

ОМСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ

ГР ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ И ПРОФОРИЕНТАЦИИ
КАФЕДРА ХИМИИ



АРЕНЫ

1. Строение, изомерия.
2. Физические и химические свойства.
3. Получение.

Лектор: доктор биологических наук,
профессор, зав. кафедрой химии Степанова
Ирина Петровна

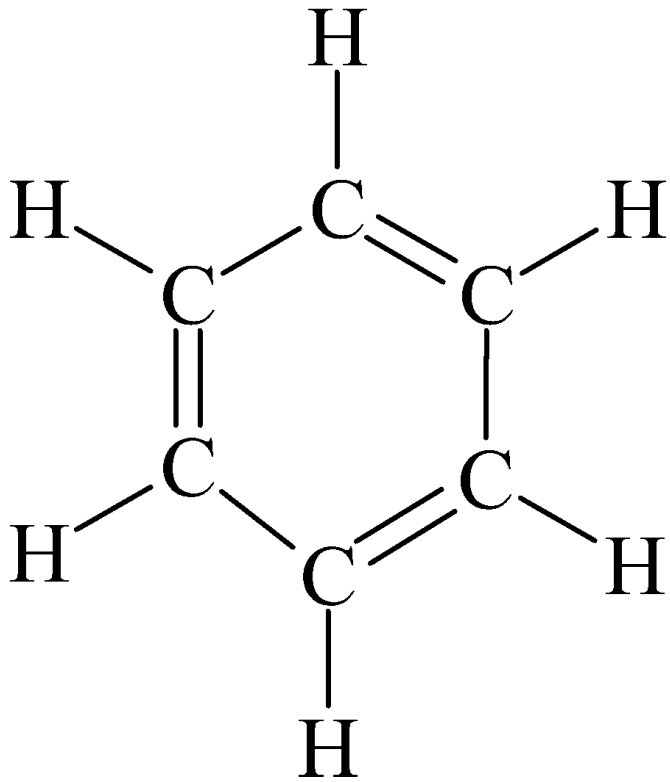
Арены

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

Общая формула гомологического ряда аренов $C_n H_{2n-6}$.

Арен
ы

Бензол



Тест

ы

Общая формула гомологического ряда ароматических углеводородов:



Тест

ы

К соединениям с общей формулой

$C_n H_{2n-6}$ относится:

1) бутадиен

3) стирол

2) толуол

4) гексен

Формулы только ароматических углеводородов записаны в ряду:

1) C_6H_6 , C_6H_{12} ,
 C_6H_{14} ;

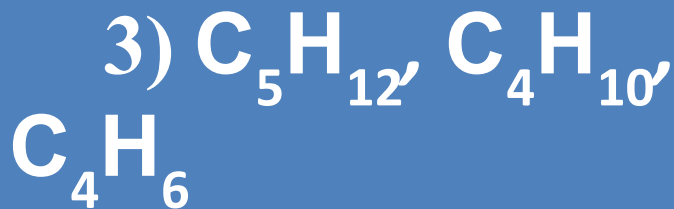
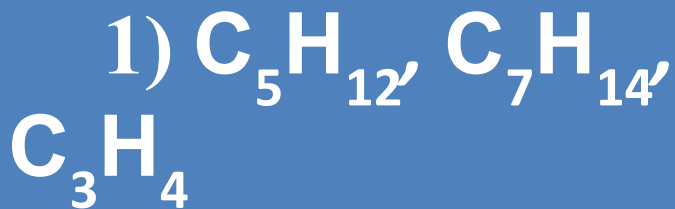
3) C_6H_6 , C_7H_{12} , C_8H_{10} ;

2) C_6H_6 , C_7H_8 ,
 C_8H_{10} ;

4) C_6H_6 , C_2H_4 , C_4H_{10} .

Тест

Последовательности алкан –циклоалкан – арен может соответствовать ряд веществ:



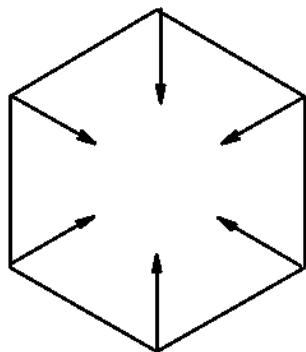
Арен
ы

1825 год. При термическом разложении ворвани (китового жира) образуется вещество, которое называется “бикарбюрет водорода”

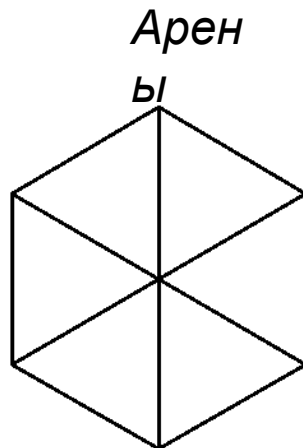
М. Фарадей

В 1833 году Э. Митчерлих получил то же вещество разложением бензойной кислоты и дал ему название “бензин”.

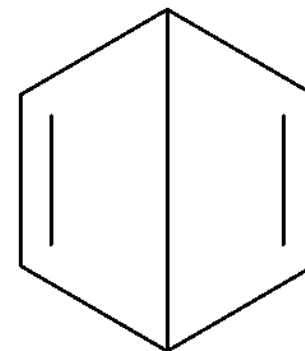
Сейчас это вещество носит название бензол, а в англоязычной литературе используется слово “benzene”.



