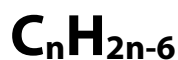


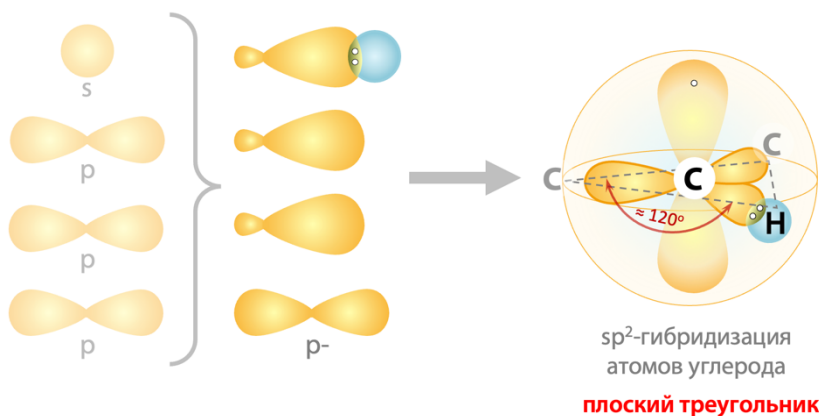


Ароматические углеводороды (арены)

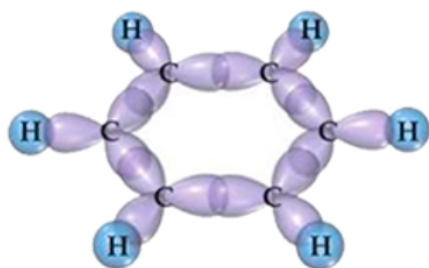
Строение



sp^2 -гибридизация атомов углерода бензольного кольца. Негибридные p -орбитали атомов углерода образуют единое π -электронное облако – ароматическую систему, общую для всех атомов углерода.



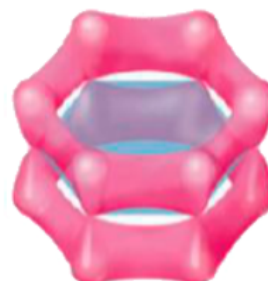
Ароматическая π -система обладает повышенной устойчивостью за счет выигрыша в энергии 150 кДж/моль (энергия стабилизации) по сравнению с аналогичным гипотетическим циклогексатриеном.



Плоскость цикла образована сигма-связями sp^2 -гибридных орбиталей



Негибридные p -орбитали расположены перпендикулярно плоскости цикла



p -орбитали образуют единую сопряженную систему из 6 электронов, π -электронное облако

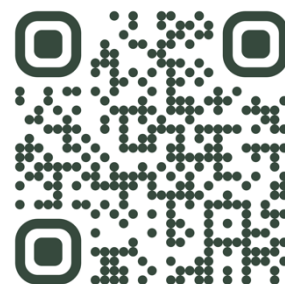


Органика с НУЛЯ до углубленного уровня

- ♥ Разбираем все 17 классов соединений.
- ♥ Короткие видео, конспекты PDF и тесты.
- ♥ Открытые вебинары каждый понедельник.



stepenin.ru/courses/organic10



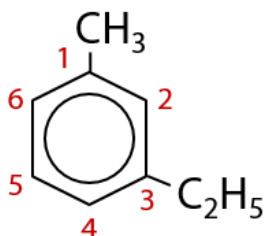


Физические свойства

Бензол – бесцветная летучая жидкость с неприятным запахом. Бензол и его пары ядовиты. Ароматические углеводороды не растворяются в воде. Их плотность меньше, чем у воды, и они собираются в слой **над** поверхностью воды.

Гомологический ряд и номенклатура

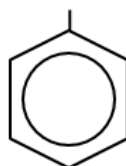
Углеводородные заместители перечисляются по алфавиту. Заместители должны иметь наименьшие из возможных номеров (положений в бензольном кольце).



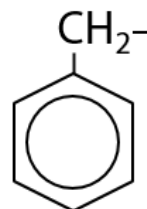
Правильно: 1-метил-**3**-этилбензол

Неправильно: 1-метил-**5**-этилбензол

Одновалентный радикал бензола C_6H_5- называется **фенил**. Радикал метилбензола называется **бензил**. Не путайте!

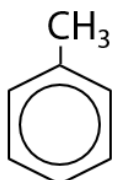


Фенил



Бензил

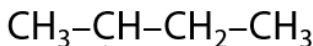
Примеры названий гомологов бензола:



Метилбензол,
Фенилметан,
Толуол



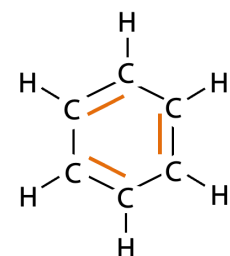
Изопропилбензол,
2-фенилпропан,
Кумол



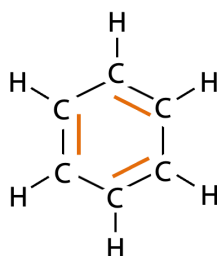
2-фенилбутан

Будьте аккуратны при записи формулы бензола. Возможны следующие варианты:

Формулы Кекуле

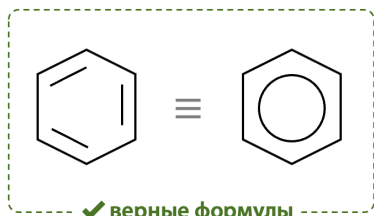
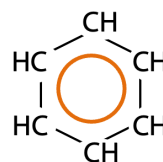


≡



≡

Формула Полинга



✓ верные формулы



✗ а это неверно

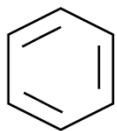


Изомерия

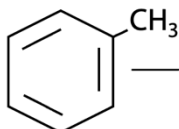


Есть ли изомеры у бензола и толуола?

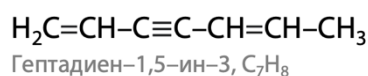
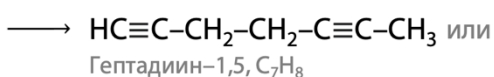
Уточнение: среди аренов или межклассовые?



