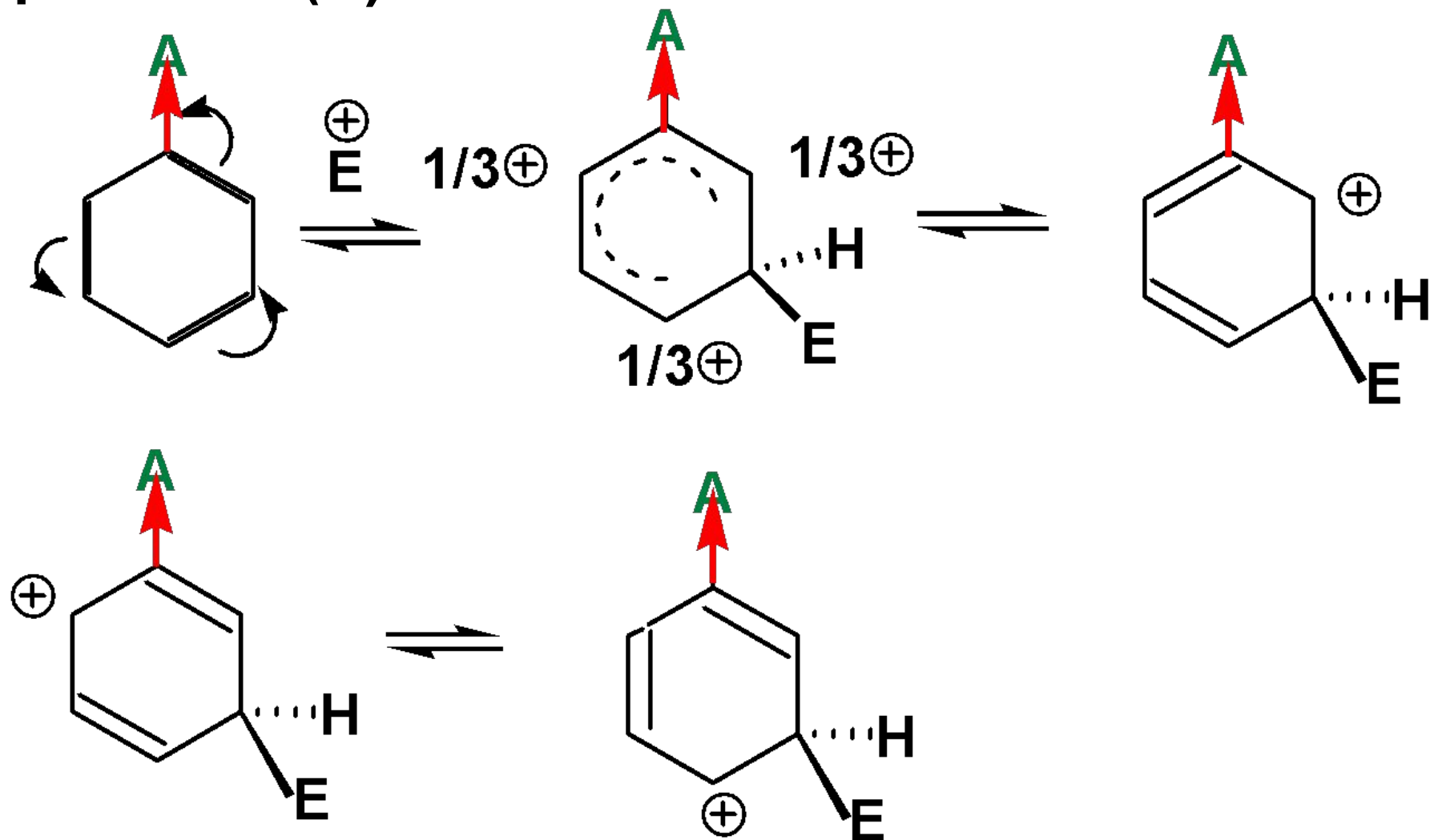


- Заместители, принадлежащие к данной группе, обладают сильным **«электронооттягивающим»** влиянием по отношению к π-сопряженной системе ароматического цикла (-I и -M-эффекты):
 - 1) электронная плотность в ароматической системе снижается, что не способствует взаимодействию с электрофильными реагентами.
 - 2) ЭА группы **не стабилизируют σ-аддукты**, которые представляют собой частицы с электронодефицитными свойствами

- Снижение электронной плотности в ароматическом цикле, также как и повышение в предыдущем случае, происходит неравномерно.
- Более всего электронная плотность **снижается** в **о-** и **п-**положениях цикла.
- Это значит, что атака этих положений электрофильной частицей невыгодна энергетически.

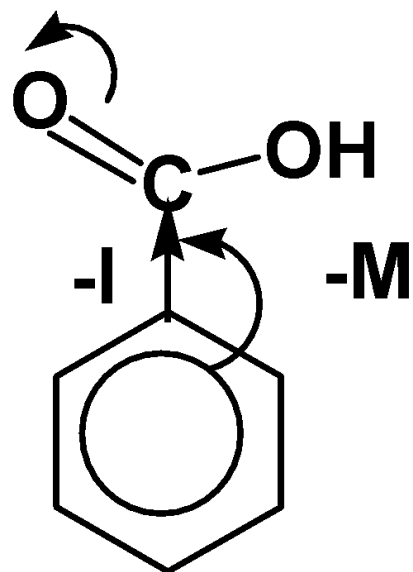
- В м-положениях ароматического цикла имеет место область **сравнительно большей электронной плотности**. Поэтому E^+ предпочтительно атакует именно м-положения, что приводит к образованию продуктов м-замещения.
- Кроме того, электорофил, занимающий м-положение, не вызывает наличия положительного заряда на том атоме ароматического цикла, который непосредственно связан с ЭА группой, что особенно важно для стабильности соответствующего сигма-аддукта.

Рассмотрим строение σ -аддуктов, которые образуются в лимитирующей стадии S_E реакции ароматического соединения, содержащего мета-ориентант (A)

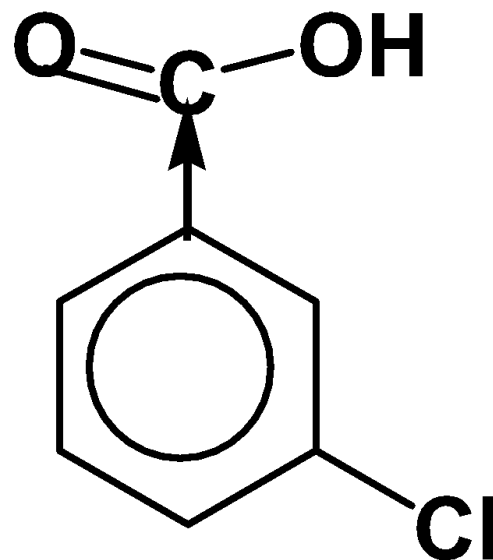
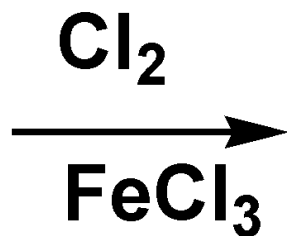


- Следует запомнить, что заместители II рода являются м-ориентантами.
- Они дестабилизируют σ -аддукт, а, следовательно, дезактивируют ароматический цикл соединения с ЭА заместителем по отношению к реакциям S_E

- Примеры S_E реакций ароматических соединений, содержащих ориентанты II рода

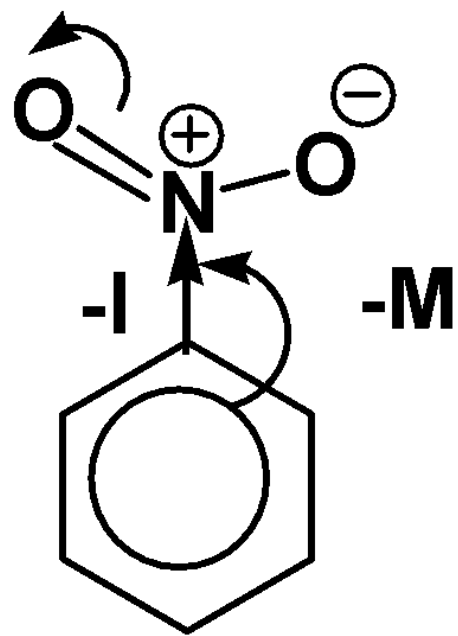


бензойная
кислота

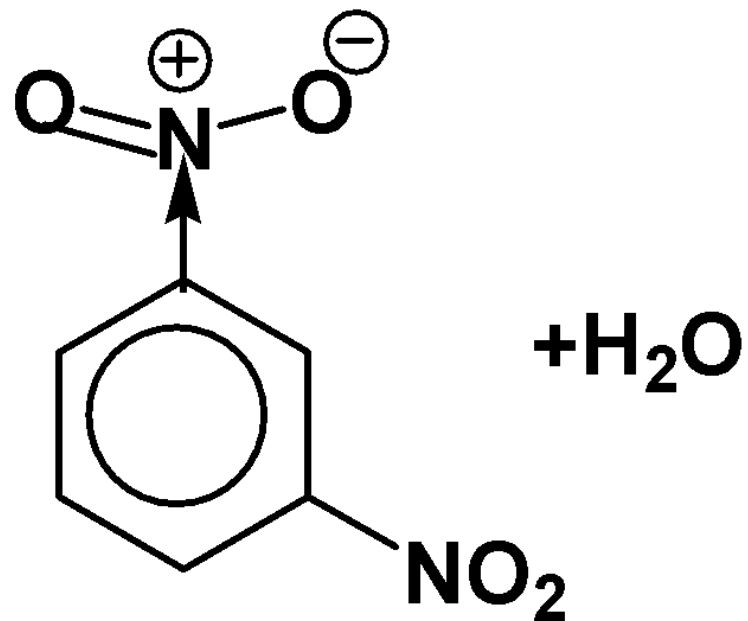
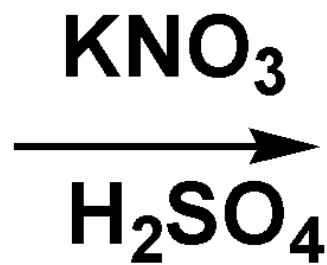


3-хлорбензойная
кислота

+HCl



нитробензол

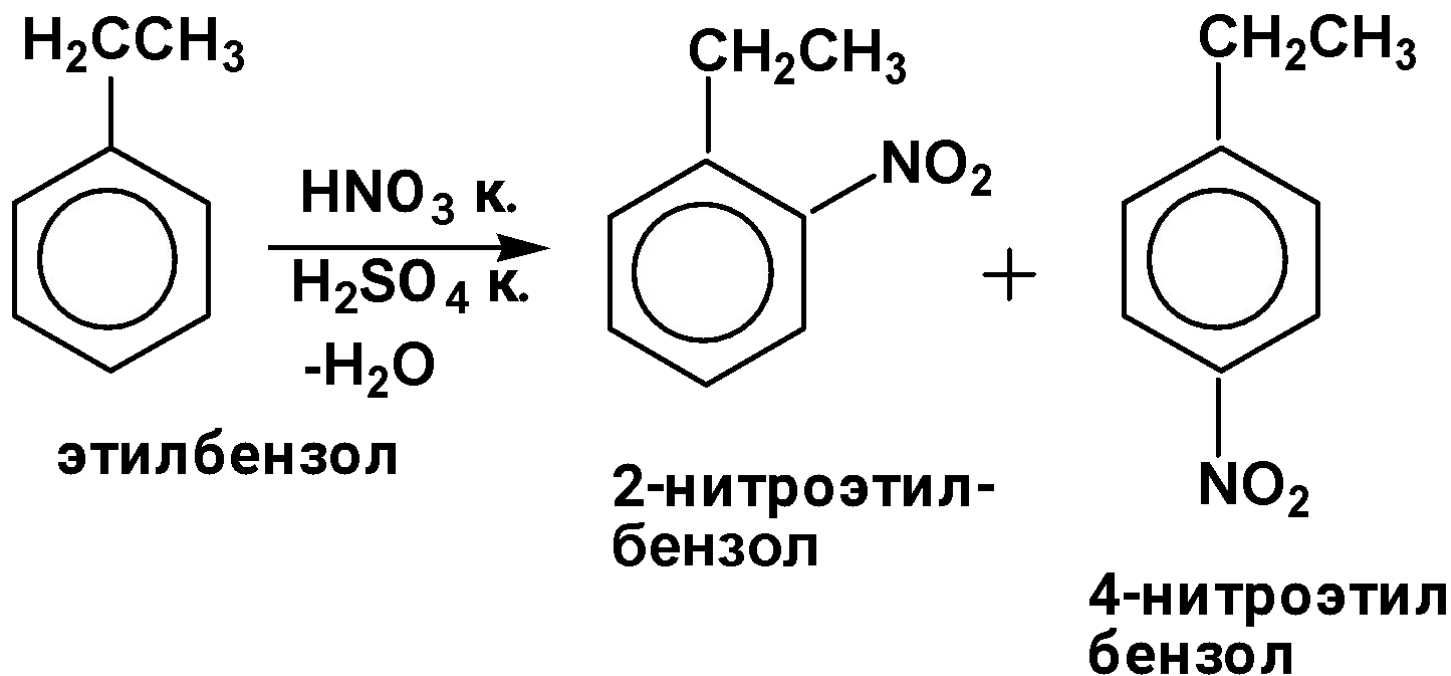


м-динитробензол

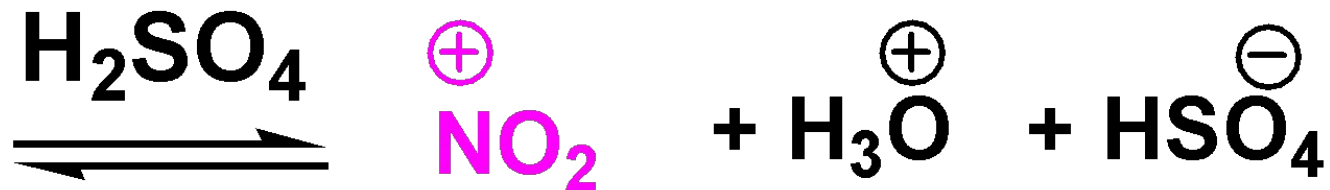
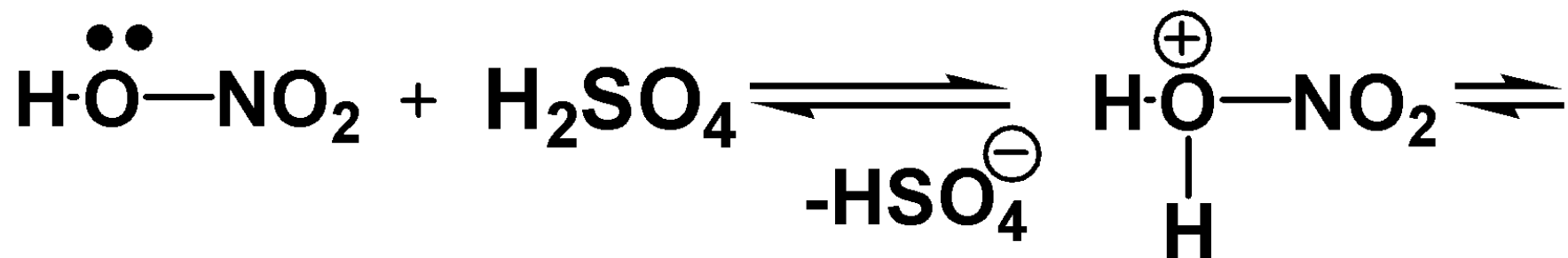
Правила ориентации позволяют предсказать преимущественное направление реакции и преобладание того или иного изомера в продуктах реакции. В большинстве случаев содержатся все три. Когда присутствует заместитель I рода, чаще образуется большее количество пара-изомера из-за стерического фактора.