Claus (1867)

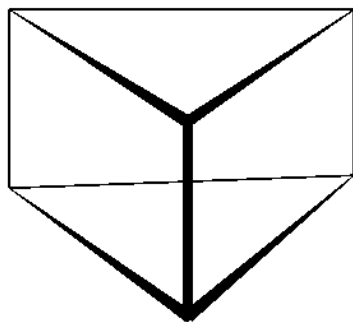


H. E. Armstrong (1887)

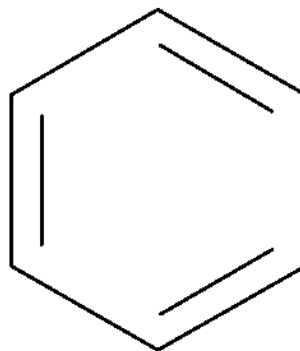


J. Dewar (1867)

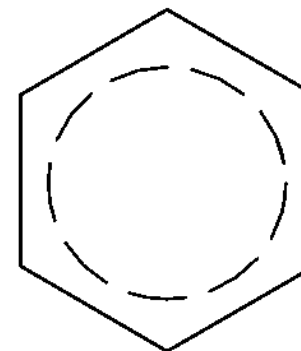
A. von Baeyer (1888)



A. Ladenburg (1869)



A. Kekule (1865)



F. K. J. Thiele (1899)

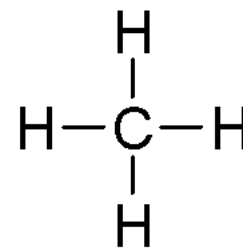
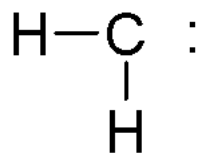
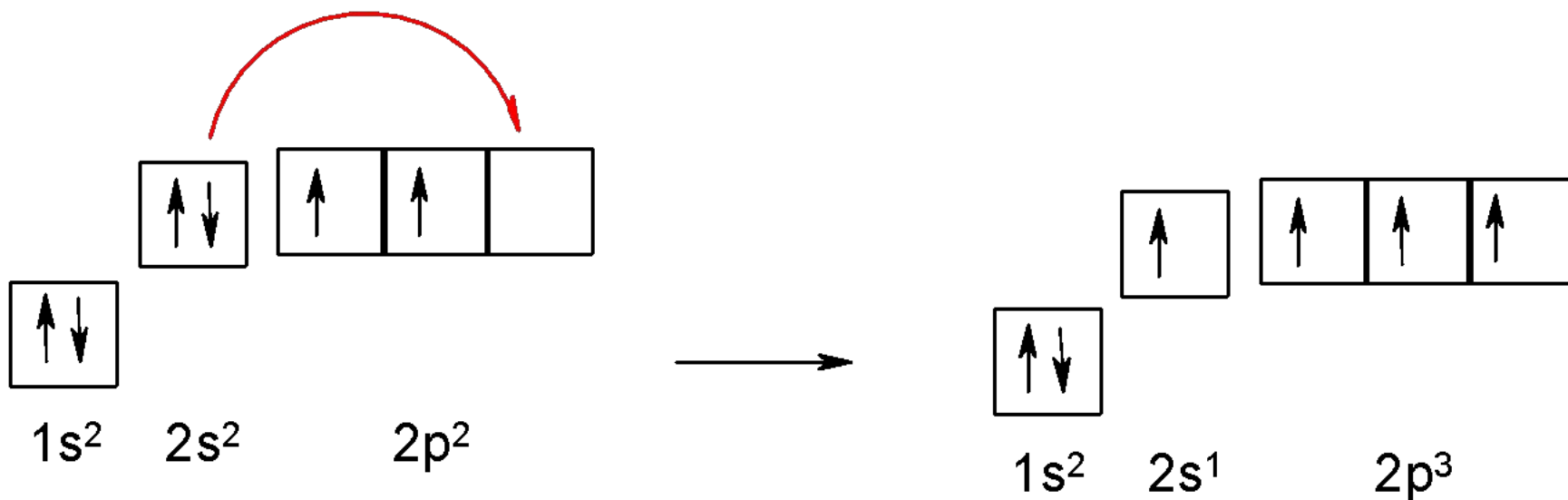
Арен
ы



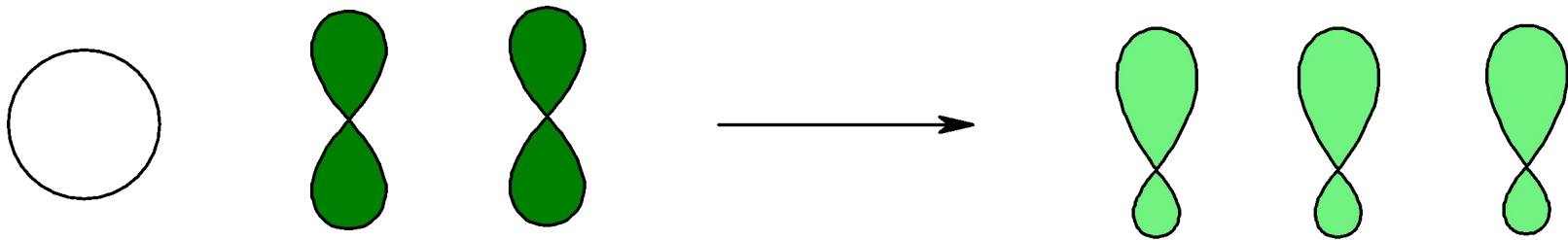
Памятник немецкому
химику Августу Кекуле в
Бонне