Бензол, C_6H_6



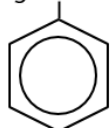
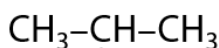
Толуол, C_7H_8



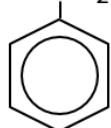
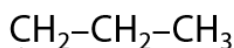
Только межклассовые
изомеры!

Для других гомологов бензола характерна структурная изомерия в пределах одного класса:

1. Изомерия строения заместителя:

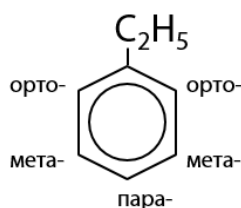
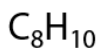


Изопропилбензол,
2-фенилпропан

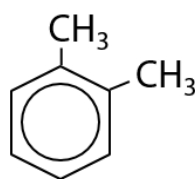


Пропилбензол,
1-фенилпропан

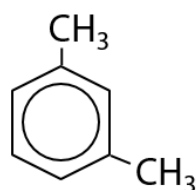
2. Изомерия положения заместителей в цикле:



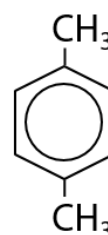
Этилбензол



1,2-диметилбензол,
Орто-диметилбензол,
Орто-ксилол



1,3-диметилбензол,
Мета-диметилбензол,
Мета-ксилол



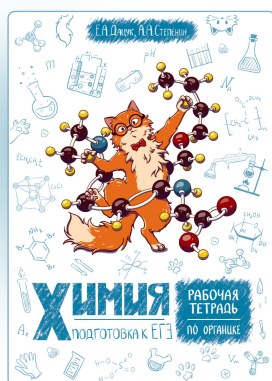
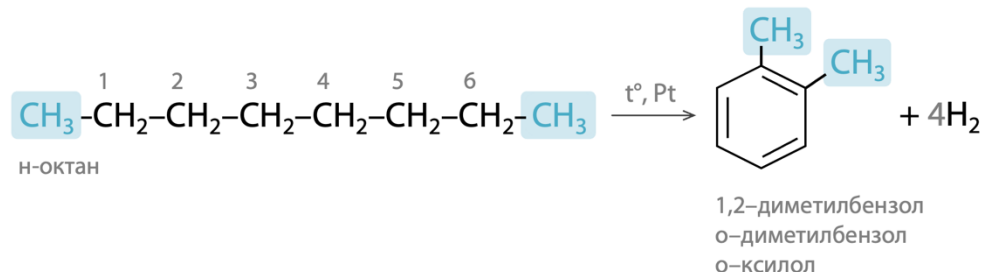
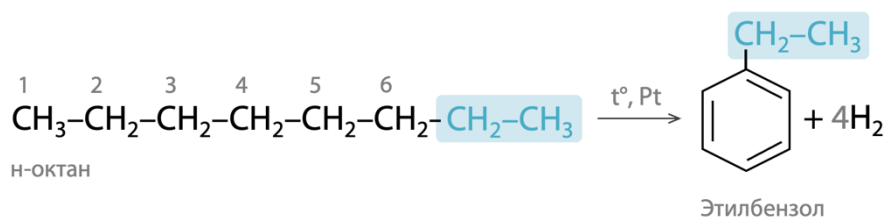
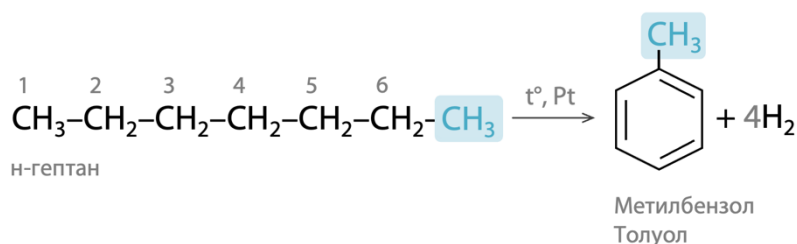
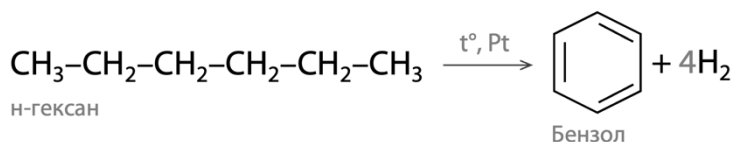
1,4-диметилбензол,
Пара-диметилбензол,
Пара-ксилол



Получение

В промышленности

1. **Дегидроциклизация алканов.** Катализатор Pt, Pd, Ni или Cr₂O₃. Отщепление от алкана с шестью и более атомами углерода в главной цепи четырех молекул водорода с замыканием цикла из шести атомов углерода и его дегидрирование с получением ароматической системы:



Рабочая тетрадь. Органика: с теорией и заданиями

- ♥ 180 цветных страниц А4 на пружине.
- ♥ Все классы веществ и инфографики.