Важнейшие S_E реакции производных бензола

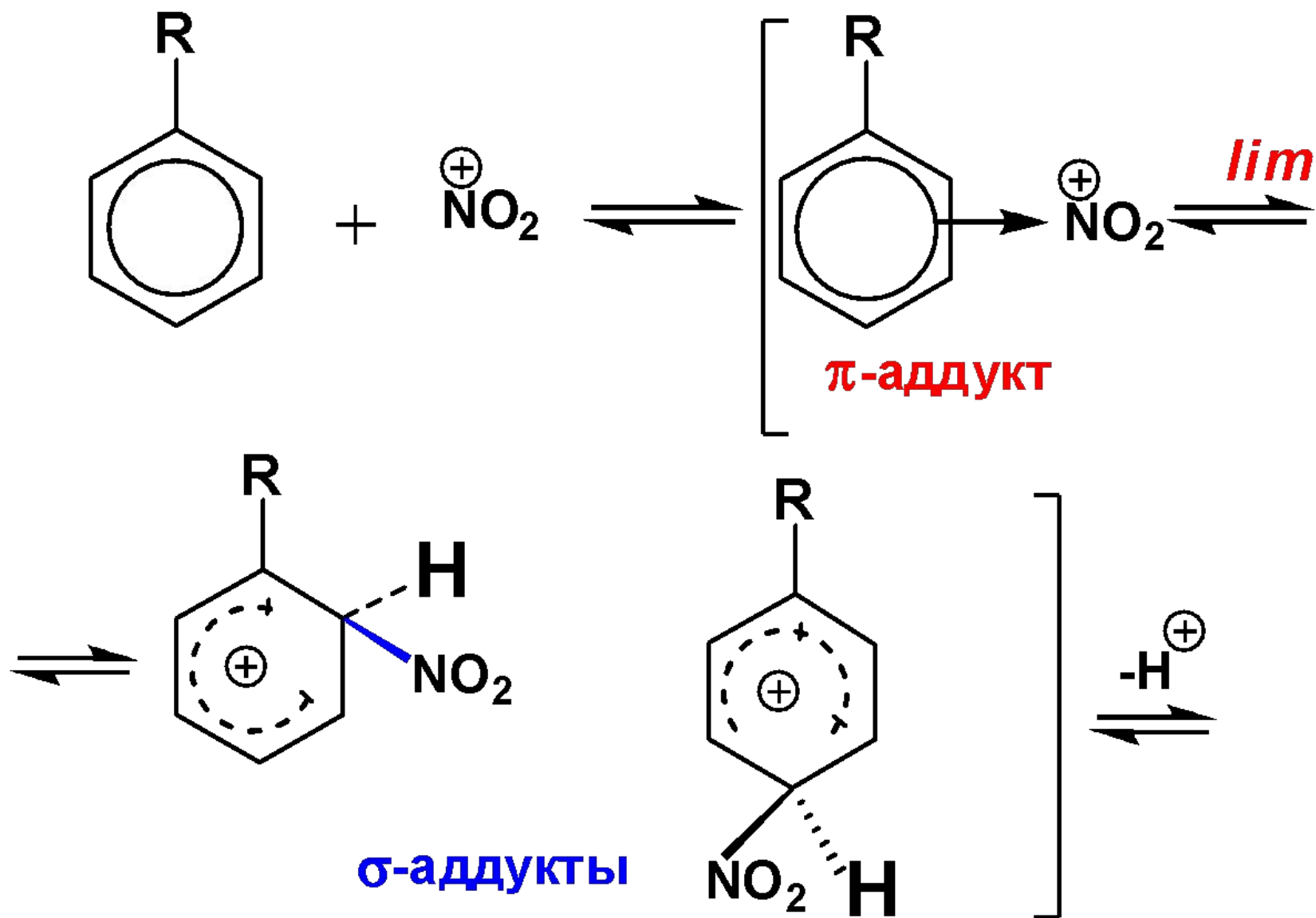
- 1) Нитрование - Для бензола и его гомологов использ. смесь HNO_3 конц. и H_2SO_4 конц. - «нитрующая смесь»

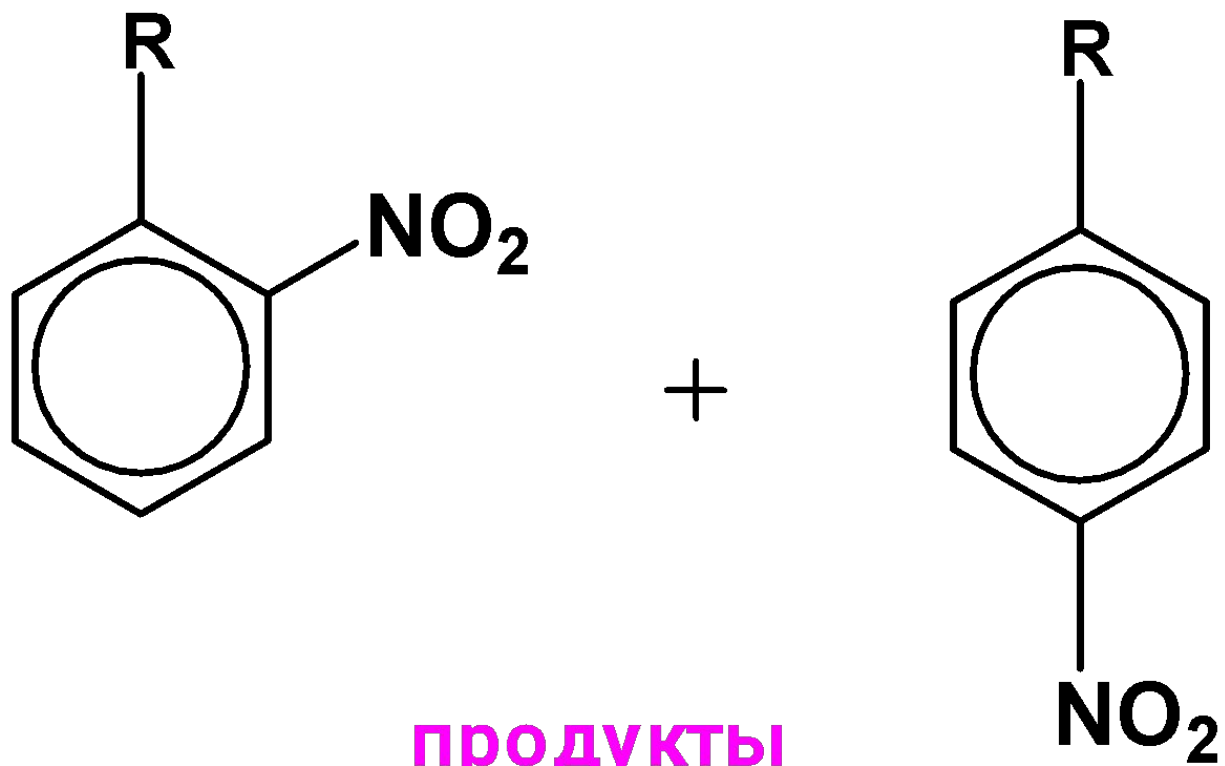


- **А). Обязательно** - рассмотреть, каким образом в этом случае образуется активный электрофил NO_2^+



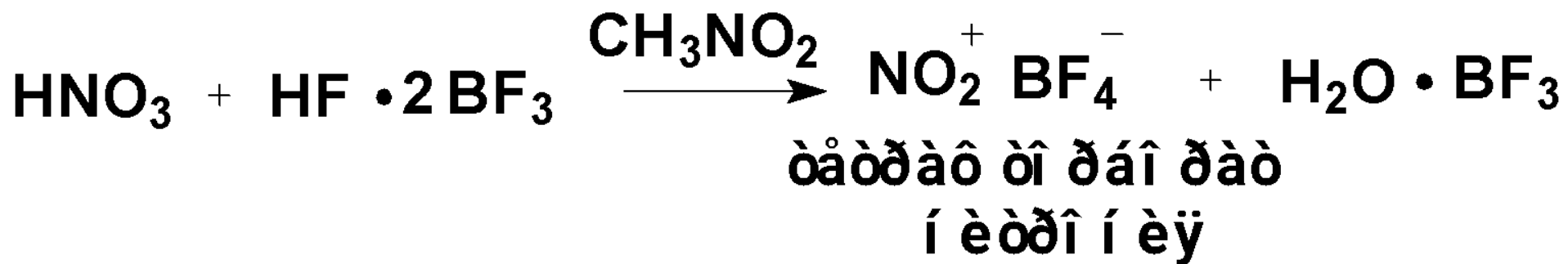
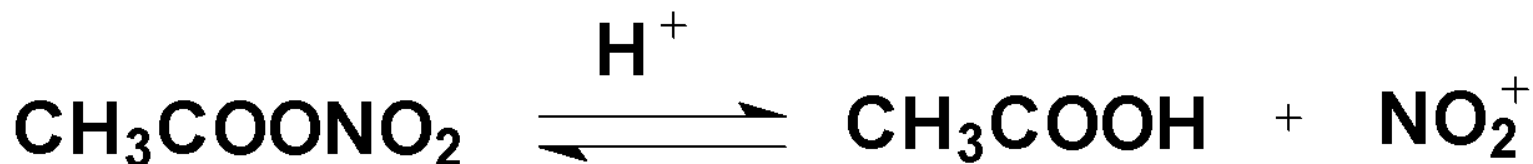
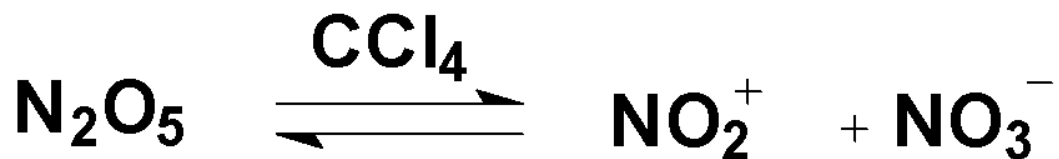
Б)





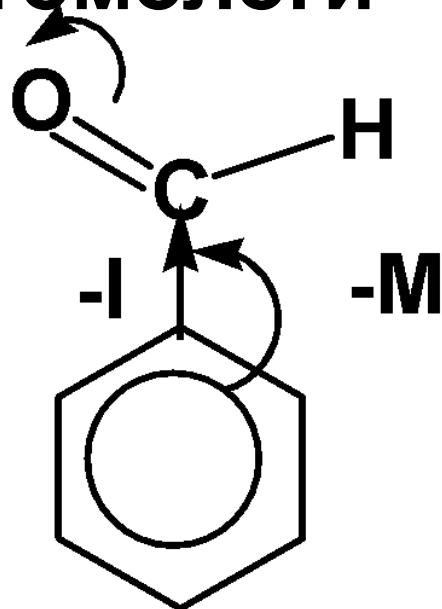
продукты
 S_E реакции

В качестве других источников нитроний катиона используют оксид азота (N_2O_5), ацетилнитрат, тетрафторборат нитрония:

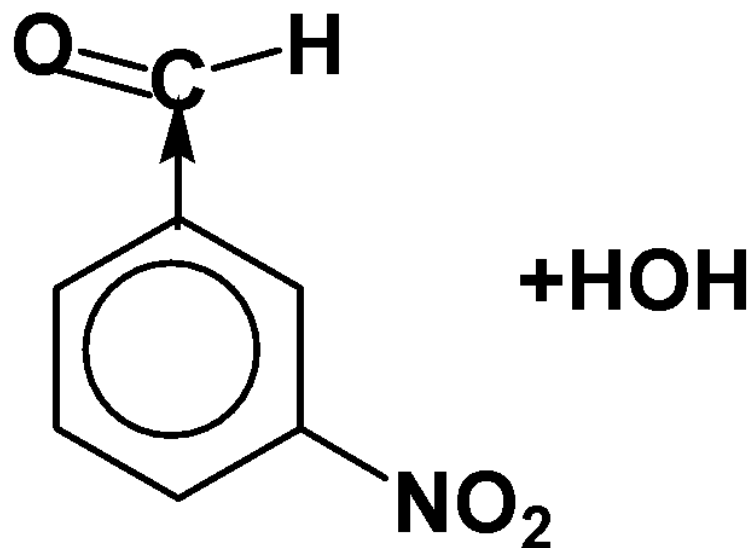
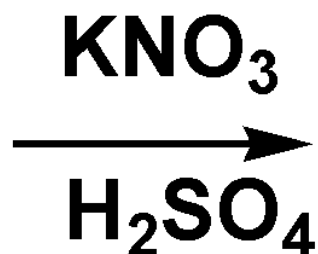


- Производные, содержащие ЭА группы (ориентанты II рода) нитруются в более жестких условиях, чем бензол и его