Гибридизация аренов

Электронное строение атома углерода



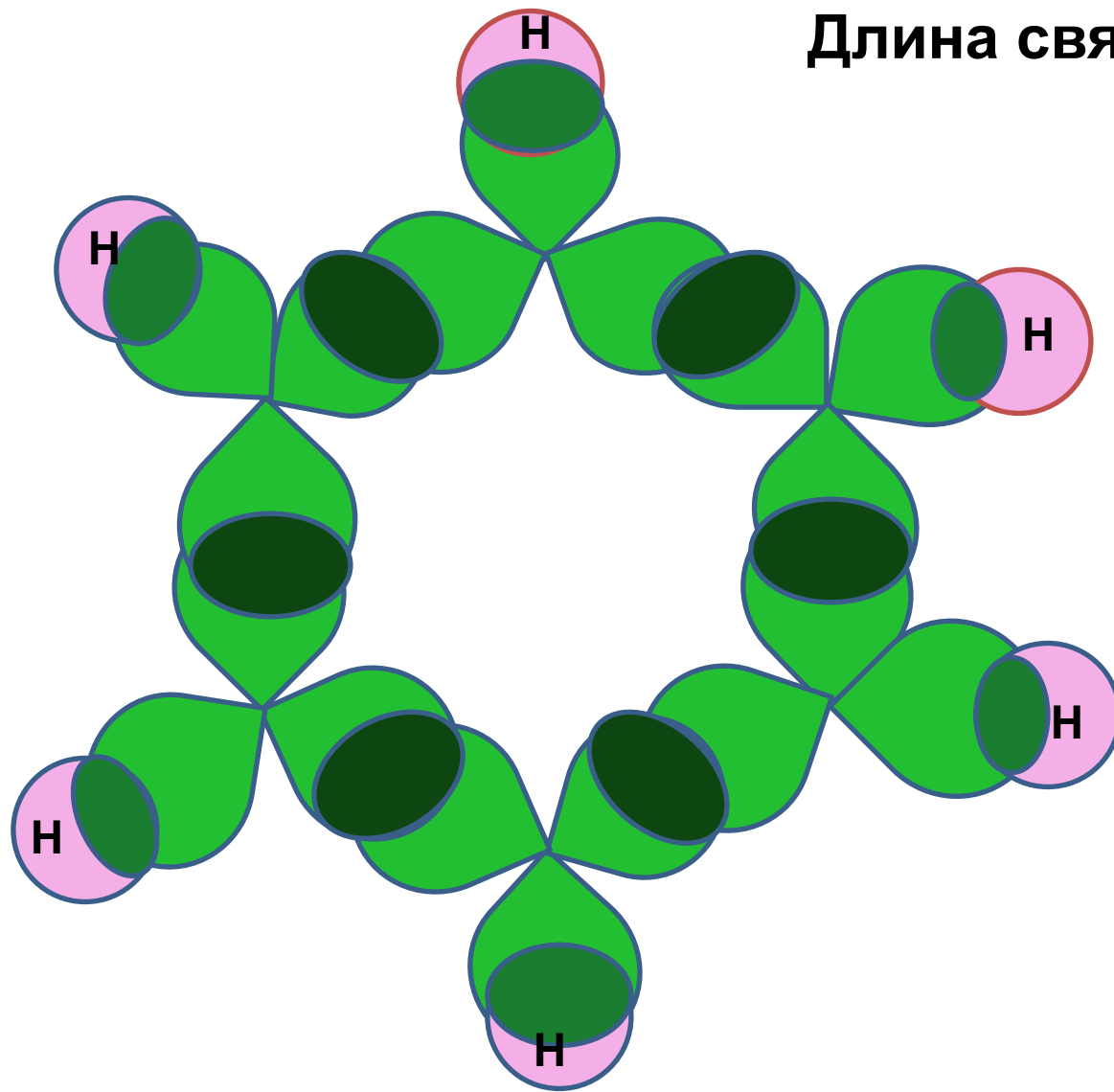
Атом углерода в аренах находится в состоянии sp^2 -гибридизации. Энергии одной $2s$ и двух $2p$ -орбиталей выравниваются, при этом образуются 3 одинаковые sp^2 -орбитали и остаётся одна негибридная p -орбиталь:



Арены

sp^2 -Гибридные орбитали участвуют в образовании σ -связей.