stepenin.ru/book-organic

1474268669

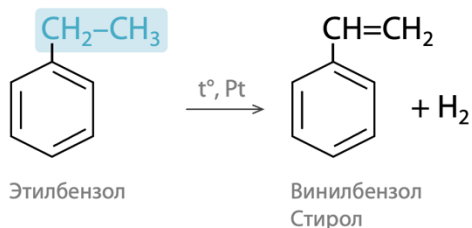


217800681

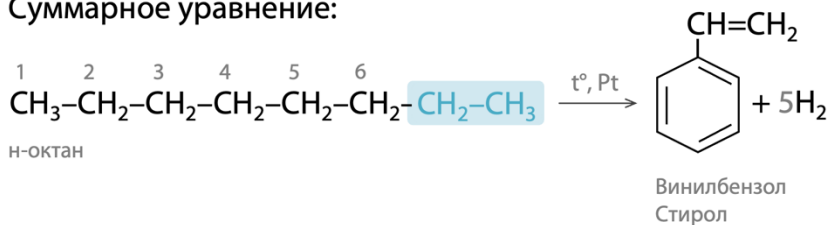




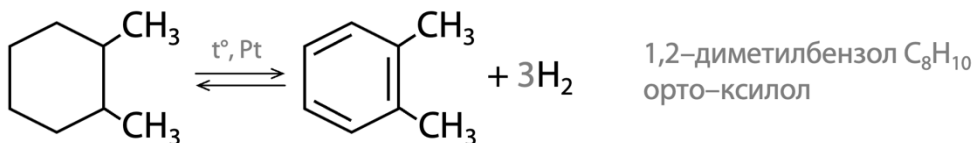
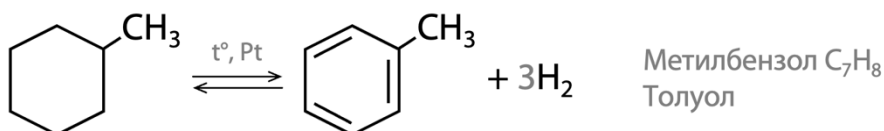
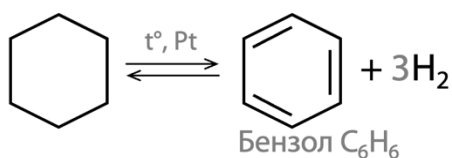
Особенный случай – получение стирола при дегидрировании октана или этилбензола:



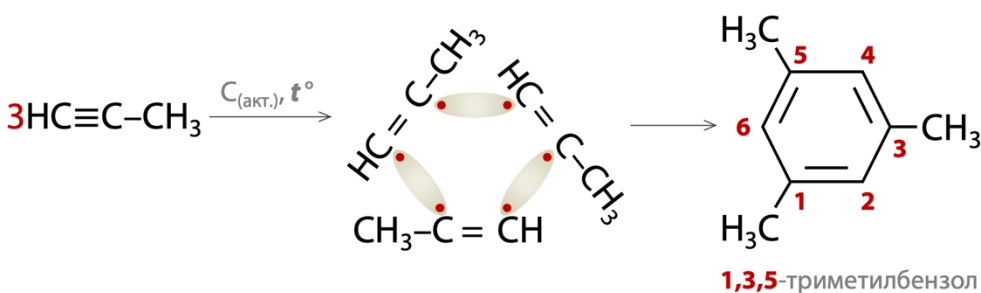
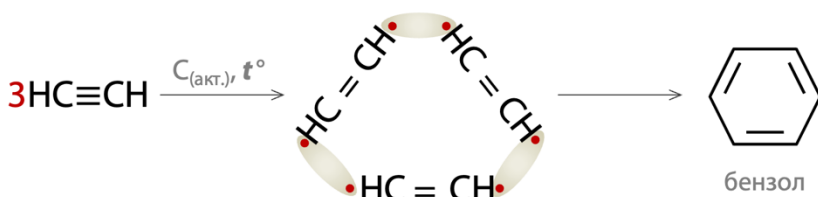
Суммарное уравнение:



2. Дегидрирование циклоалканов. Катализатор Pt, Pd, Ni или Cr₂O₃.



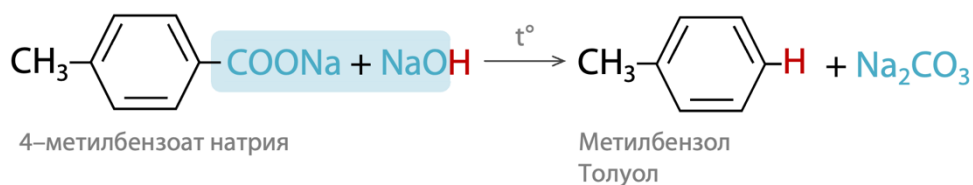
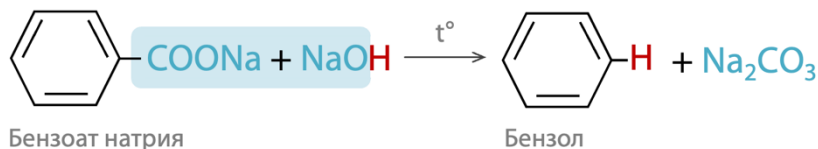
3. Циклотримеризация ацетилена (или пропина). Катализатор – активированный уголь.



В лаборатории

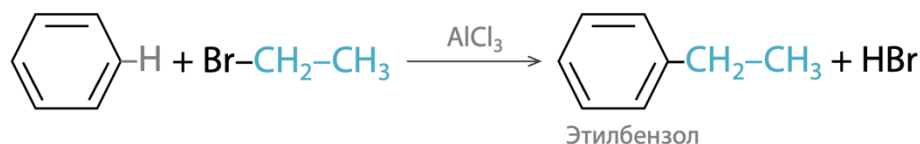
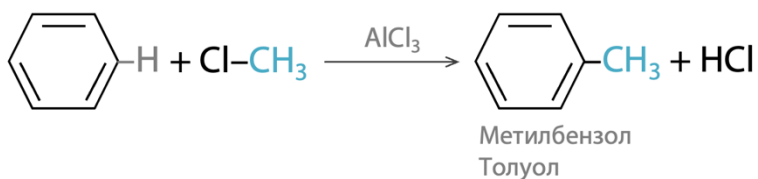
Получение бензола:

1. **Сплавление** солей бензойной кислоты (или ее гомологов) с твердыми щелочами. Аналог реакции Дюма. Используются исключительно твердые соль и щелочь, их сплавляют:

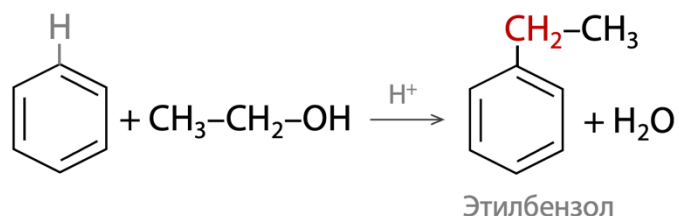
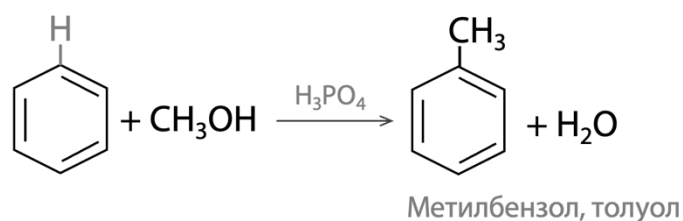