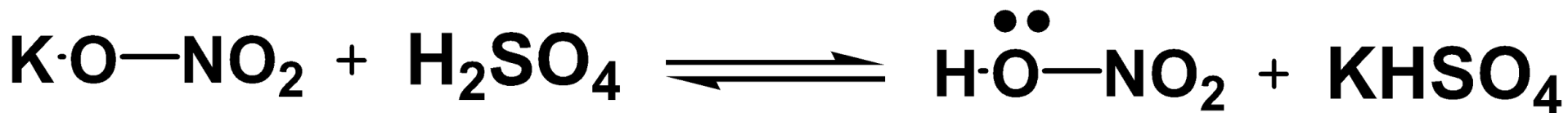
ГОМОЛОГИ



бензойный
альдегид



3-нитробензаль-
дегид

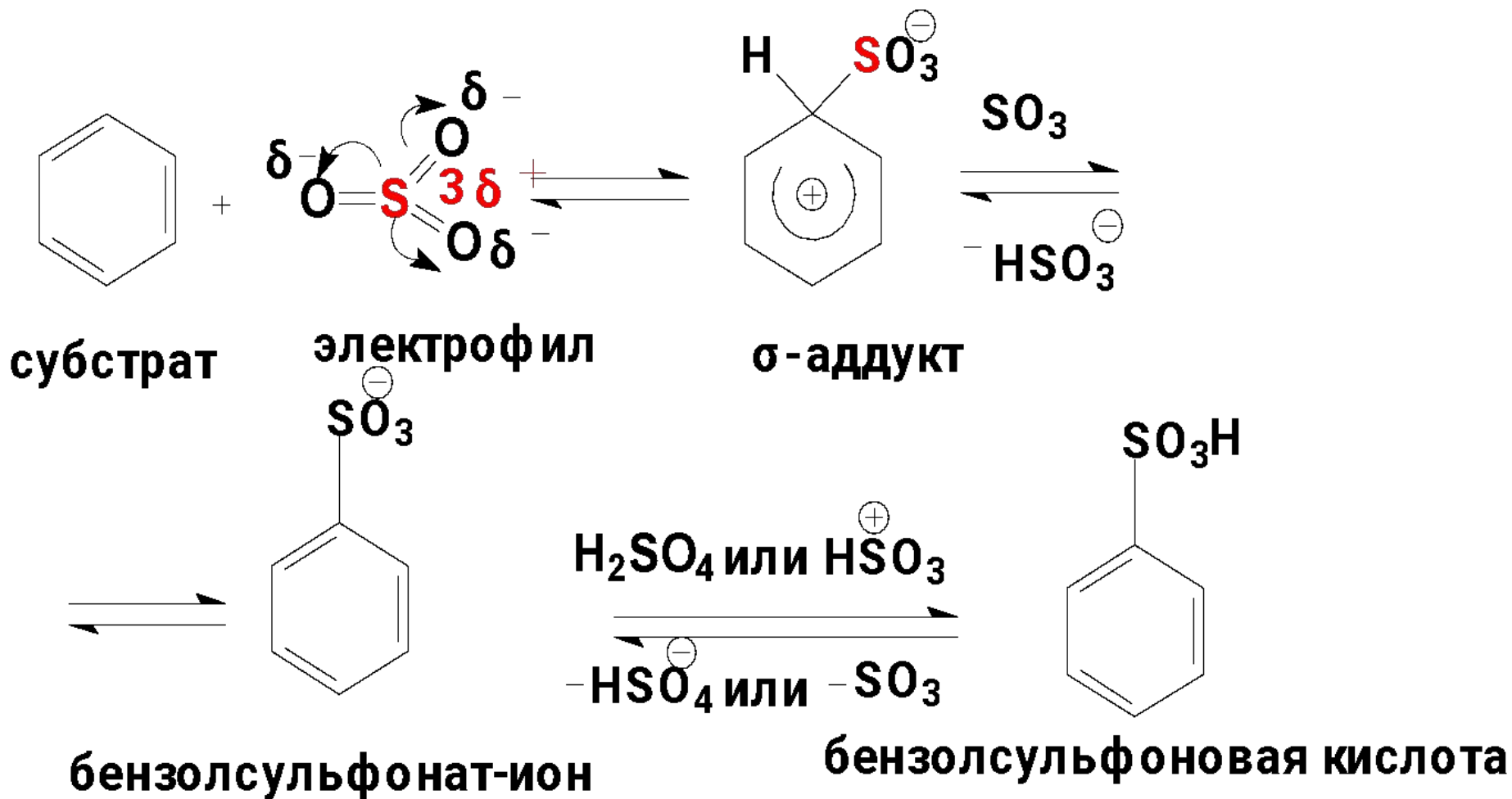


Введение нитрогруппы в ароматическое кольцо приводит к его сильной дезактивации по отношению к реакциям S_{E} , т.к. нитрогруппа является **очень сильной ЭА-группой**. В результате для нитробензола не идут многие S_{E} реакции (**алкилирование, ацилирование и др.**) или идут в очень жестких условиях с сильными электрофилами (например, реакция нитрования).

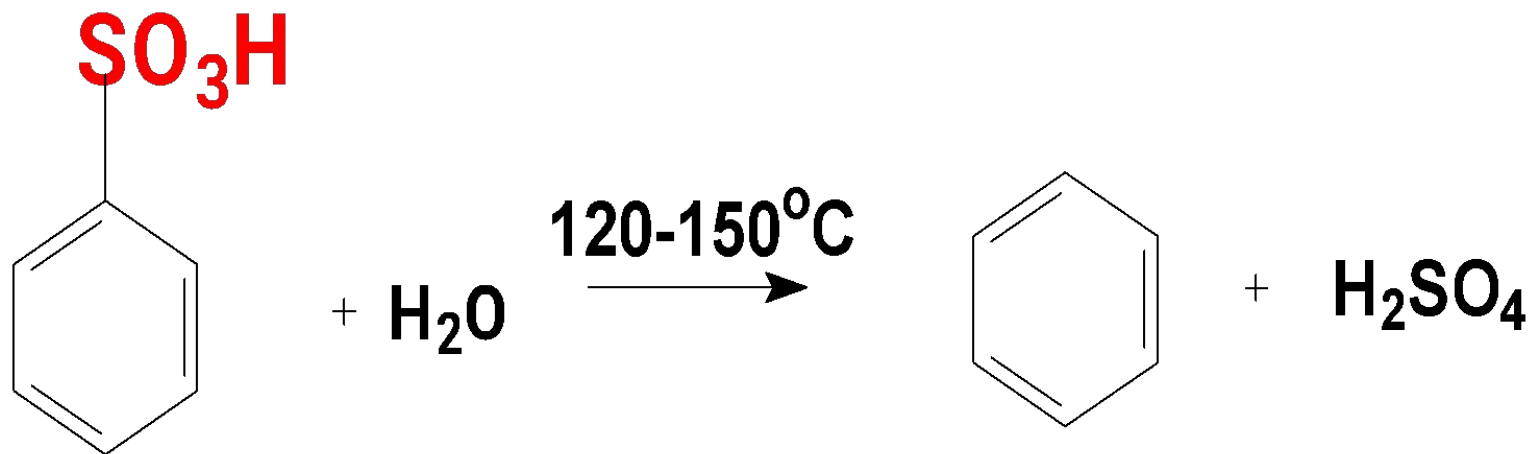
- **Ароматические вещества, содержащие ЭД-группы (-ОН, -ОСН₃, -NH₂, и др.) нитруются в более мягких условиях и часто требуют специальных преобразований перед нитрованием, для защиты таких веществ от окислительного действия азотной кислоты(см. тему ароматические амины, фенолы и т. д.).**

2. Сульфирование

Сульфирующие агенты – конц. серная кислота и **олеум** (электрофил).

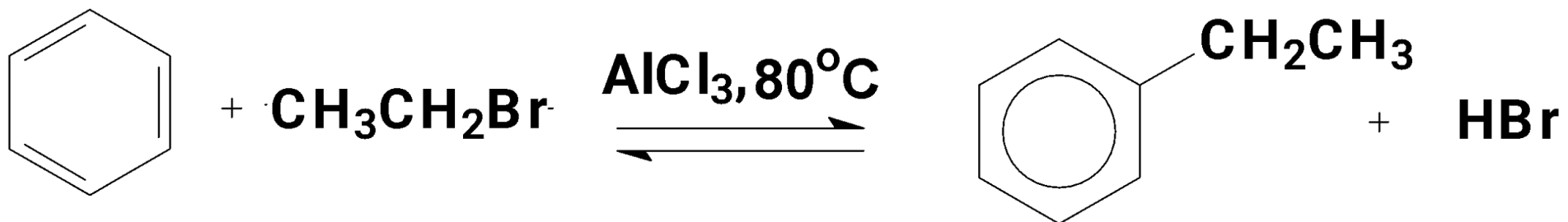


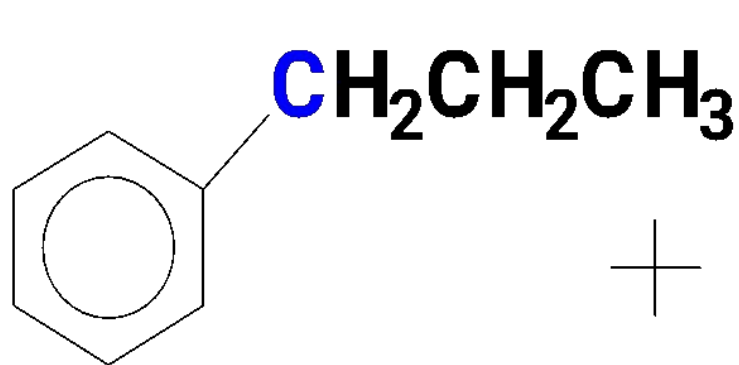
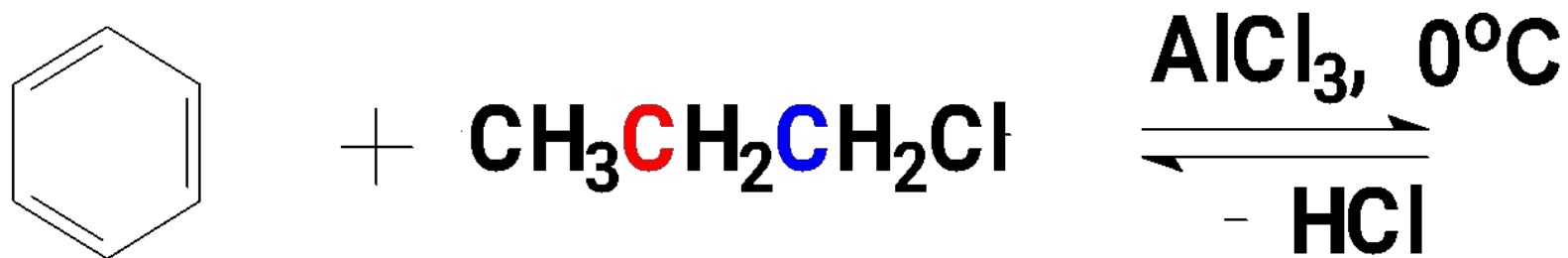
Каждая стадия сульфирования обратима и в целом весь процесс тоже обратимый. При обработке бензолсульфоновой кислоты перегретым водяным паром происходит обратная реакция – десульфирование:



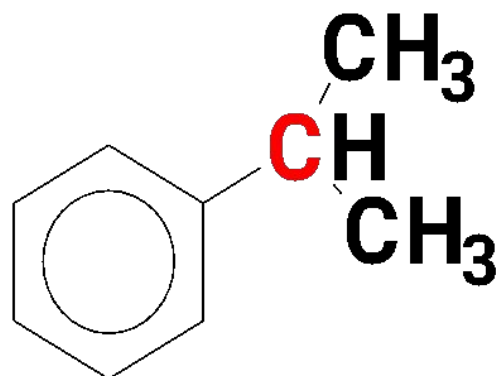
бензолсульфоновая кислота

3. Алкилирование



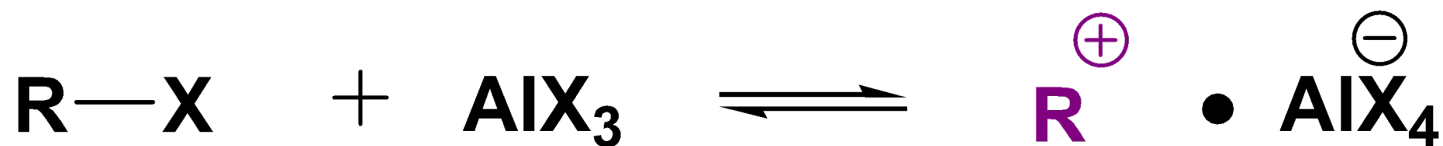


пропилбензол
30-35%

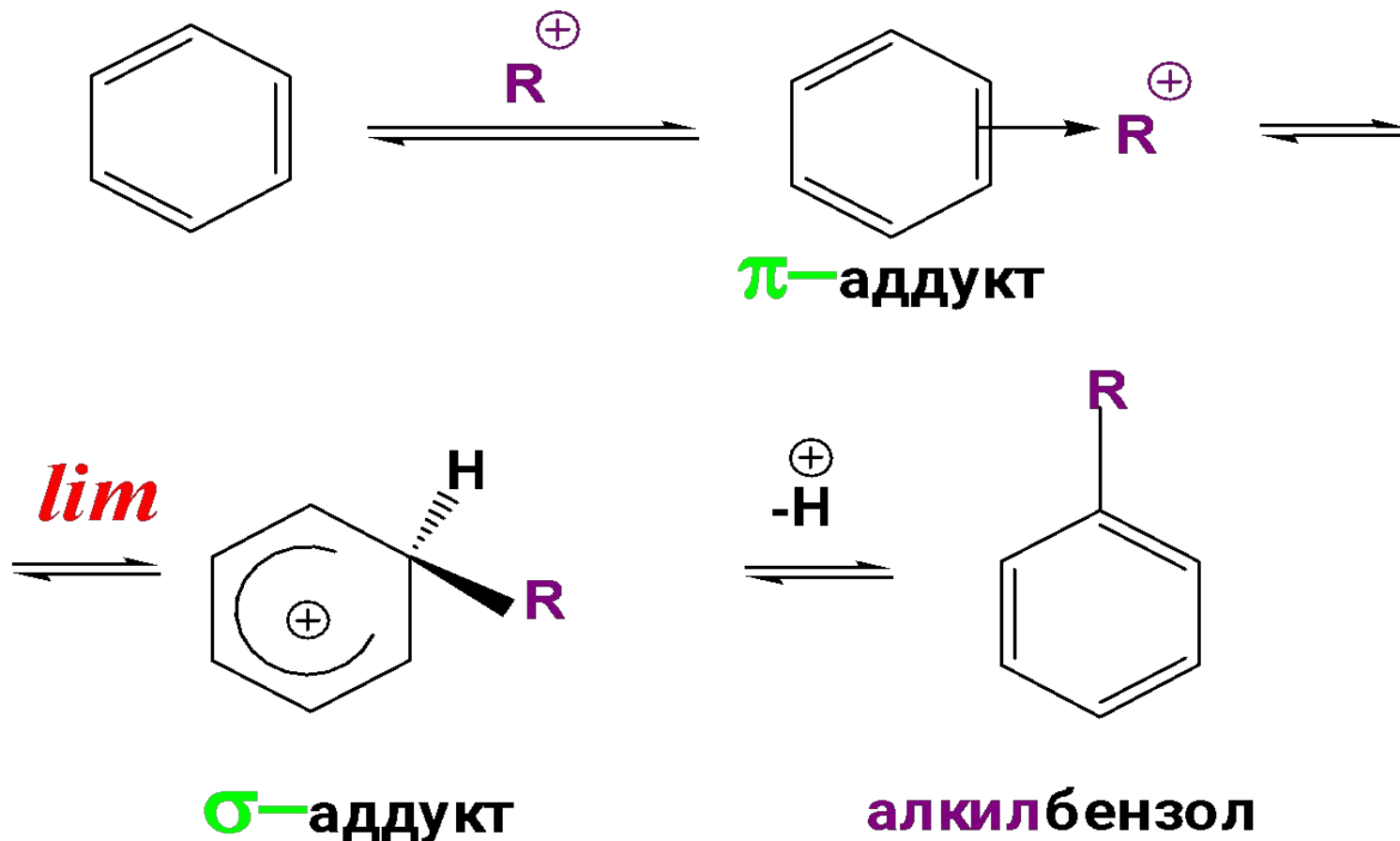


изопропилбензол
65-70%

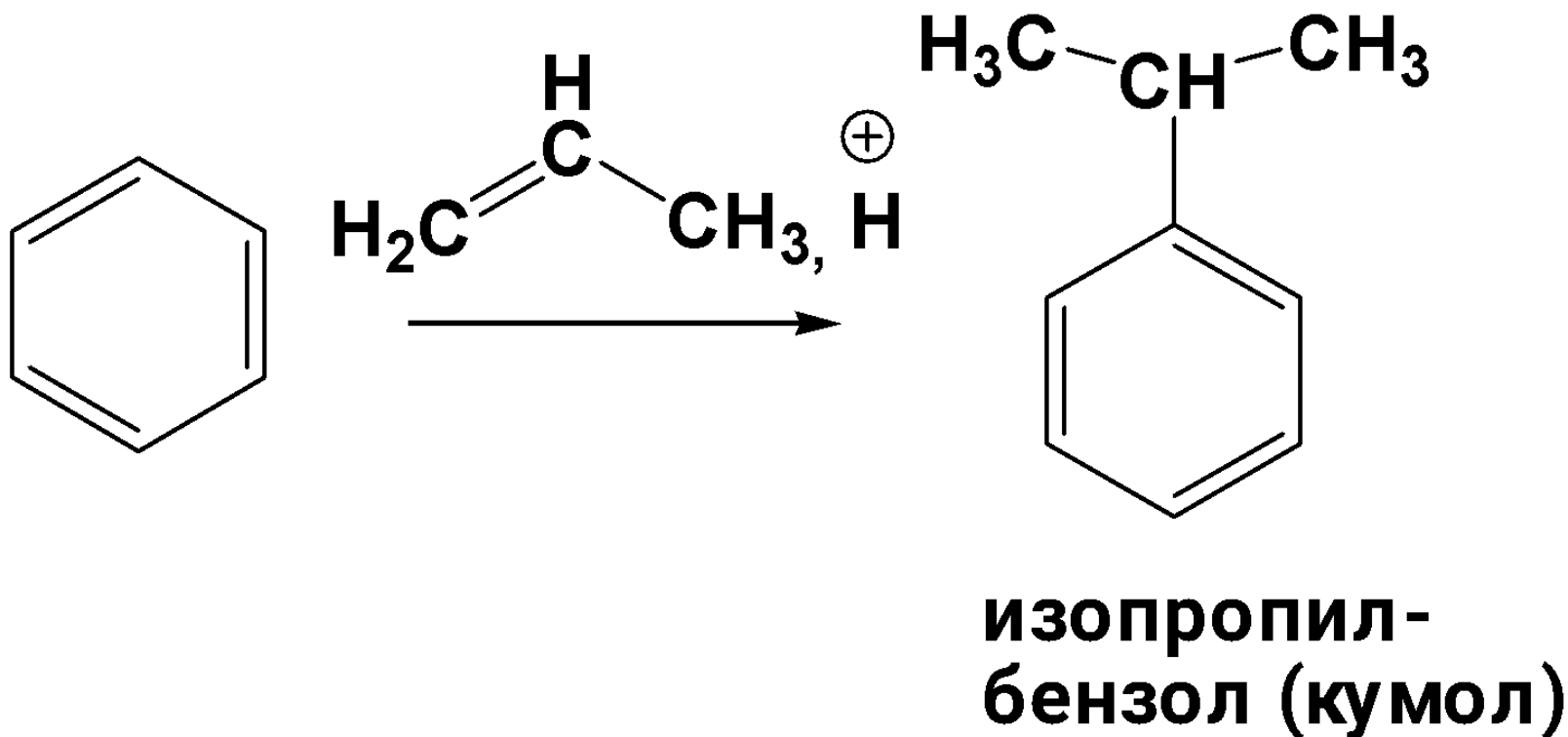
- Механизм: **а) Получение активной кинетической частицы**

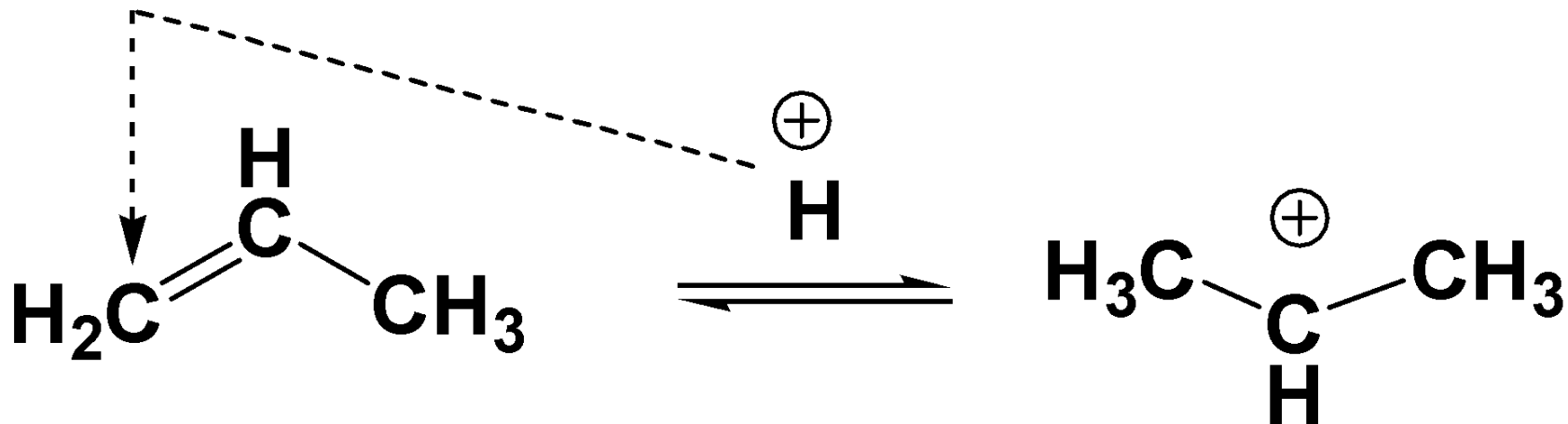


• **Б)**

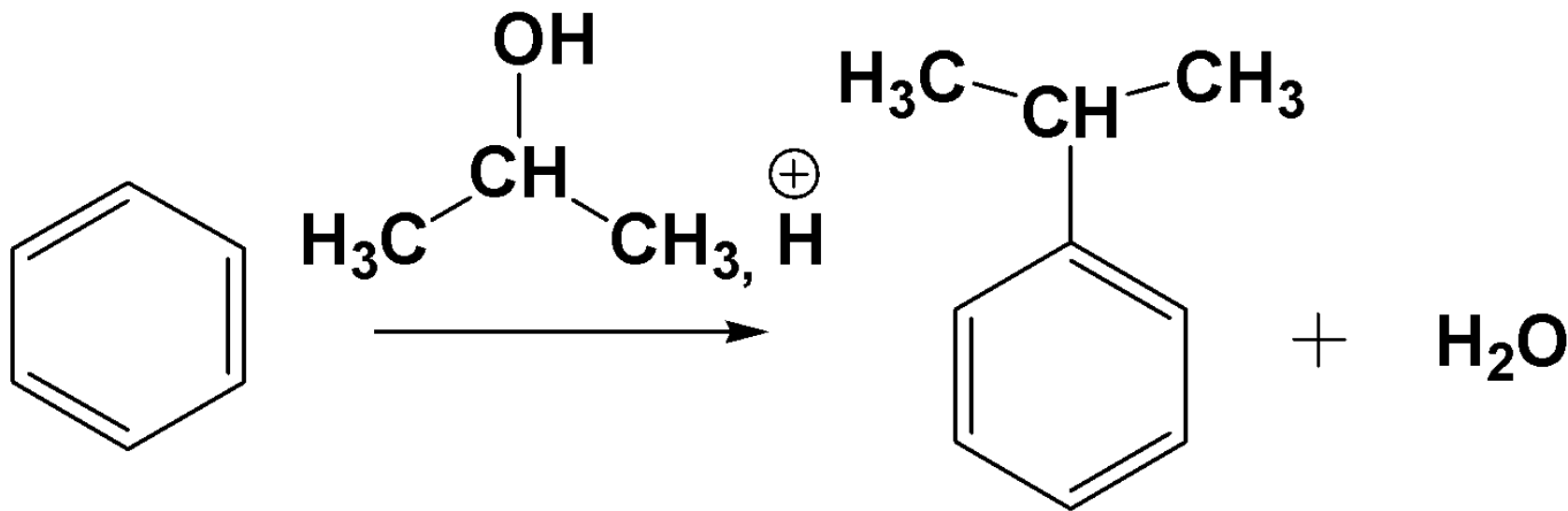


- *Как образуется электрофильная частица, если алкилирование производят алкенами или спиртами в кислой среде?*
- Рассмотрим реакцию получения кумола (изопропилбензола)

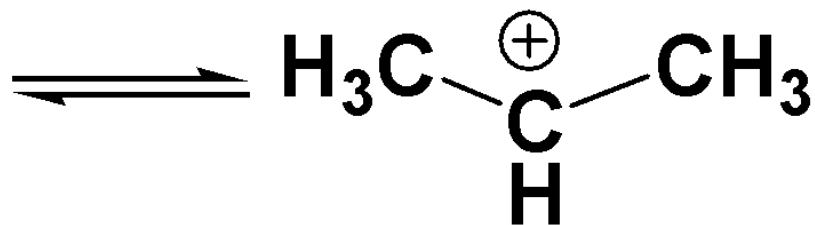
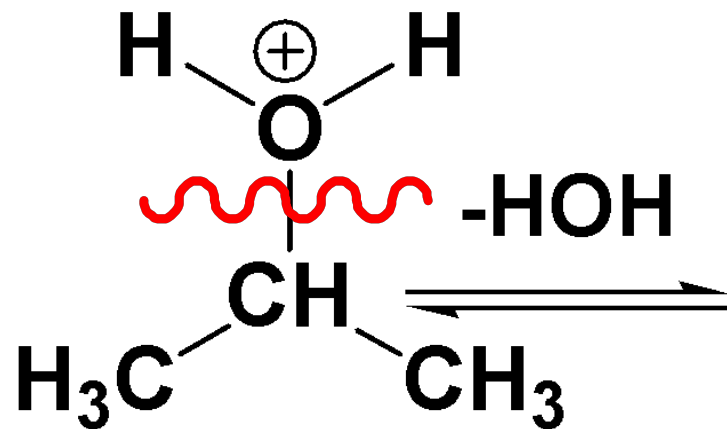
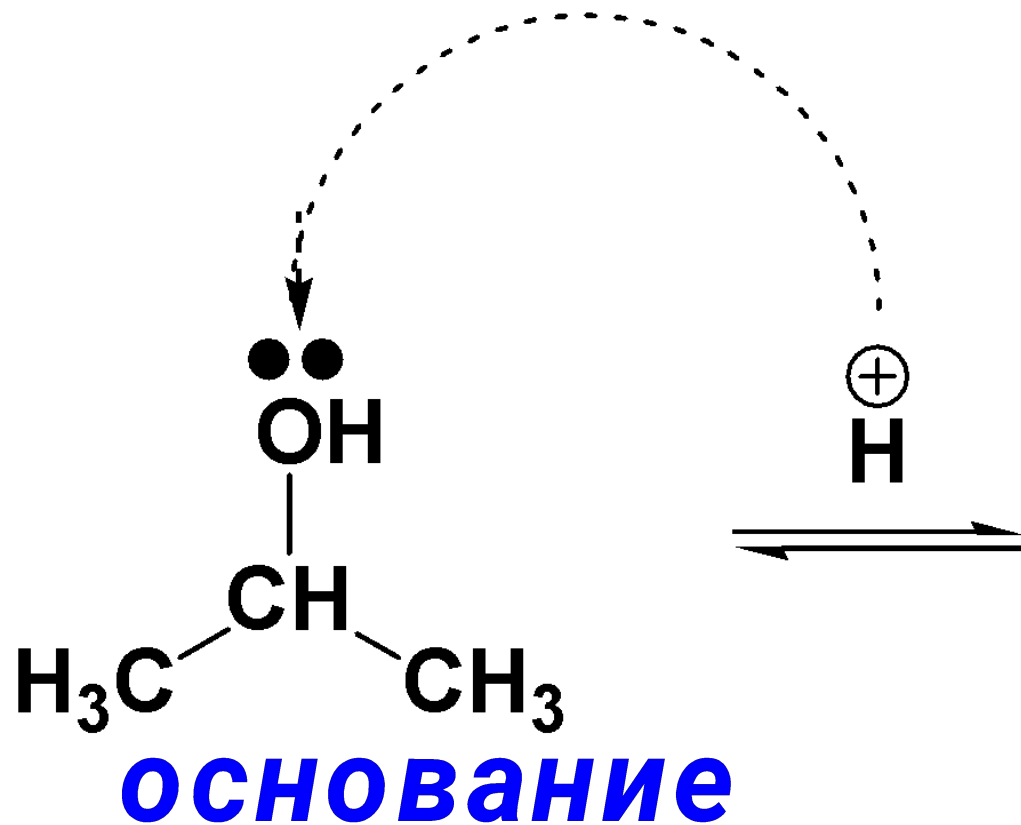