Длина связи C-C - 0, 140нм



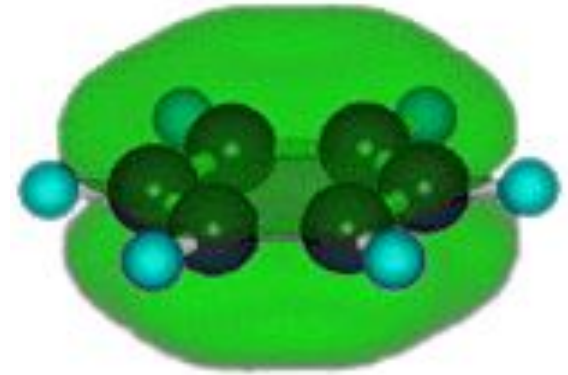
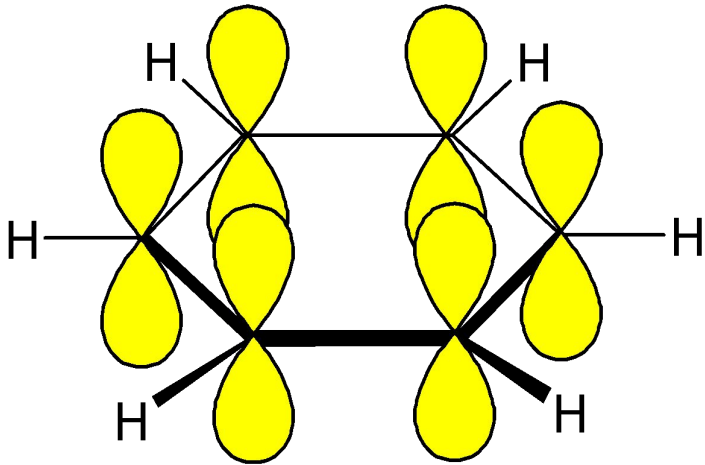
6 σ

SP^2-SP^2

6 σ

S- SP^2

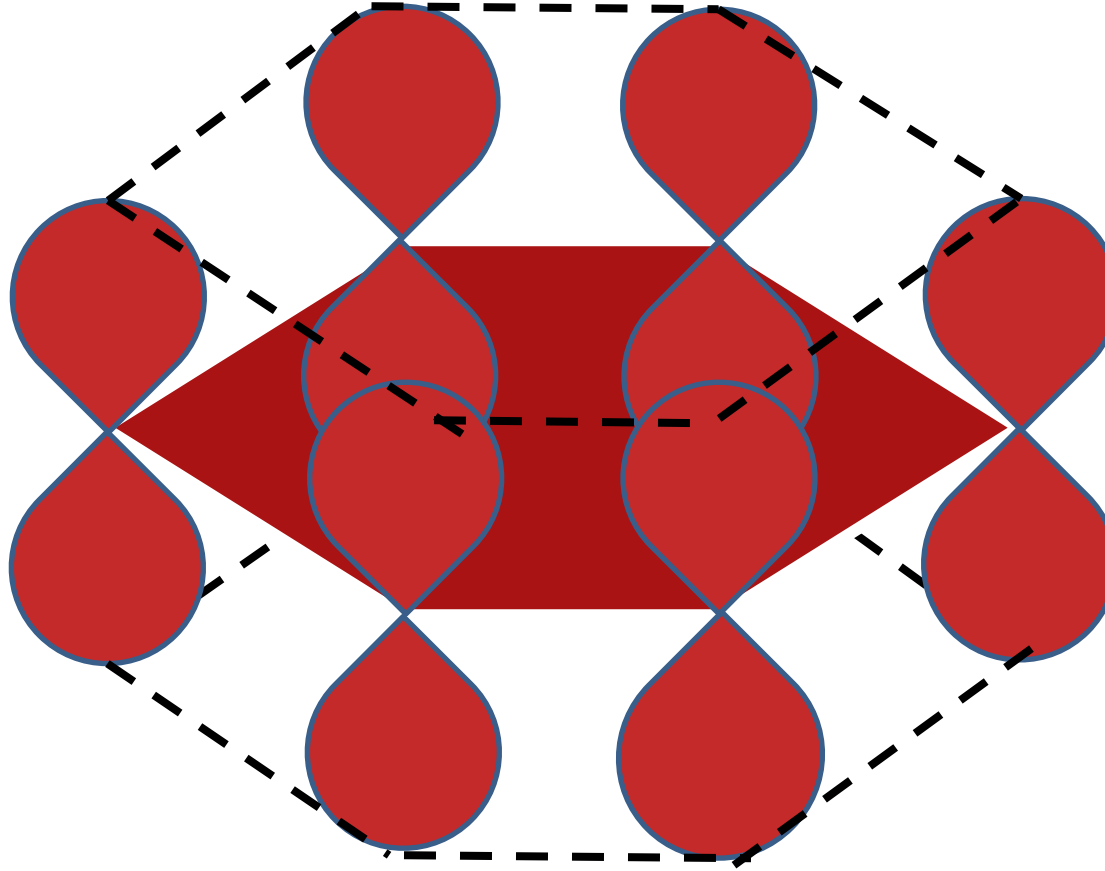
**Шесть негибридных орбиталей
перекрываются с образованием общего
 π -электронного облака:**