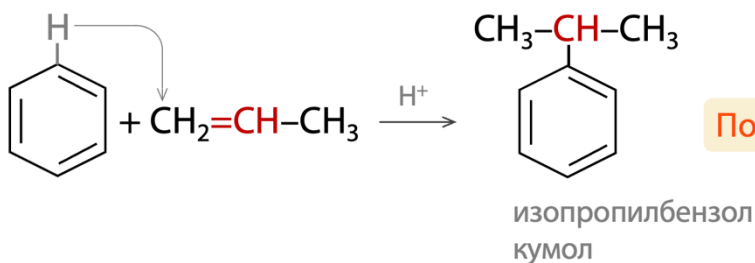
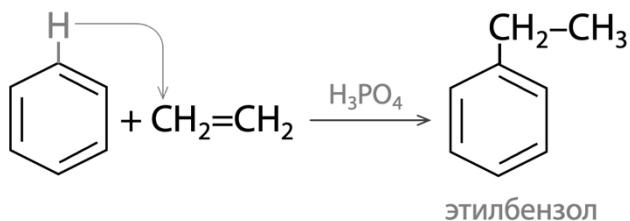
Получение гомологов бензола:

2. **Алкилирование бензола, реакция Фриделя-Крафтса.** Катализатор AlCl_3 , нагревание.
а) с галогеналканами:

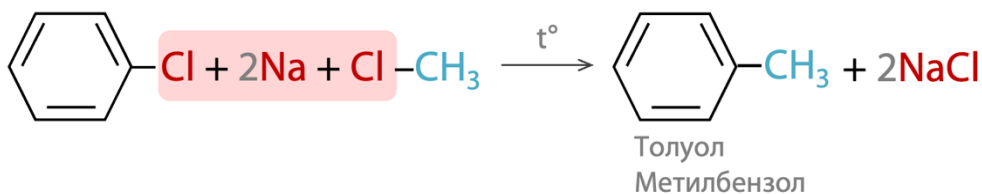


- б) со спиртами:



3. **Алкилирование алкенами.** Катализатор AlCl_3 или H^+ , нагревание.

По правилу Марковникова 🥕

4. **Реакция Вюрца-Фиттига.** Аналог реакции Вюрца (см. конспект «Алканы»), но с ароматическими галогенпроизводными, в данном случае – с монохлорбензолом.

Эта реакция осложняется образованием дополнительных продуктов – этан, дифенил – за счет удваивания углеводородных фрагментов галогенпроизводных.

**Задача 33. Углеводороды**stepenin.ru/hydrocarbons-book

- ♥ все типы задач по углеводородам
- ♥ 50 лучших номеров с ответами
- ♥ 60 страниц формата A5
- ♥ можешь встретить на ЕГЭ

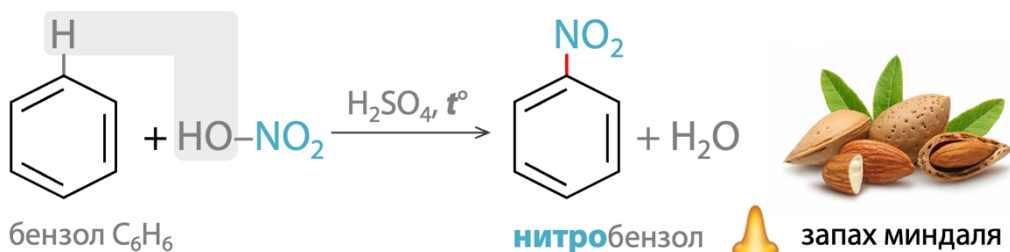




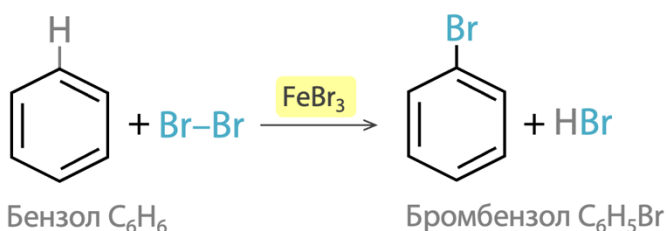
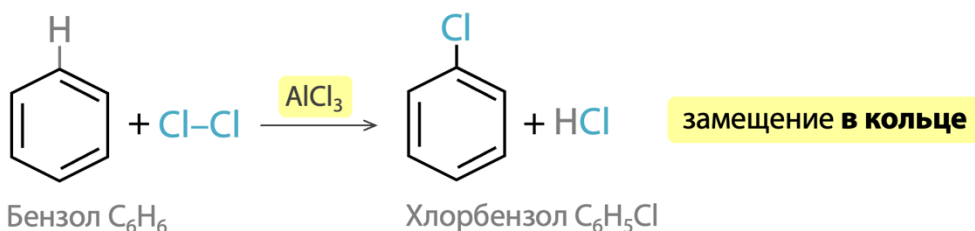
Химические свойства бензола

Реакции замещения (ионный механизм реакции)

1. **Нитрование.** Концентрированные HNO_3 и H_2SO_4 («нитрующая смесь»), нагревание. Нитробензол – тяжелая желтоватая жидкость с запахом горького миндаля. Качественная реакция.



2. **Галогенирование.** Катализаторы FeBr_3 (при бромировании) или AlCl_3 (при хлорировании), нагревание. Используется **не бромная вода**, а жидкий бром. Бромбензол – тяжелая жидкость.