**Если реагентом является спирт,
как, например в приведенной ниже реакции**

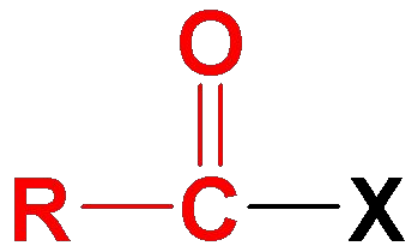


**изопропил-
бензол (кумол)**

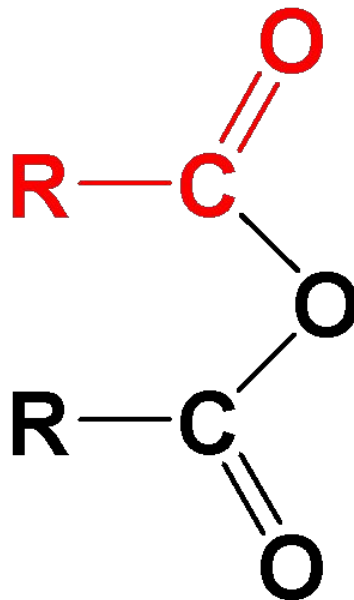


5. Ацилирование

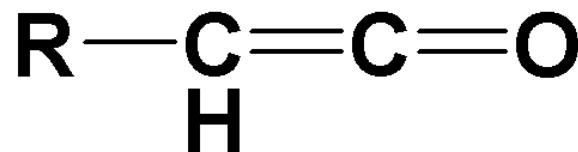
- Р-ция известна как ацилирование по Фриделю-Крафтсу
- Ацилирующими реагентами являются



галогенангидриды
карбоновых К-Т

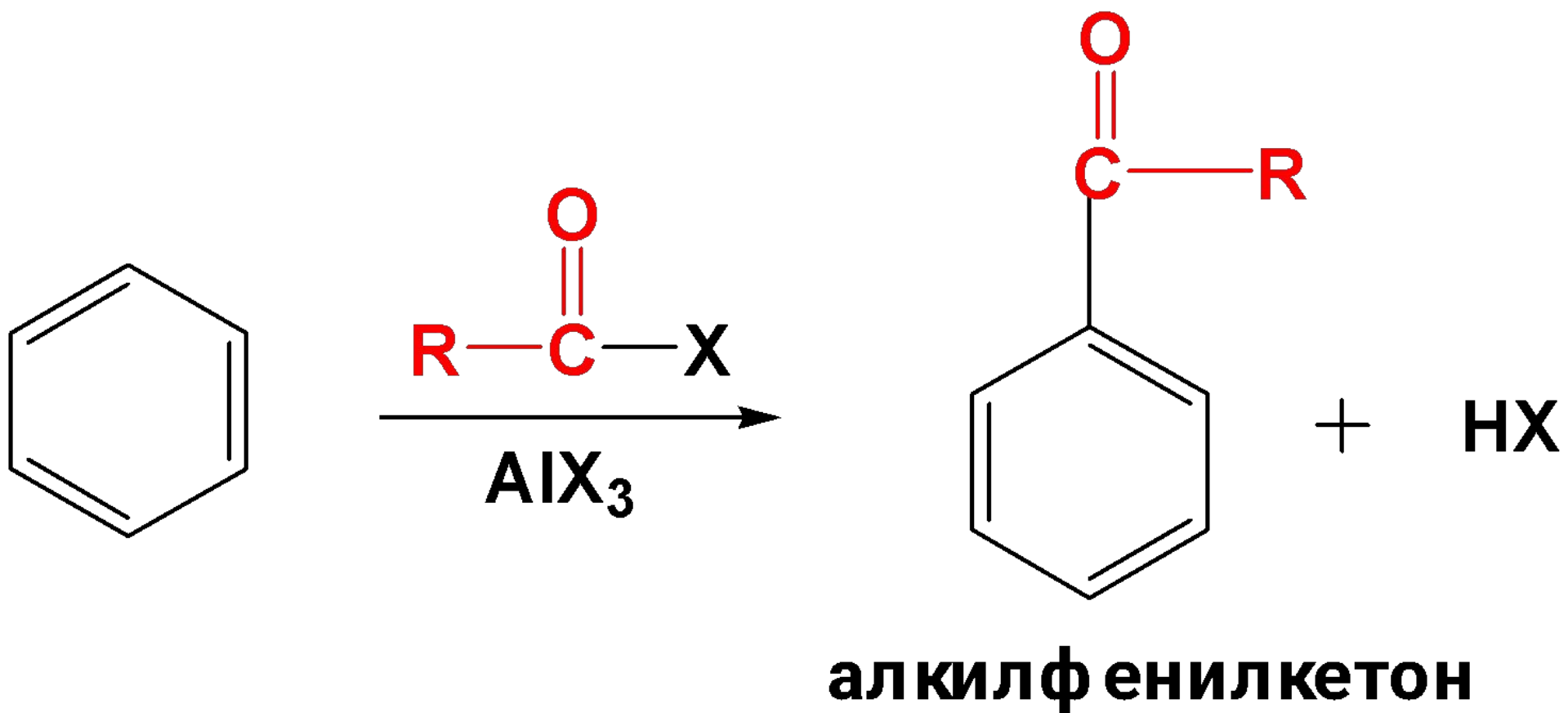


ангидриды
карбоновых К-Т

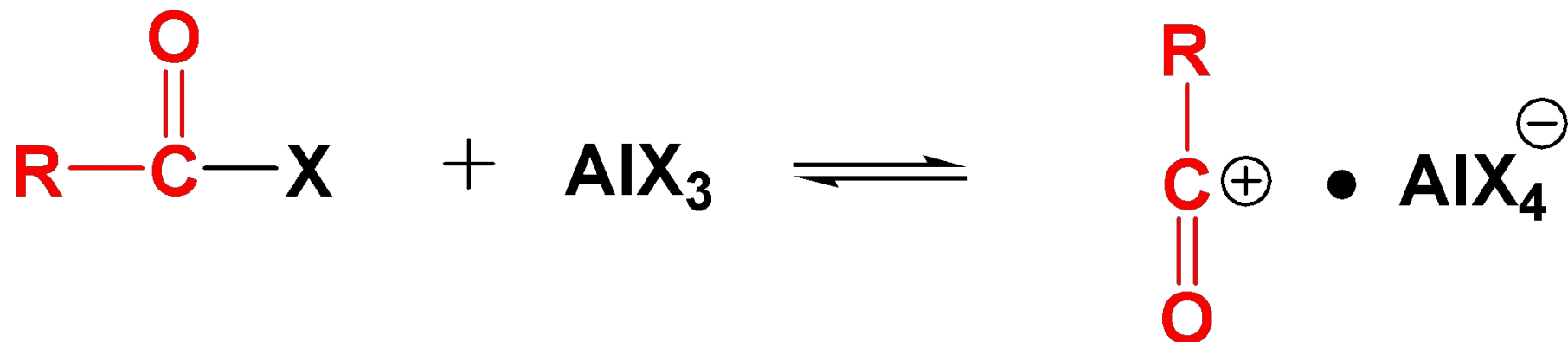
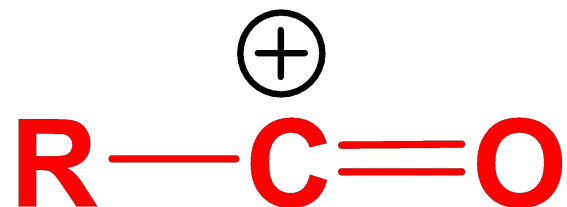


кетены

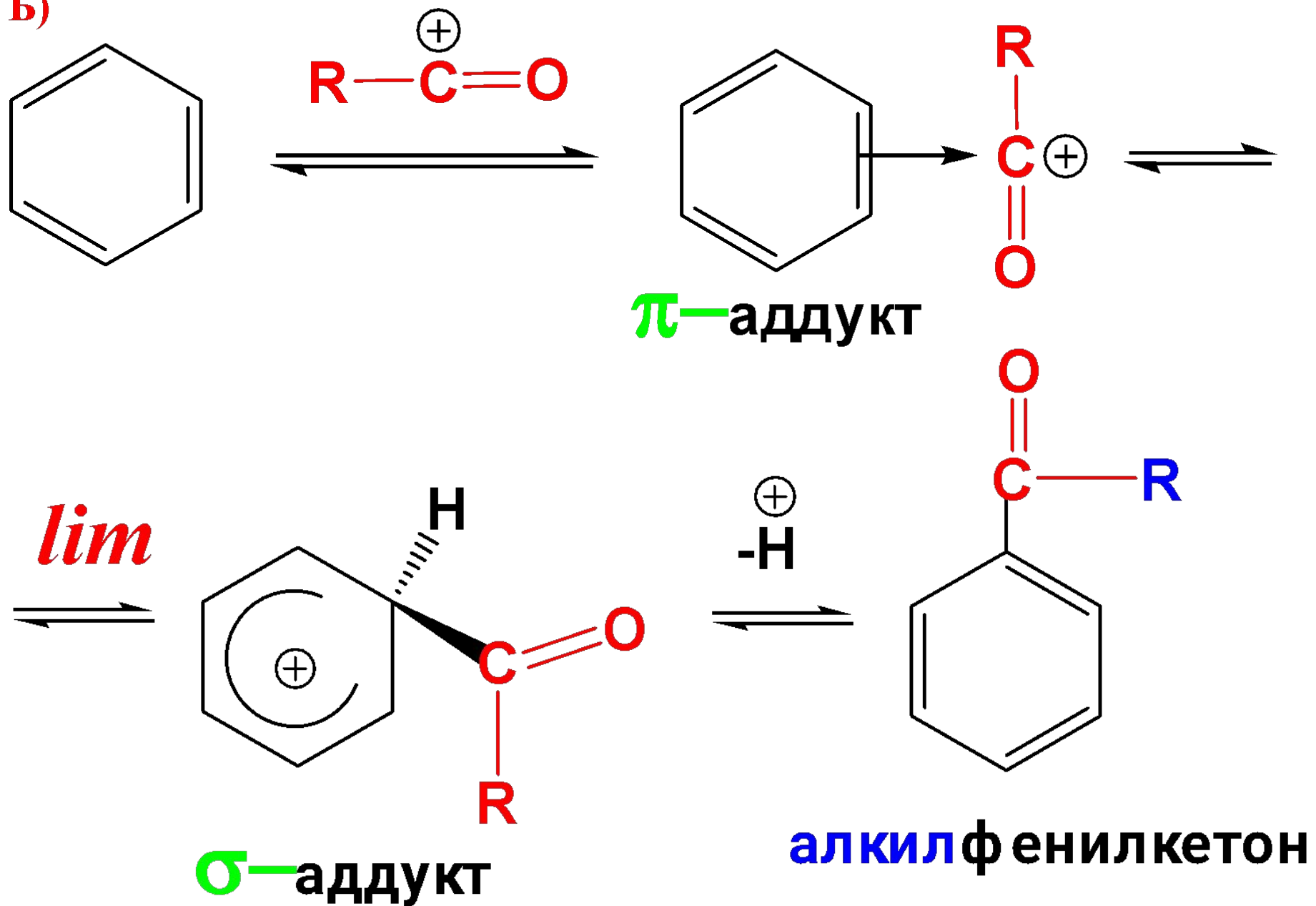
- Уравнение реакции ацилирования



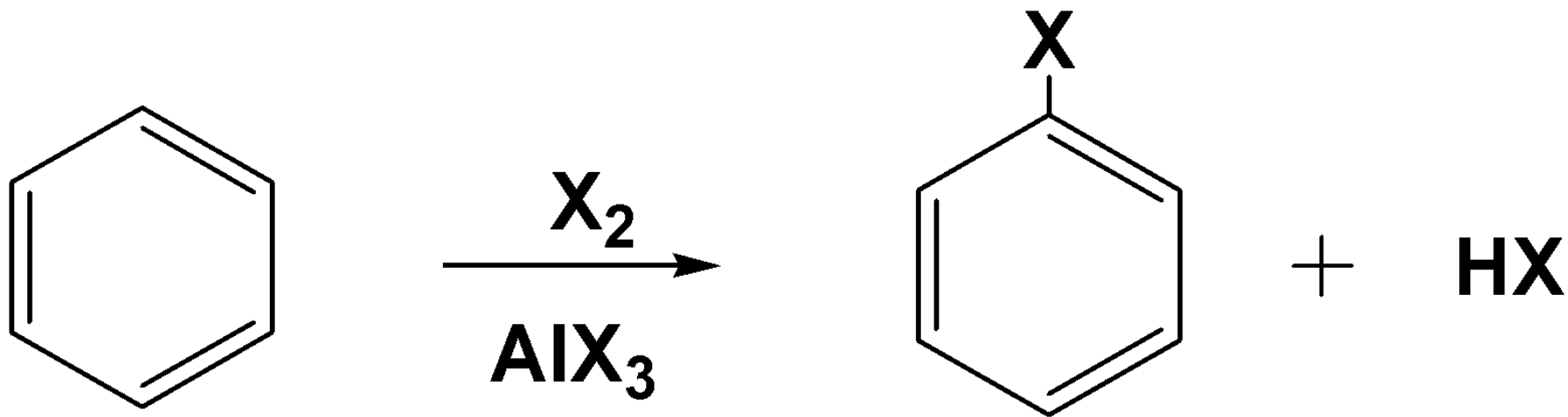
- Механизм:
- **A)** Получение активной кинетической частицы –



Б)