перекрывающиеся p-электроны
облако

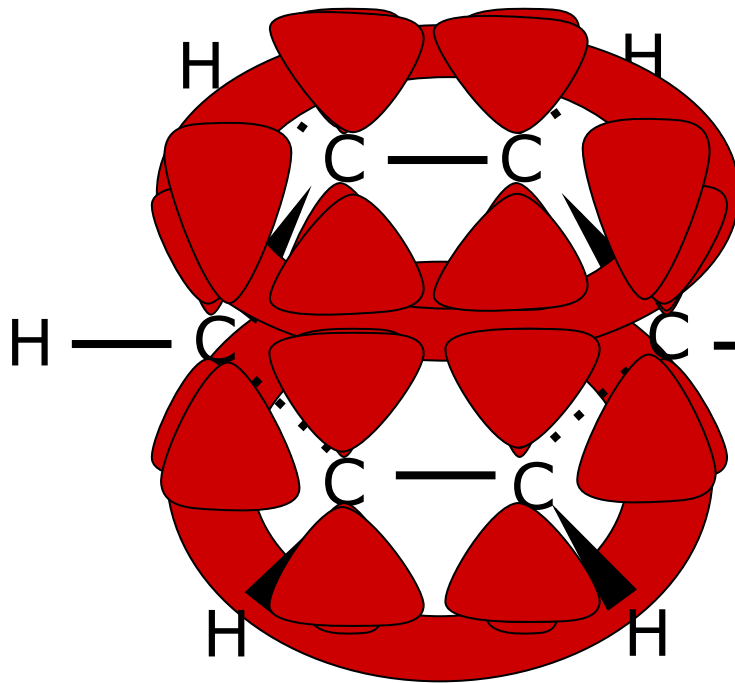
общее π -электронное

Арены



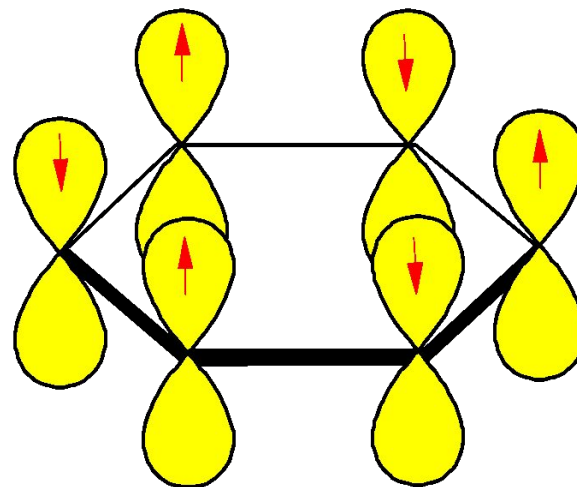
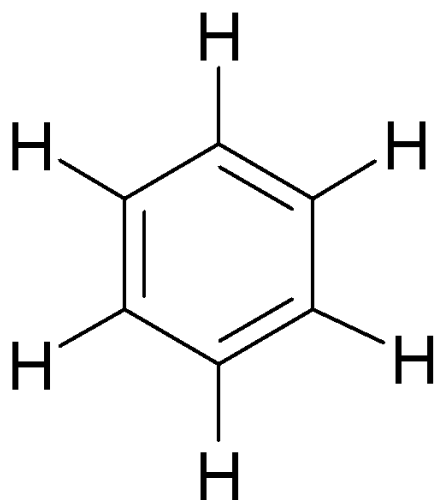
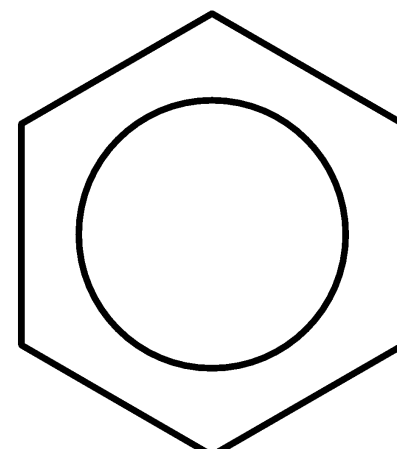
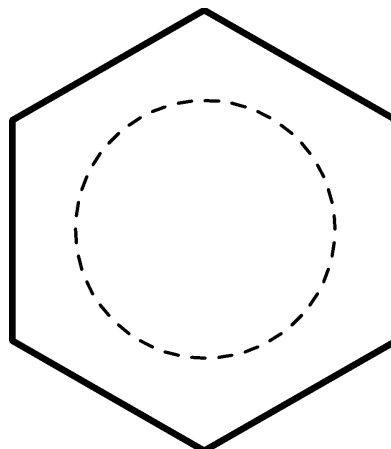
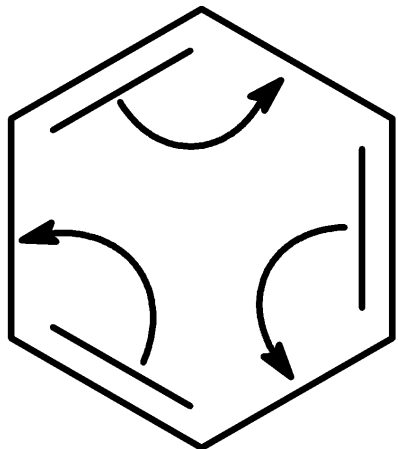
общее π -электронное облако