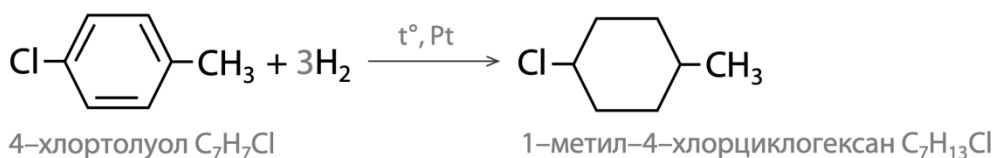
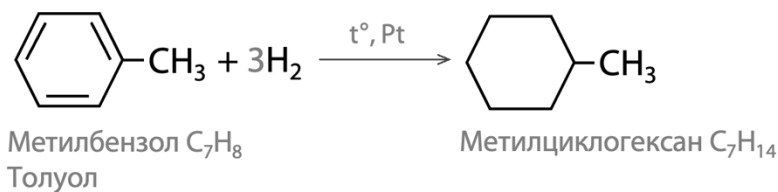
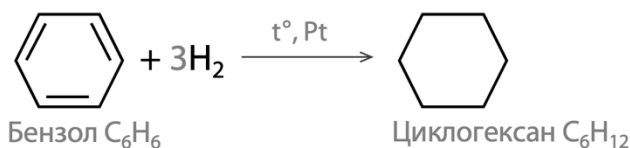
3. **Алкилирование, реакция Фриделя-Крафтса.** Катализатор AlCl_3 , нагревание. См. «Способы получения гомологов бензола»
4. **Алкилирование под действием алкенов.** Катализатор AlCl_3 или H_3PO_4 , нагревание. См. «Способы получения гомологов бензола».



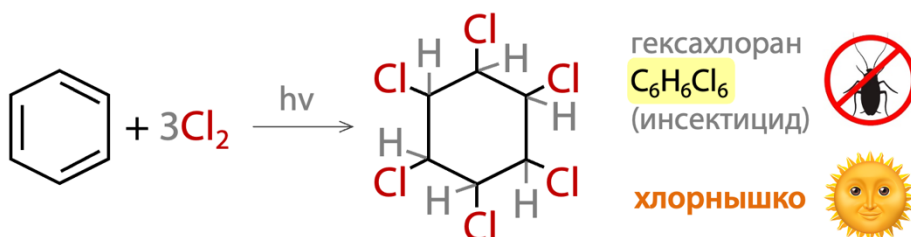
Реакции присоединения

Разрушение π -электронной системы в жестких условиях.

1. **Гидрирование.** Катализатор Pt, Pd, Ni или Cr_2O_3 .



2. **Хлорирование.** Условия проведения – ультрафиолетовое излучение, свет ($h\nu$).



Реакции окисления

Реакции неполного окисления бензола в ЕГЭ не встречаются. Но на воздухе он горит коптящим пламенем. В избытке кислорода сгорает полностью:



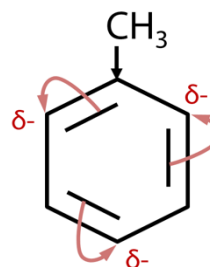
Важно Бензол **не** присоединяет воду и галогеноводороды. **Не** окисляется KMnO_4 и **не** обесцвечивает бромную воду.



Толуол и гомологи бензола

Строение

Алкильный радикал обладает +I-эффектом (положительным индуктивным эффектом), увеличивая электронную плотность в положениях 2,4,6 (*орто*- и *пара*-положениях). Это определяет направление реакций замещения и облегчает их.



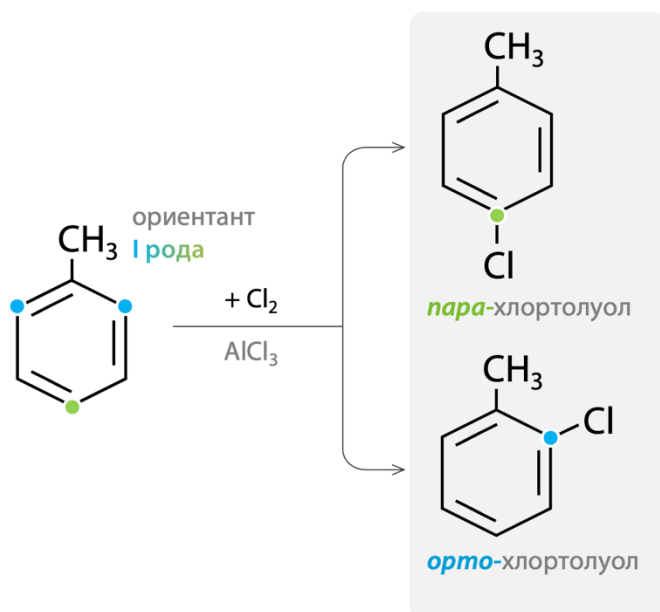
Химические свойства

Реакции с участием бензольного кольца

Замещение

1. **Галогенирование.** Катализаторы — галогениды железа(III) или алюминия (FeBr_3 или AlCl_3). На выходе – смесь *орто*- и *пара*-изомеров.

Важно При записи уравнения реакции в заданиях ЕГЭ следует писать **только один продукт**, наиболее подходящий по условию задания. Смесь продуктов указывать в одной реакции не нужно!