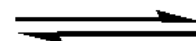
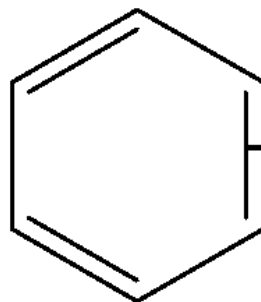
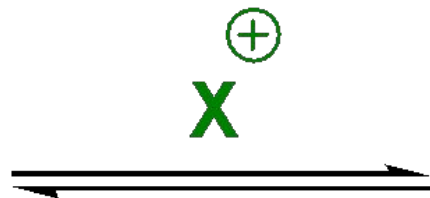
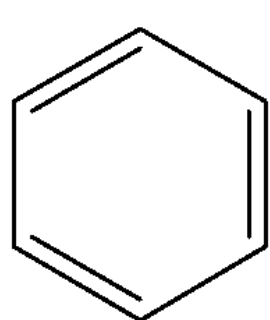
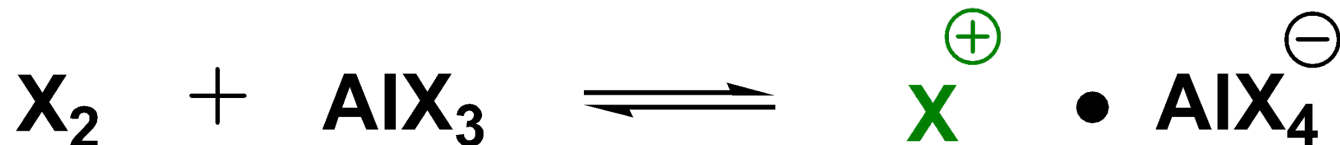
6. Галогенирование



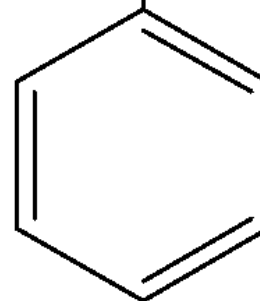
$X = Cl, Br$

• Механизм:

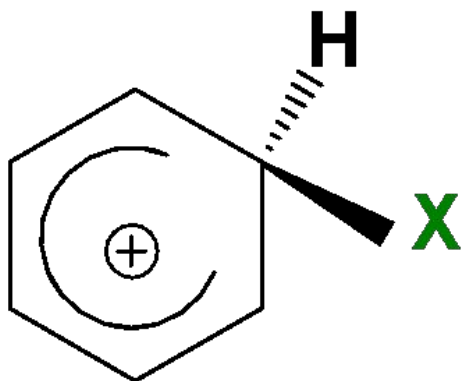
• *Получение активной кинетической частицы*



π -аддукт



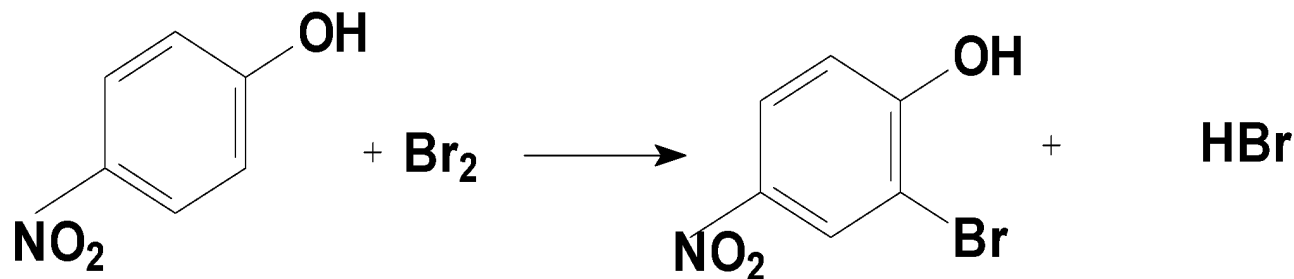
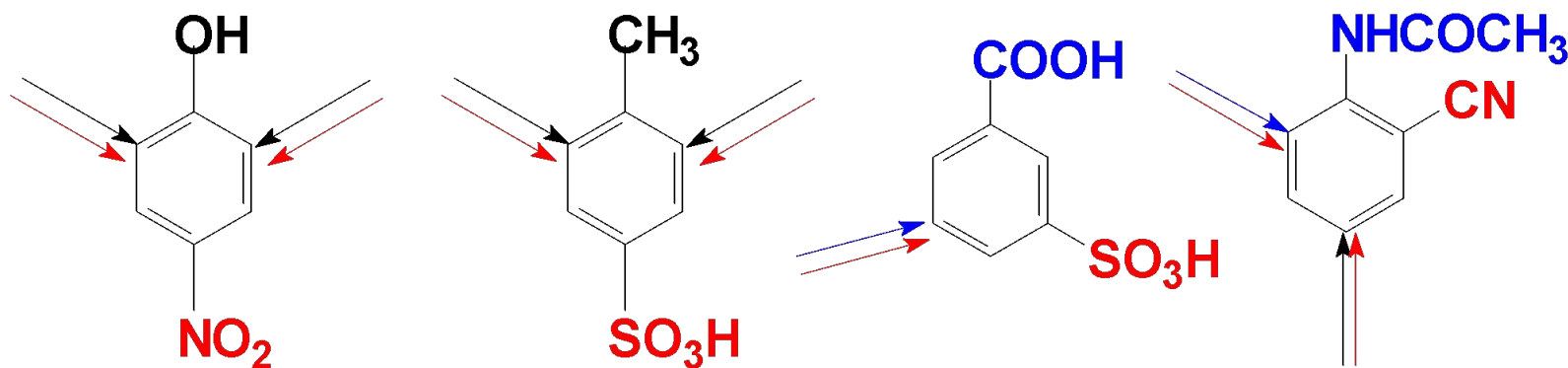
lim



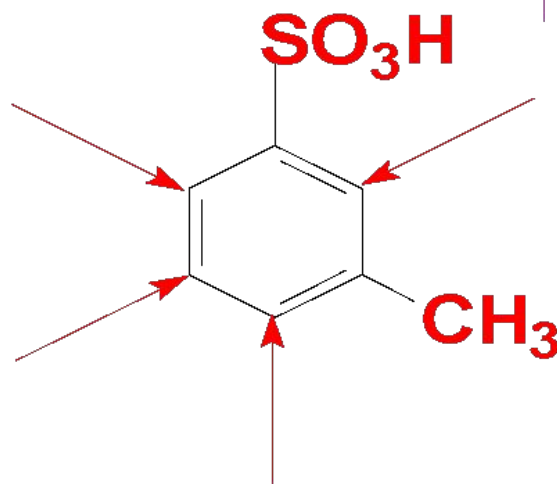
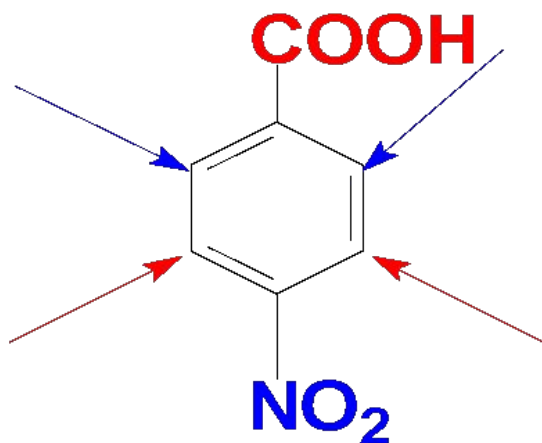
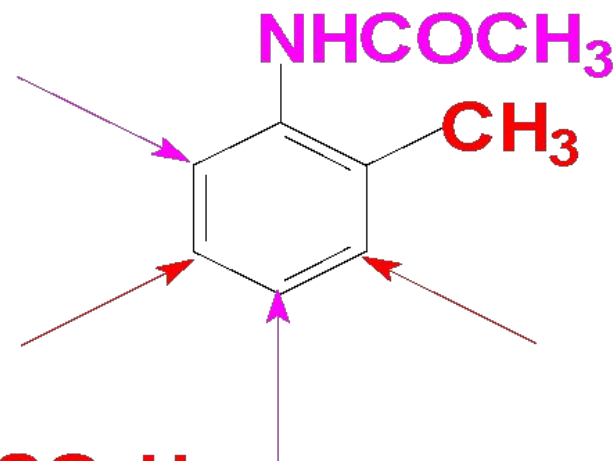
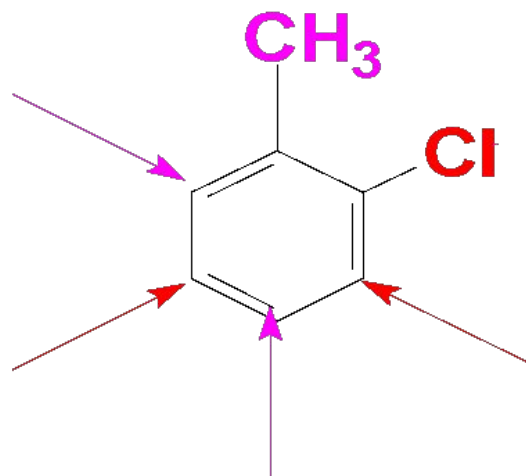
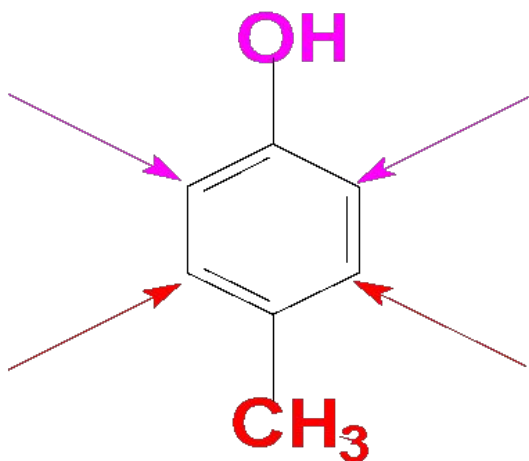
σ -аддукт

Согласованная и несогласованная ориентация (правила ориентации в дизамещенных аренах)

- В дизамещенных производных бензола ориентирующее влияние заместителей будет согласованным, если заместители направляют электрофильный реагент в одни и те же положения АРОМАТИЧЕСКОГО ЦИКЛА. Примеры согласованной ориентации:

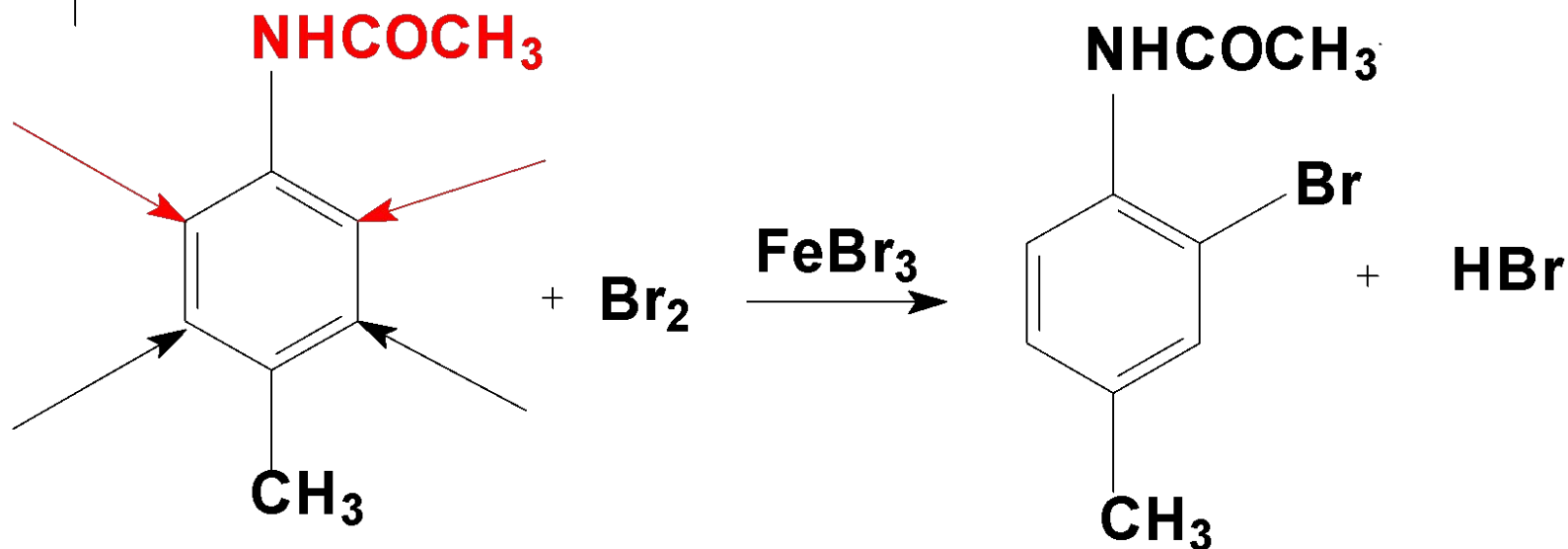
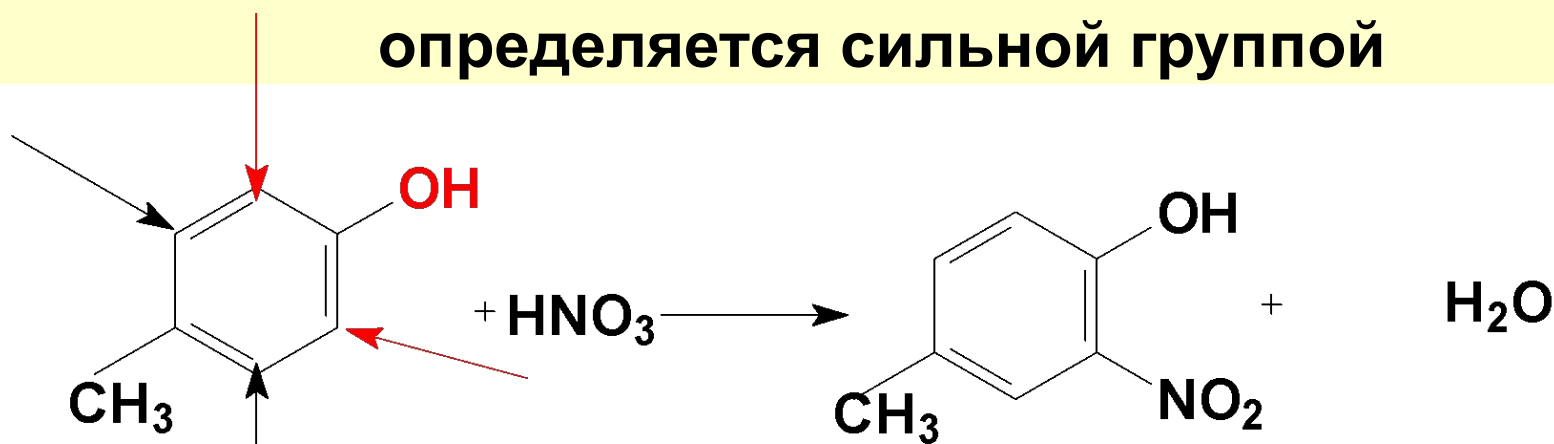