Строение молекулы бензола

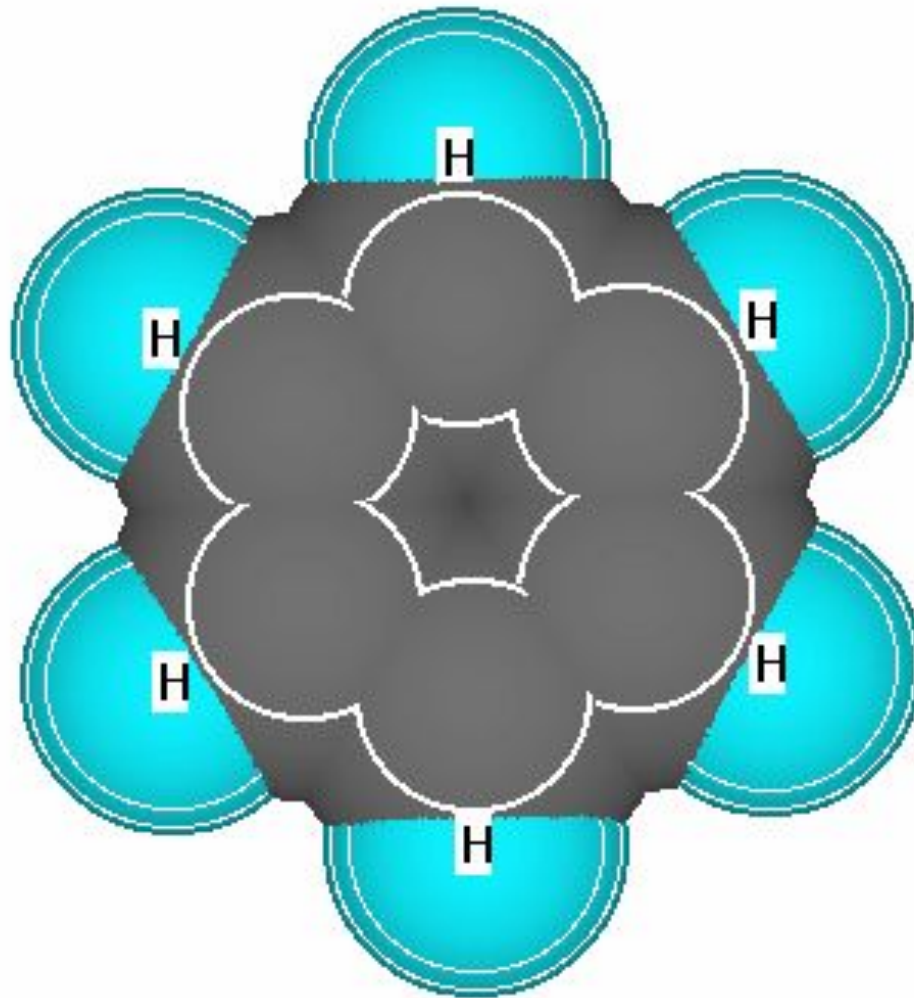


**6 электронов в
делокализованной
π СВЯЗИ**

Строение молекулы бензола



Строение молекулы бензола



Тест

**Атомы углерода в бензоле находятся в
гибридизации:**

1) sp^3

3) sp

2) sp^2

4) sp^3 и sp^2

Тест

В молекуле толуола атомы углерода находятся в гибридизации:

1) sp^3

3) sp

2) sp^2

4) sp^3 и sp^2

Тест

ы

Молекула бензола имеет строение:

1) тетраэдрическое

3) линейное

2) угловое

4) плоское

Тест

Валентный угол и длина связи С-С в молекулах аренов соответственно равны:

а) 120° и 0.154 нм;

в) 120° и 0.134 нм;

б) 120° и 0.140 нм;

г) $109^{\circ}28'$ и 0.154 нм.

Тест

Число σ -связей в молекуле бензола равно:

1) 6

3) 10

2) 8

4) 12

Тест

Число σ -связей в молекуле толуола равно:

1) 6

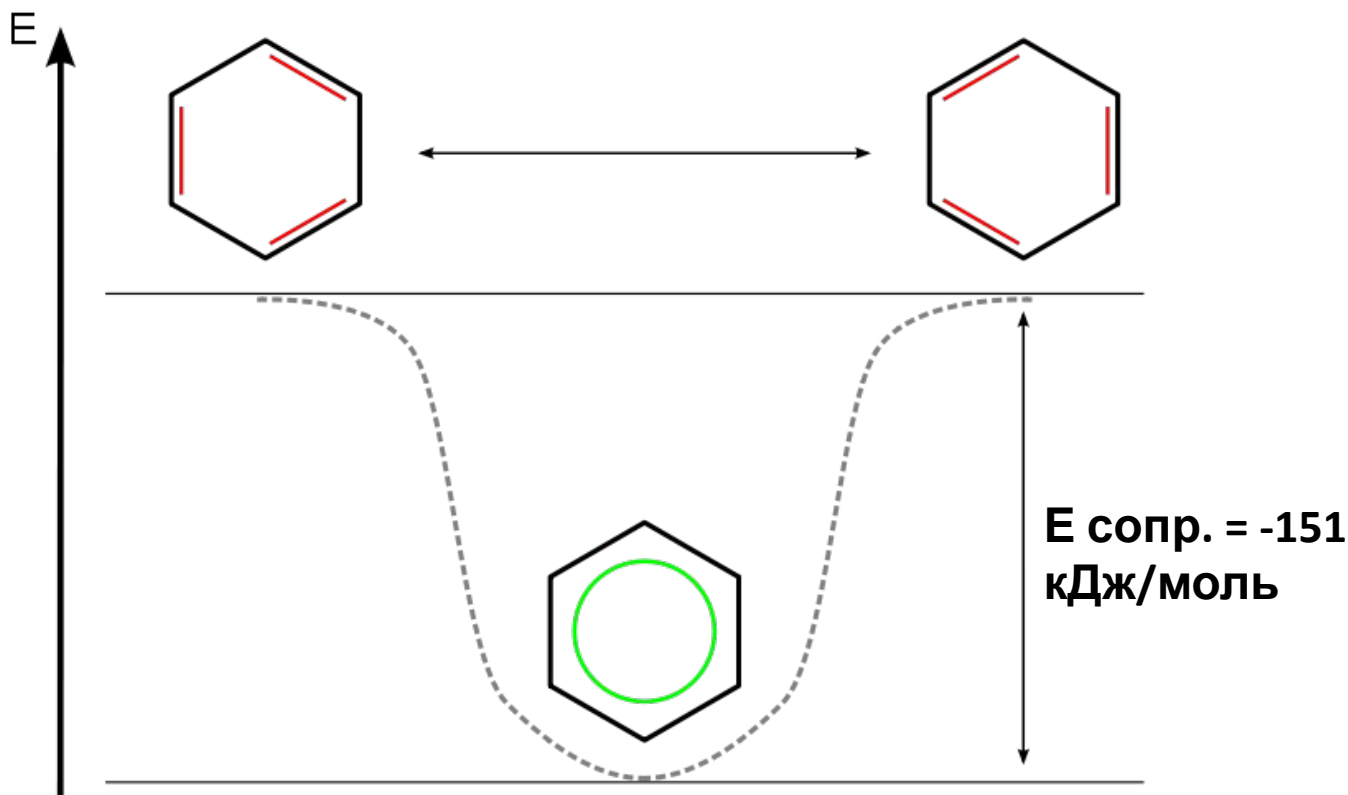
3) 12

2) 8

4) 15

Арен

Делокализация приводит к значительному уменьшению энергии. Разница энергий называется энергией сопряжения

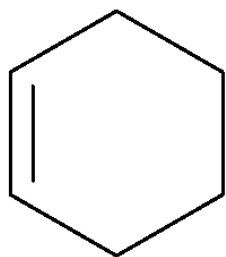


Делокализованная
 π -электронная
система

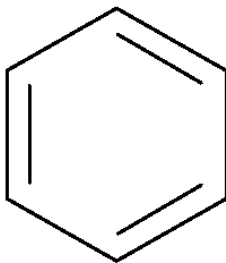
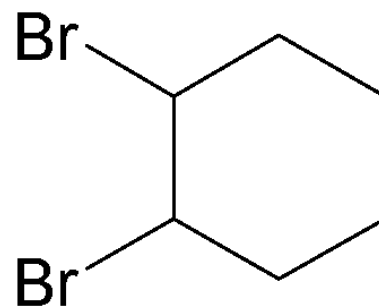
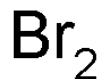
Арен

ы

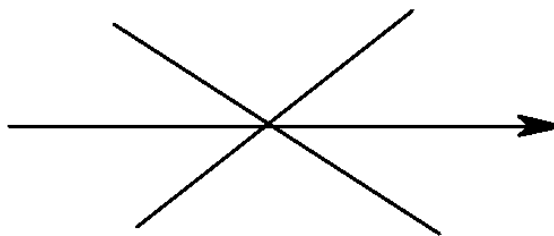
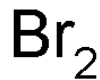
«Ароматичность» – совокупность особых свойств бензола (высокая термодинамическая стабильность).