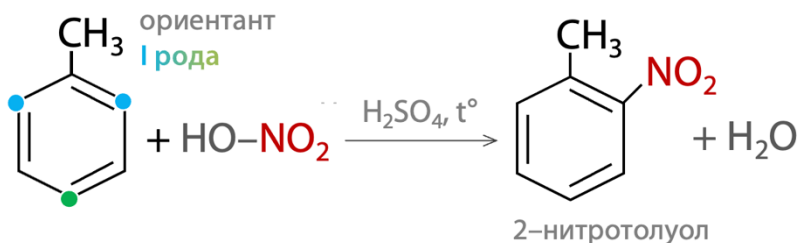


Выбираем продукт
по контексту задания

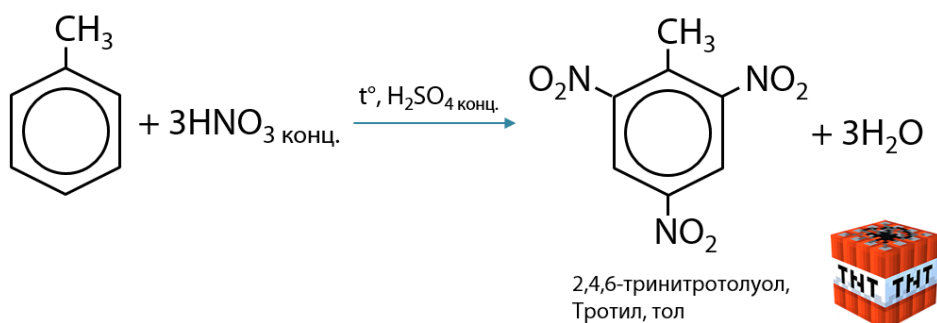


2. **Нитрование.** Для введения группы NO_2 используют «нитрующую смесь» – смесь концентрированных HNO_3 и H_2SO_4 .

Важно При записи уравнения реакции в заданиях ЕГЭ следует писать **только один продукт**, наиболее подходящий по условию. В качестве примера приводим процесс получения орто-изомера:



В более жестких условиях (повышенные температура и давление) можно ввести три нитрогруппы:



Присоединение

Реакции присоединения по кольцу протекают аналогично реакциям с участием бензола. Характерный пример – гидрирование с образованием метилциклогексана. Присоединение, например, галогенов по кольцу у гомологов бензола на ЕГЭ не рассматривается.



Свыше 1800 бесплатных заданий
и органических цепочек
есть на нашем сайте.
Быстрее туда, решать!



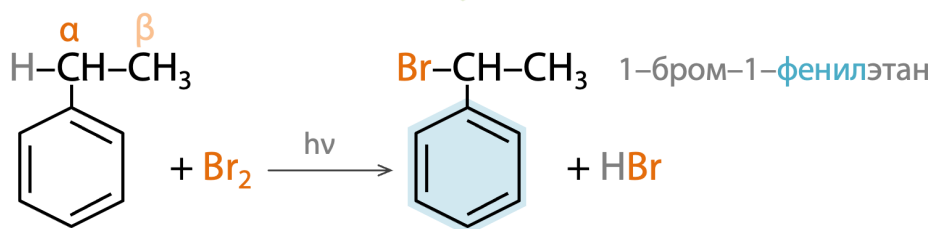
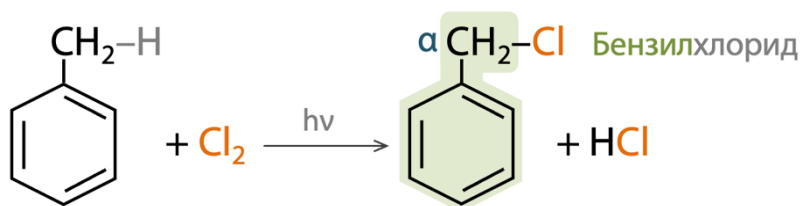
stepenin.ru/tasks/organic



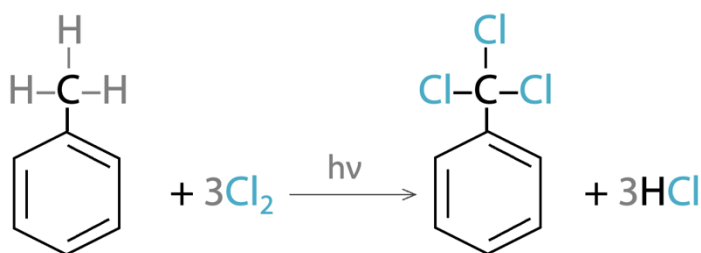


Реакции с участием боковой цепи

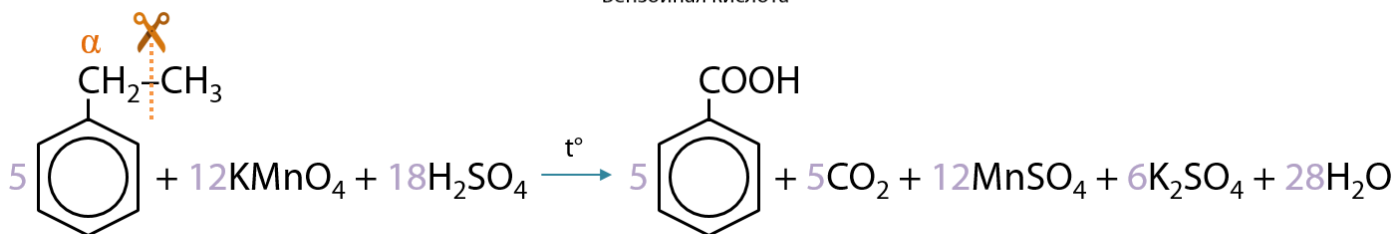
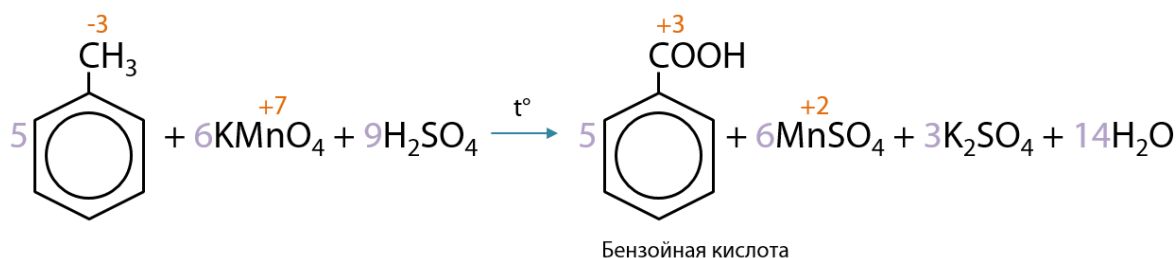
- Галогенирование.** Радикальный механизм как в алканах. Протекает на свету или при нагревании. Замещение водорода только при альфа-атоме углерода:



Особенный случай галогенирования боковой цепи с мультзамещением атомов водорода при альфа-углероде. Используется избыток галогена в соотношении 1:2 или 1:3:



- Неполное окисление.** Вне зависимости от длины боковой цепи и числа заместителей в этой реакции происходит разрыв связей от альфа-атома углерода к следующим:



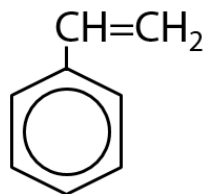
Полное окисление, горение

В избытке кислорода толуол и другие гомологи бензола сгорают до углекислого газа и воды.