В случае несогласованной ориентации ориентирующее влияние одного заместителя не совпадает по направлению с влиянием другого заместителя:

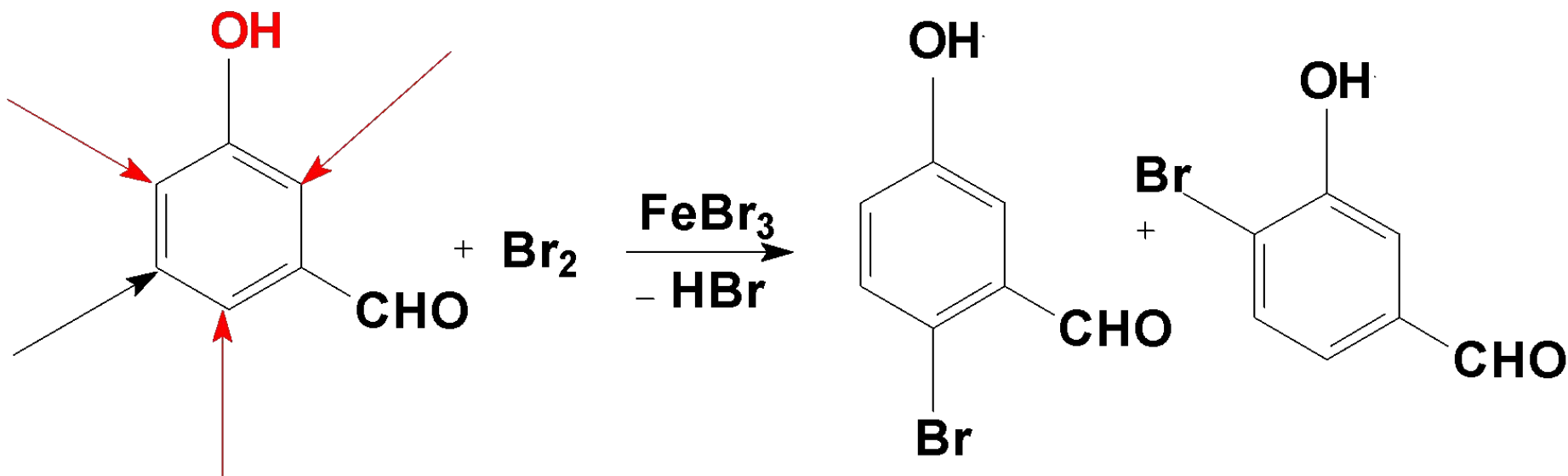


Чтобы предсказать основное направление реакции
ПОМНИТЬ:

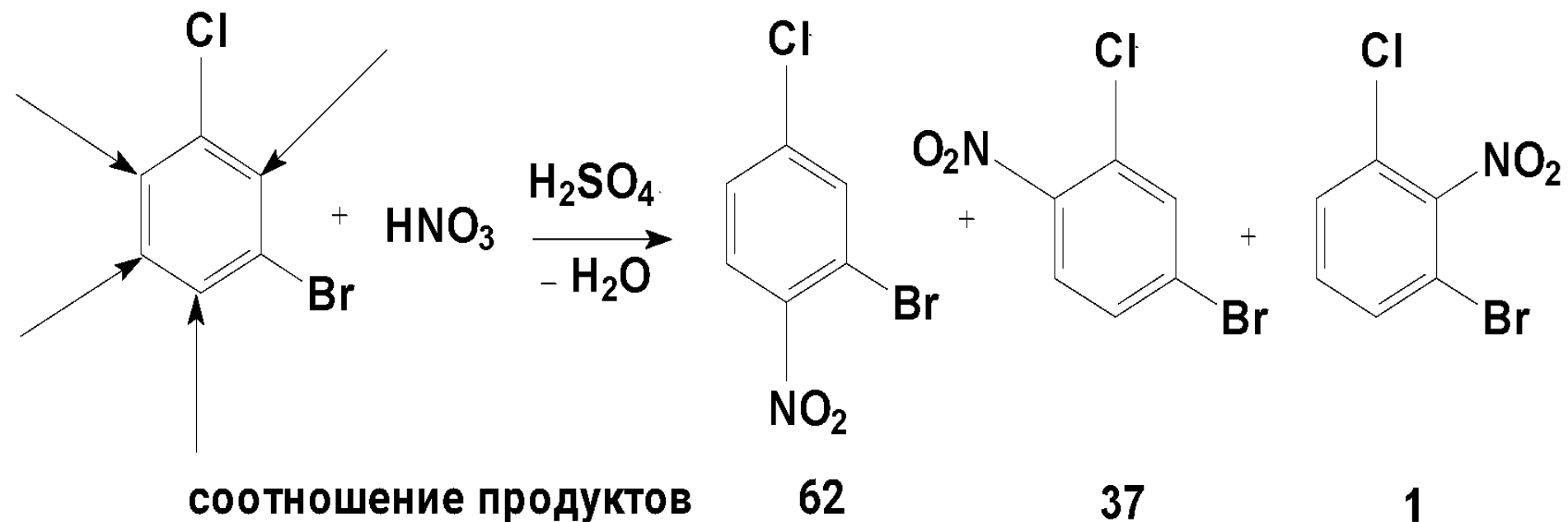
– при наличии сильной(имеет +M) и слабой
активирующих (ЭД) групп, ориентация в основном
определяется сильной группой



— при наличии активирующей (ЭД) и дезактивирующей (ЭА) групп, ориентация электрофильного реагента определяется главным образом в основном активирующей группой:



- Атакующий электрофил, как правило, **не** замещает Н в кольце между двумя заместителями, находящимися в *мета*-положении относительно друг друга (даже если это следует из согласованной ориентации). Атаку электрофила затрудняют стерические препятствия, что особенно важно при наличии объемных заместителей.



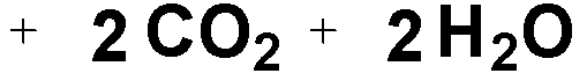
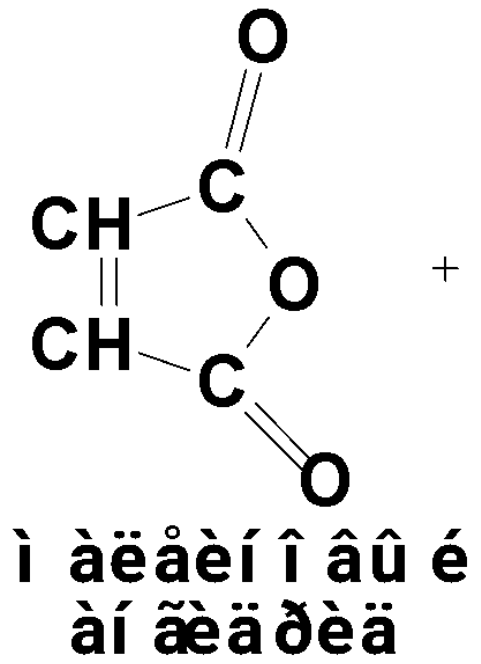
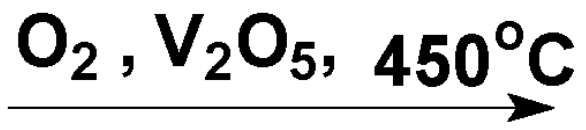
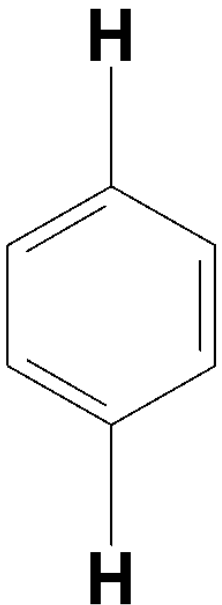
Реакции бензола с нарушением ароматической системы

1. Окисление

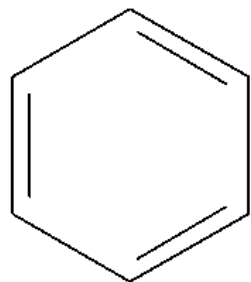
По отношению к действию окислителей бензол

сходен с алканами. На него не действуют конц. HNO_3 , KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в кислой среде.

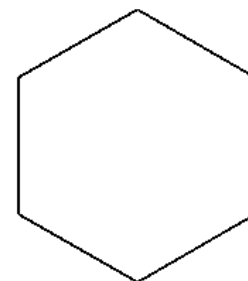
Бензол окисляется O_2 в присутствии V_2O_5 :



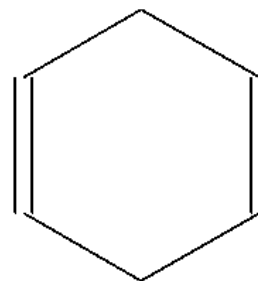
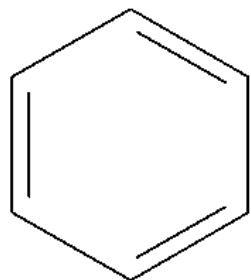
2.Присоединение: а) гидрирование



+

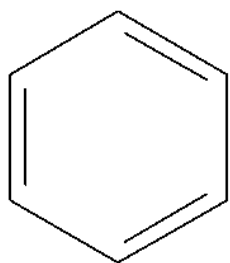


циклогексан



циклогексадиен -1,4

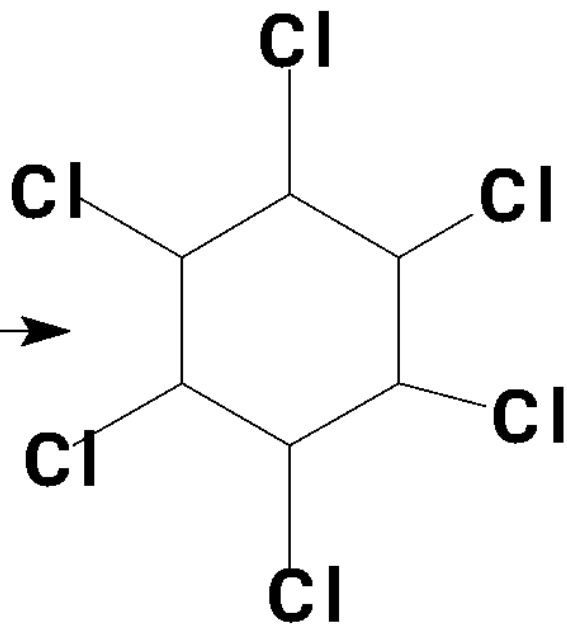
б) Присоединение хлора



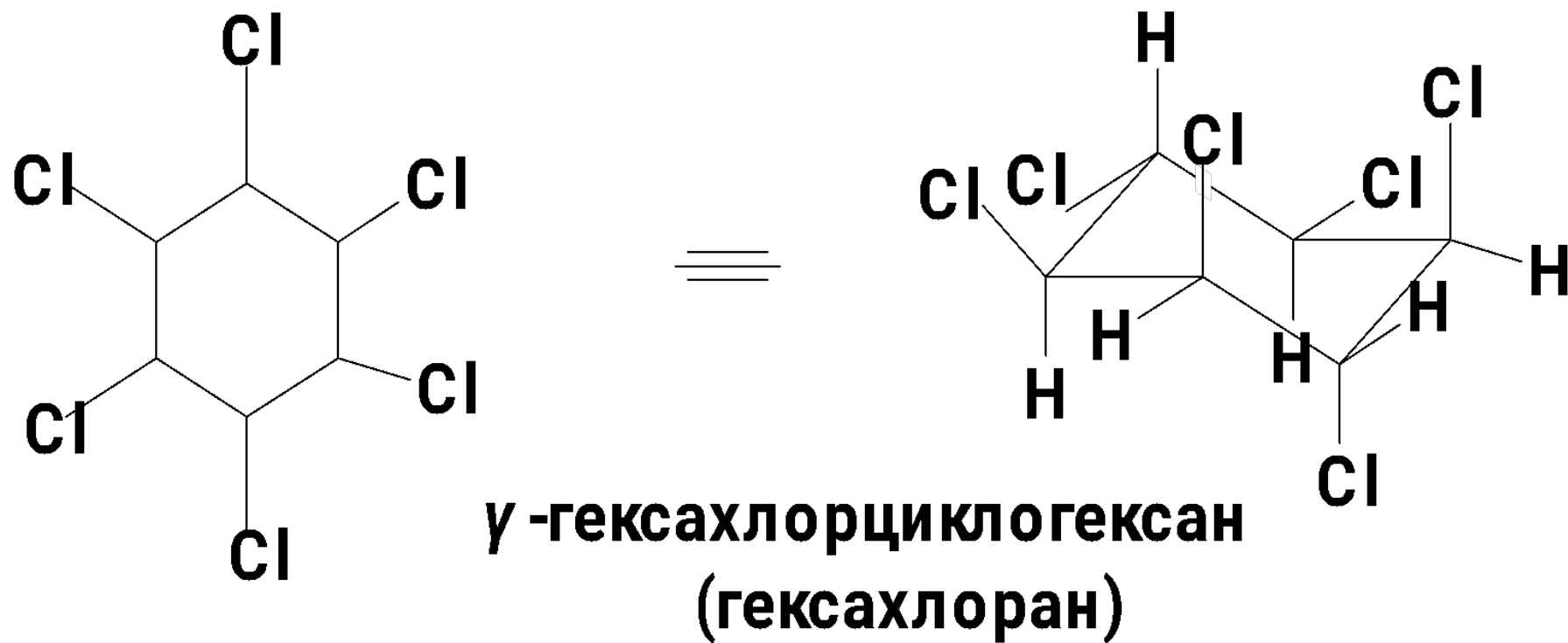
+



$h\nu$



1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексан



Гексахлоран использовался ранее в качестве инсектицида.