Стирол и другие фенилалкены

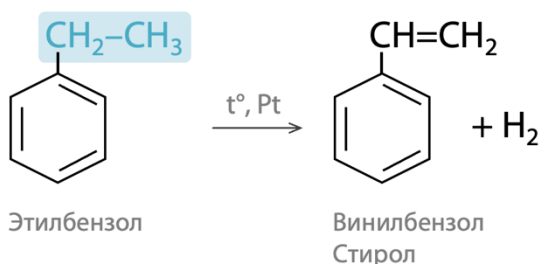
Стирол (винилбензол) – бесцветная жидкость с приятным запахом. Раздражает слизистые оболочки дыхательных путей и глаз.



Стирол,
Винилбензол

Получение

Дегидрирование этилбензола
(или октана, см. «Способы получения аренов»)



Этилбензол

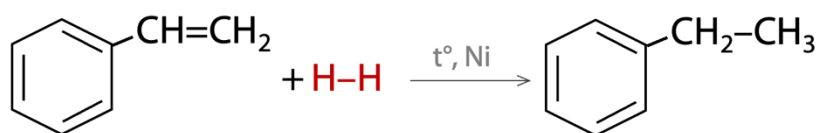
Винилбензол
Стирол

Химические свойства

Из-за наличия кратной связи в углеводородном радикале характерны все реакции, свойственные алкенам.

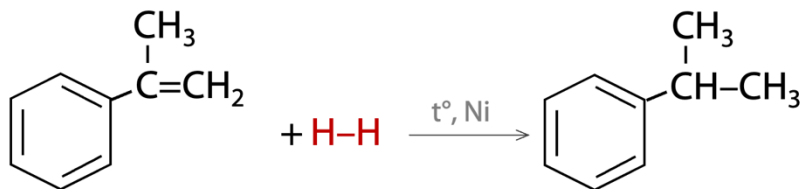
Присоединение

1. **Гидрирование** (+ H₂). Кратные связи в боковой цепи восстанавливаются легче, чем бензольное кольцо. В жестких условиях возможно гидрирование и кратной связи в боковой цепи, и бензольного кольца.



Винилбензол
Стирол

Этилбензол
(гомолог бензола)

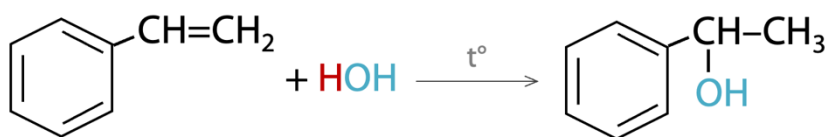


Изопропенилбензол

Изопропилбензол
Кумол

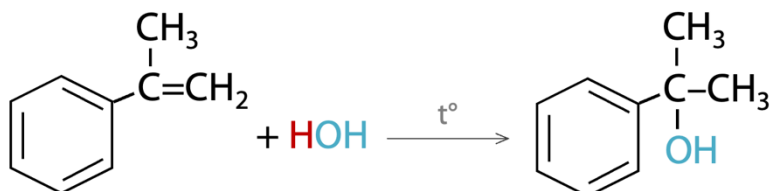


2. **Гидратация** (+ H₂O). Реакция присоединения молекулы воды по двойной связи углеводородного радикала (-CH=CH₂ и др.). К бензольному кольцу вода не присоединяется!



Винилбензол, стирол

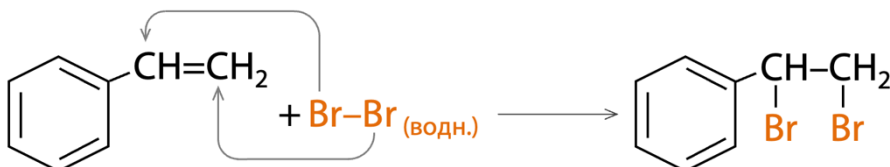
1-фенилэтанол



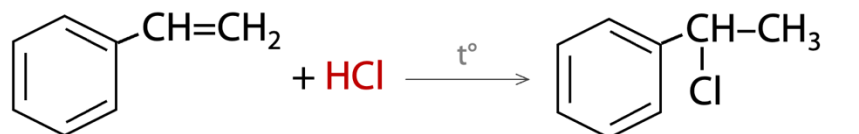
Изопропенилбензол

2-фенилпропанол-2

3. **Галогенирование** (стирол обесцвечивает бромную воду аналогично алкенам, + Br₂). Реакция присоединения молекулы галогена Cl₂/Br₂ по двойной связи в боковой цепи (-CH=CH₂.)

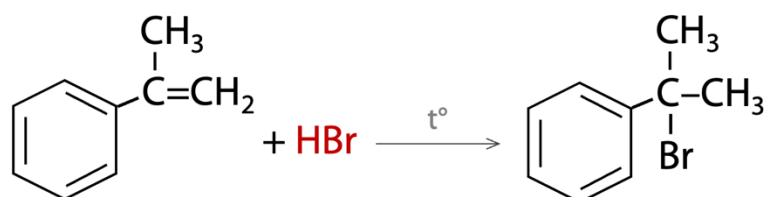


4. **Гидрогалогенирование** (+ HCl/HBr). Присоединение по двойной связи в боковой цепи по правилу Марковникова.