Это сильный пищевой и дыхательный яд (10-12г – смертельная доза для мух).

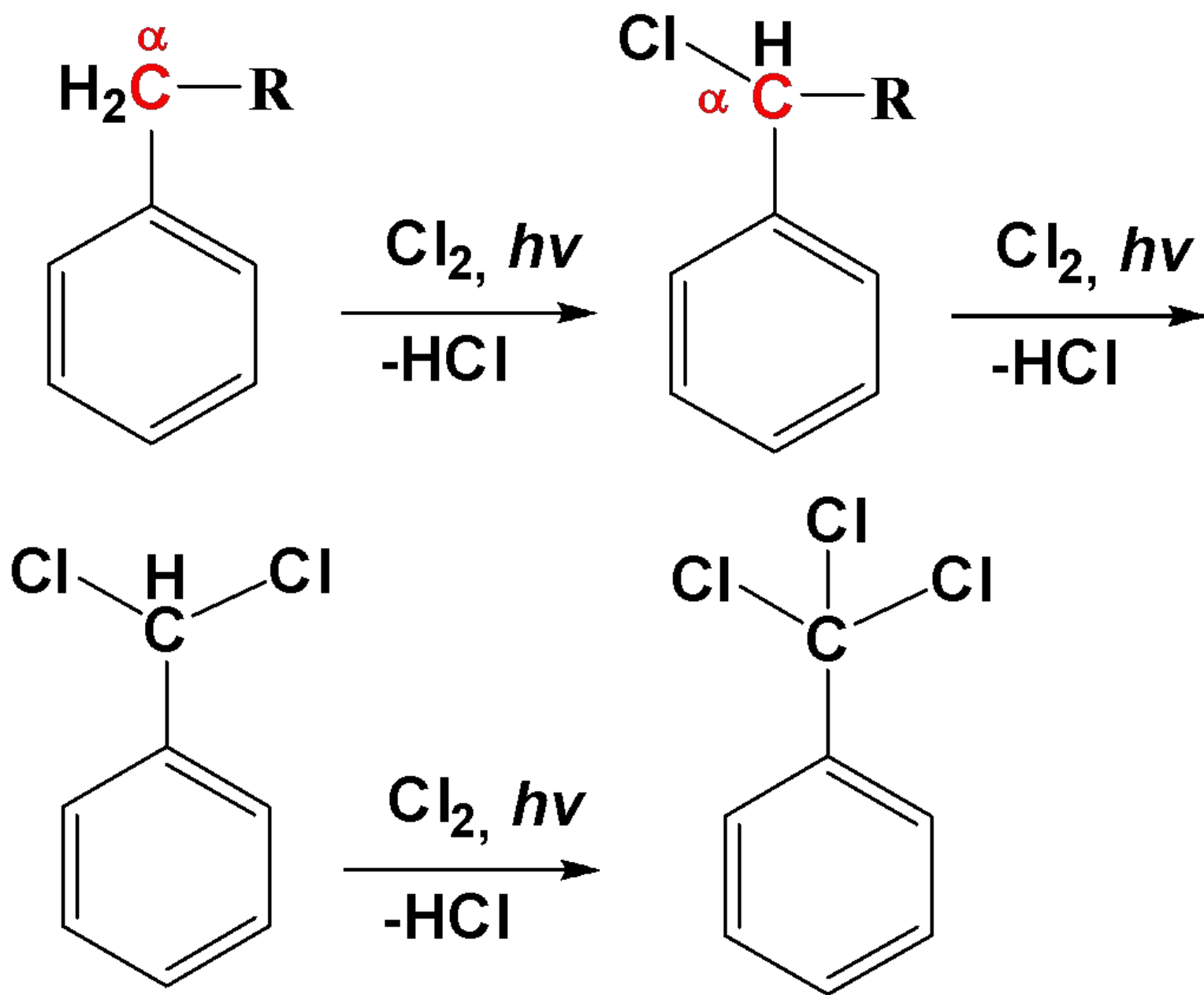
Инсектицидным действием обладает 1 из 9 стереоизомеров гексахлорциклогексана.

Реакции боковых цепей в алкилбензолах

а) Галогенирование (Учебник стр. 214-215).

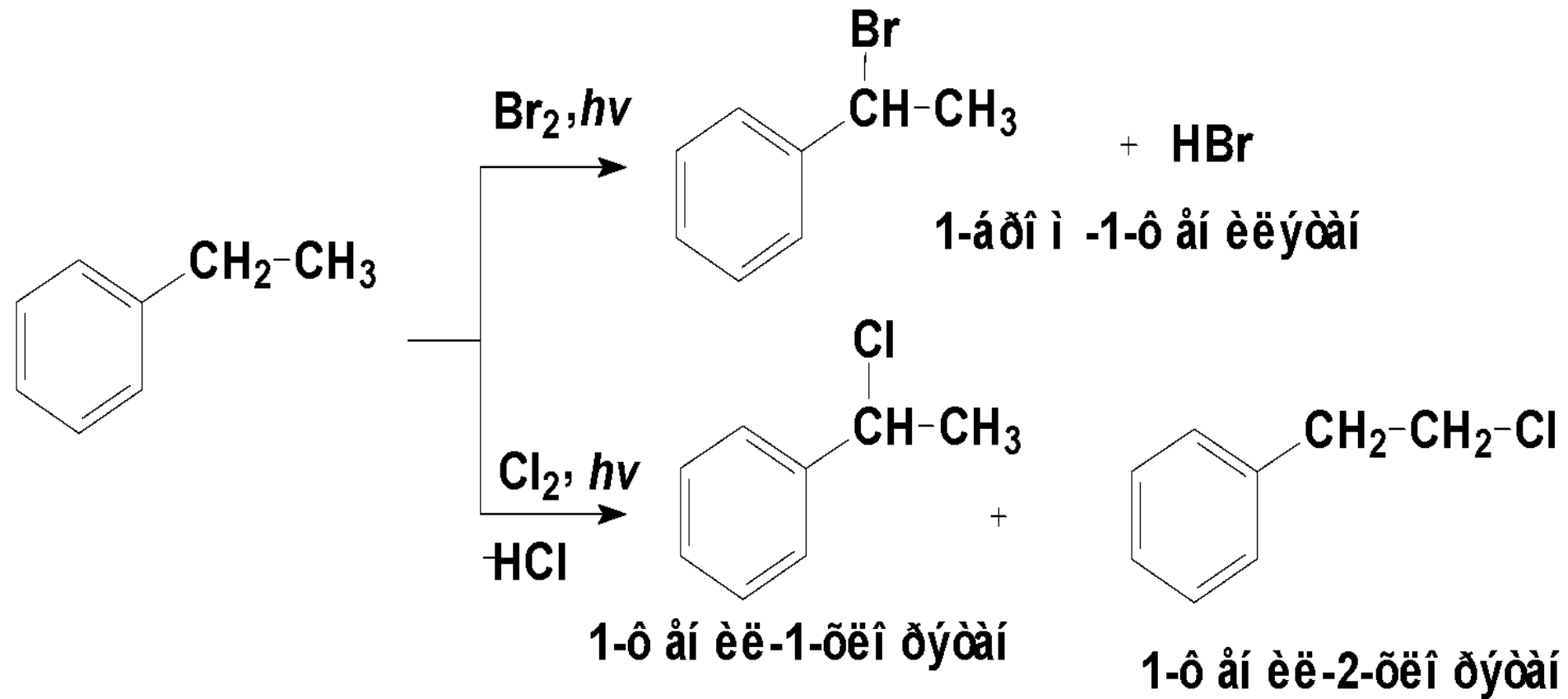
Алкилбензолы вступают в реакции *радикального* хлорирования и бромирования боковой цепи.

- Для инициирования образования радикальных частиц**
- используется освещение ультрафиолетовым светом (фотолиз)**
- или высокие температуры $-450-500^{\circ}\text{C}$ (термолиз).**



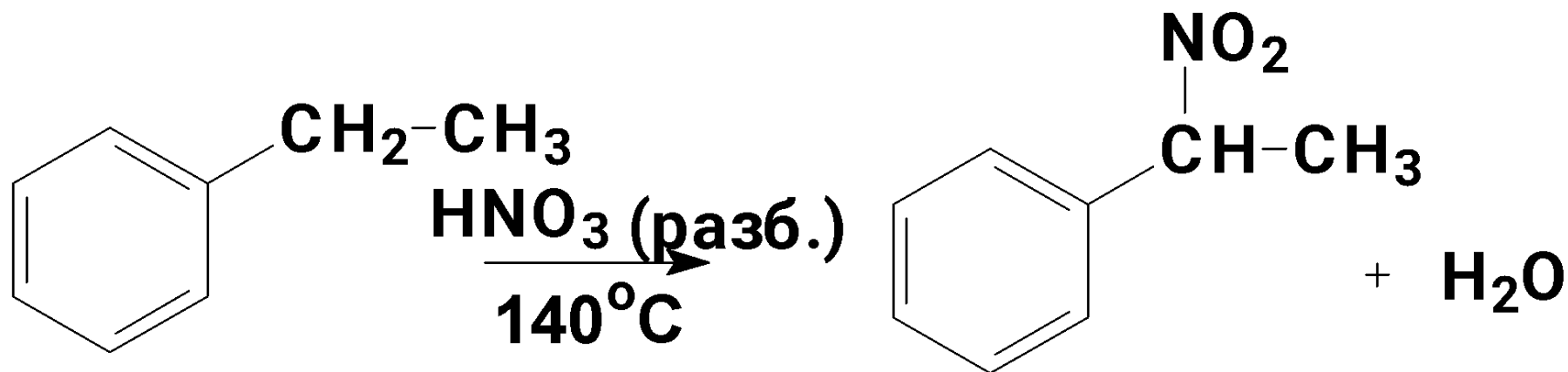
бензотрихлорид

В алкилбензолах с более сложной боковой цепью бромирование идет исключительно, а хлорирование предпочтительно с замещением атома Н у атома С, непосредственно связанного с бензольным кольцом – «бензильных» водородов (α -положение).



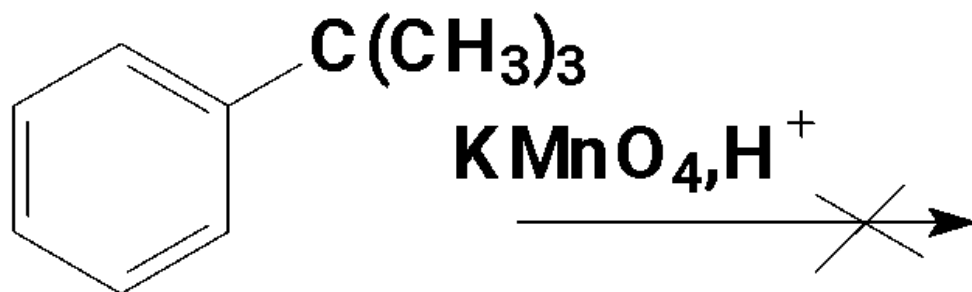
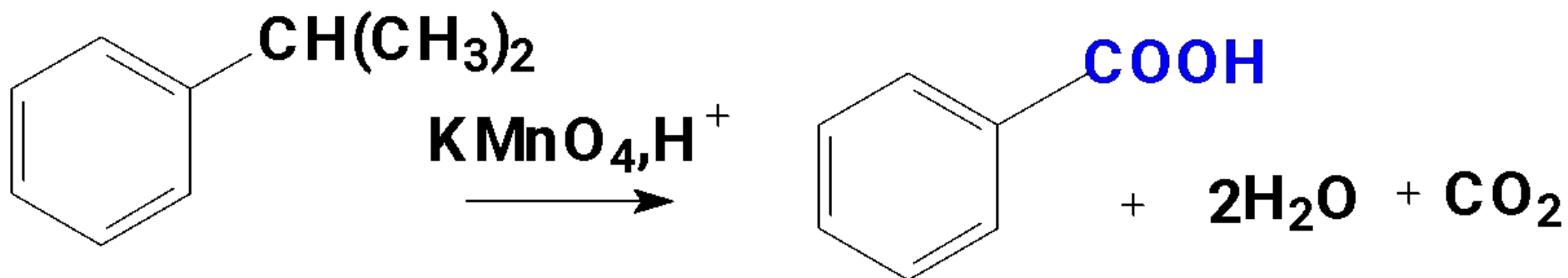
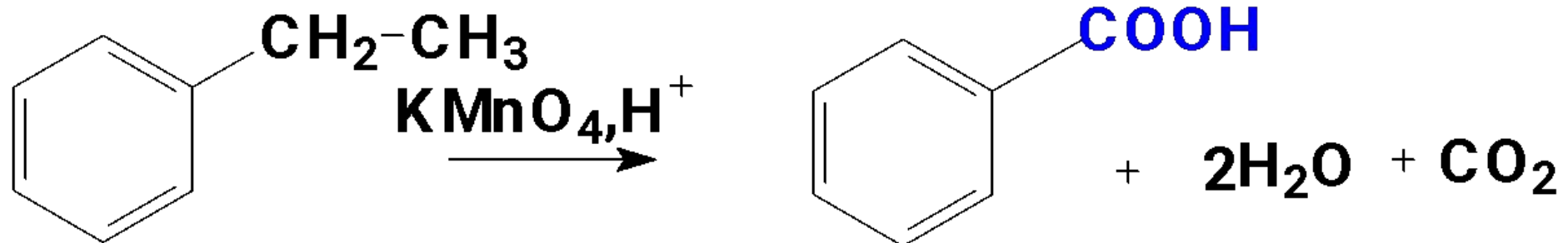
Скорость замещения бензильного Н в 3,3 выше, чем у третичного атома углерода в алканах из-за более низкой $E_{\text{связи}}$ (С-Н бензильной 314 кДж/моль, С-Н третичного 376 кДж/моль), и более высокой стабильностью бензильного радикала.

Нитрование по Коновалову (Учебник стр. 216.).



Окисление БОКОВЫХ ЦЕПЕЙ АРЕНОВ(Учебник стр. 216.).

Алкилбензолы, в которых с бензольным кольцом связана перв- или втор-алкильная группы окисляются (KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Независимо от длины и разветвленности боковой цепи окислению всегда подвергается α -углеродный атом. Третичные алкильные группы, у которых нет α -H практически не окисляются в этих условиях.



Фотохимическая изомеризация бензола