Винилбензол, стирол

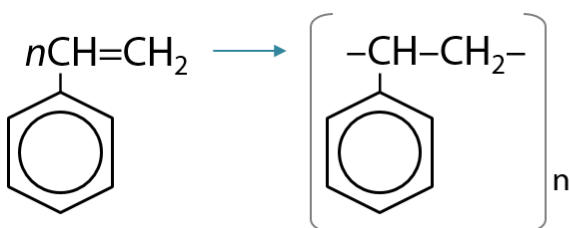
1-фенил-1-хлорэтан



Изопропенилбензол

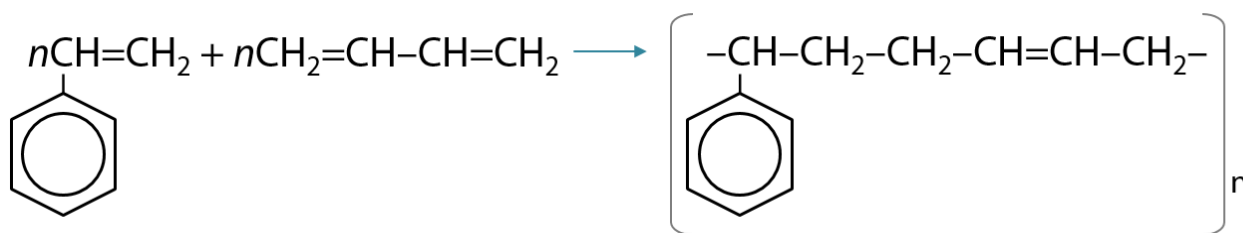
2-бром-2-фенилпропан

5. **Полимеризация**
Получение полистирола





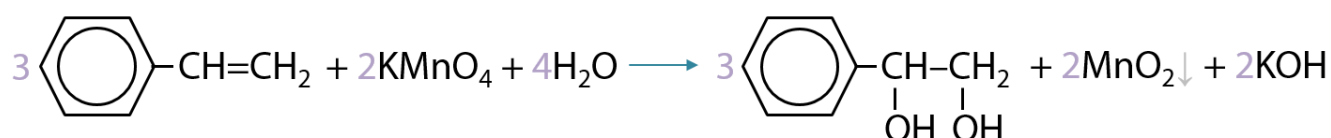
Получение бутадиен-стирольного каучука. Реакция **сополимеризации**, т.к. для получения полимера используются два разных вещества одновременно.



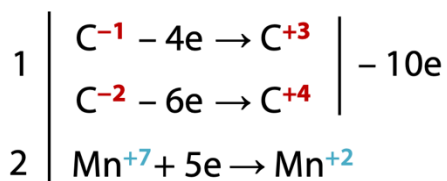
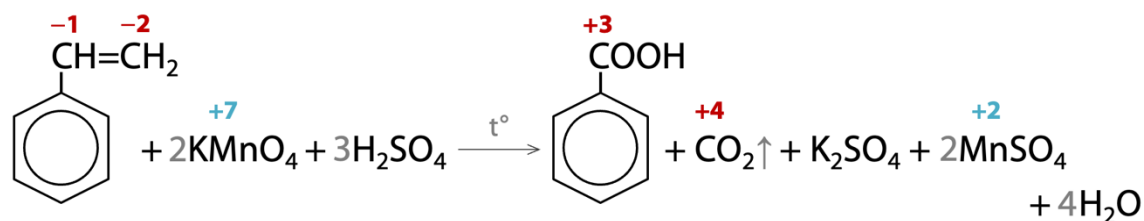
Окисление

Неполное окисление

Мягкое окисление нейтральным раствором перманганата калия KMnO_4 при охлаждении (реакция Вагнера). Продукт – ароматический двухатомный спирт (ароматический диол).



Жесткое окисление раствором KMnO_4 в кислой среде при нагревании. Продукт — кислота.



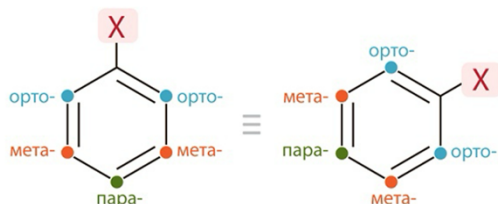
Горение

В избытке кислорода стирол и его гомологи сгорают до углекислого газа и воды.



Правила ориентации в бензольном кольце

Расположение двух заместителей в кольце:

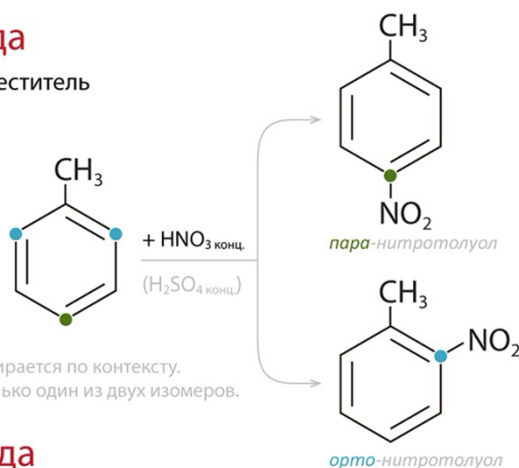


Второй заместитель может находиться относительно первого в трех положениях:
орто- (о-) – около
мета- (м-) – между один С
пара- (п-) – напротив

Ориентанты I рода

Направляют входящий заместитель в **орто-** и **пара-**положения.

-F ; -Cl ; -Br ; -I
галогены
-CH₃ ; -CH₂CH₃
алкильные группы
-OH ; -NH₂

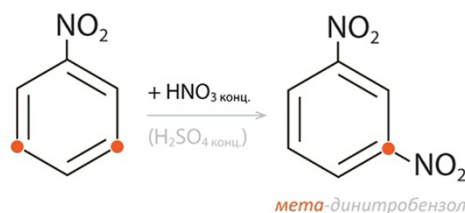


В тестовых заданиях продукт выбирается по контексту.
 В уравнении реакции пишется только один из двух изомеров.

Ориентанты II рода

Направляют входящий заместитель в **мета-**положение.

-COOH ; -CHO
-NO₂ ; -CF₃



Примеры протекания реакций замещения в случаях толуола (содержит заместитель первого рода) и нитробензола (заместитель второго рода):