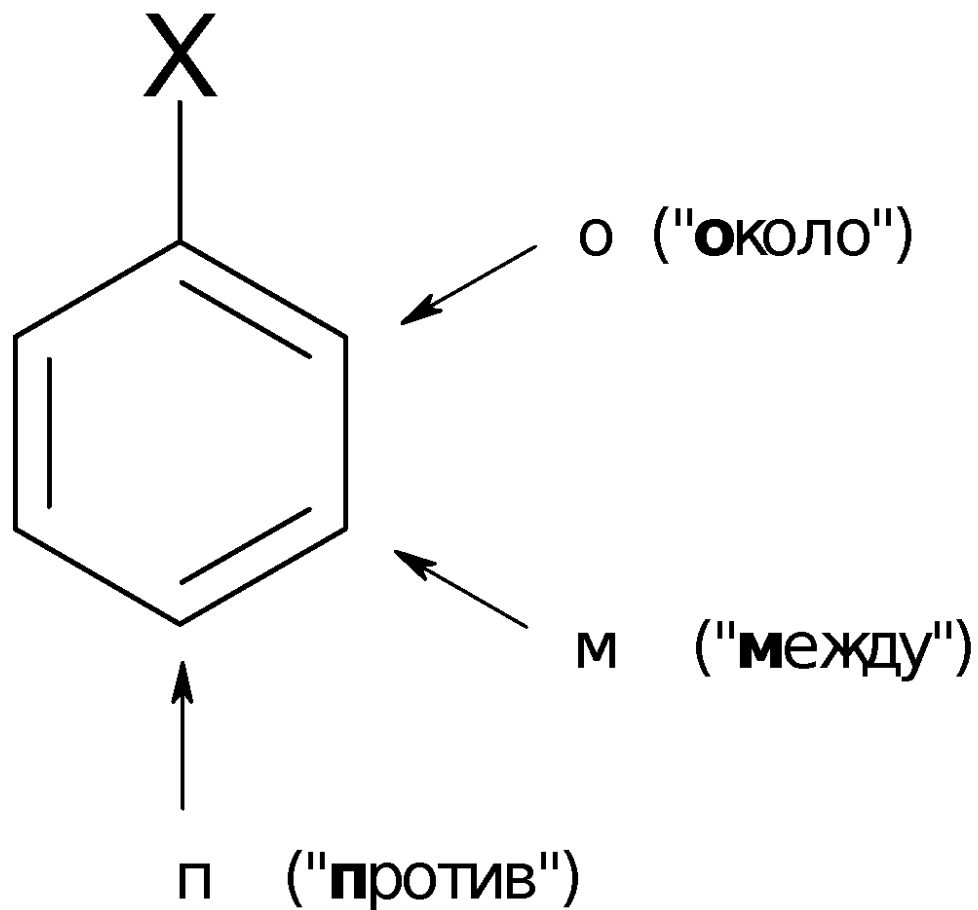
+



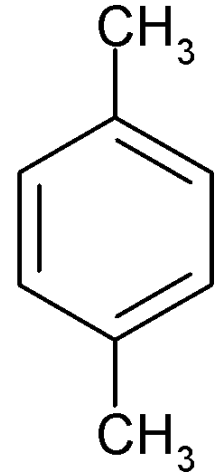
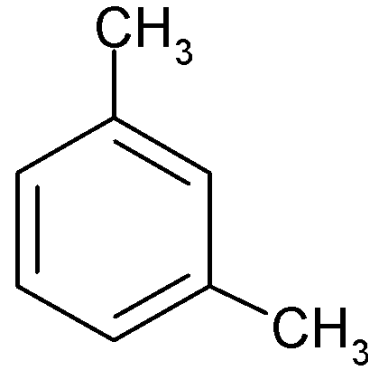
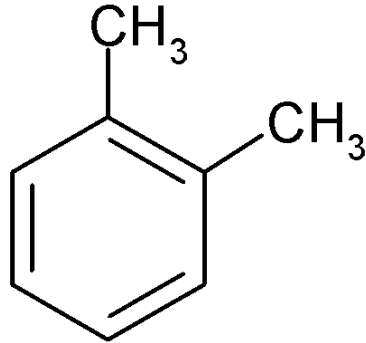
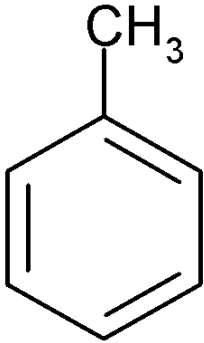
+



Номенклатура аренов



Номенклатура
аренов

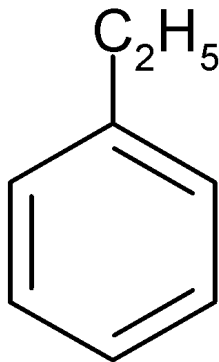


метилбензол
толуол

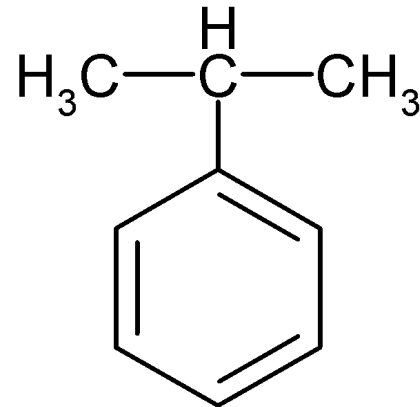
1,2-диметилбензол
о-ксилол

1,3-диметилбензол
м-ксилол

1,4-диметилбензол
п-ксилол



этилбензол

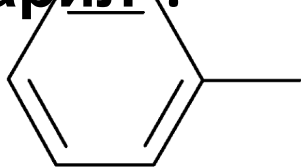


изопропилбензол (кумол)

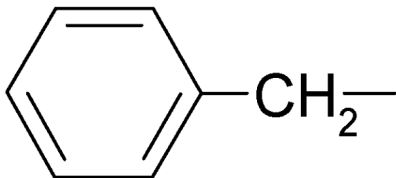
Номенклатура
аренов

Ароматические радикалы имеют общее название

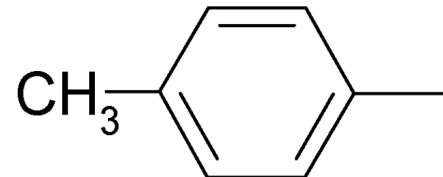
"арил".



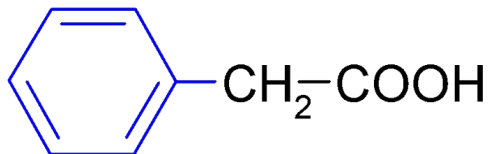
фенил



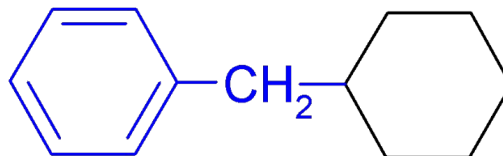
бензил



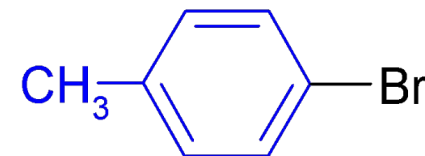
п-толил



фенилуксусная кислота



бензилциклогексан







п-

толилбромид

(метаболит фенилаланина)

Тест

Установите соответствие между формулой вещества и его названием.

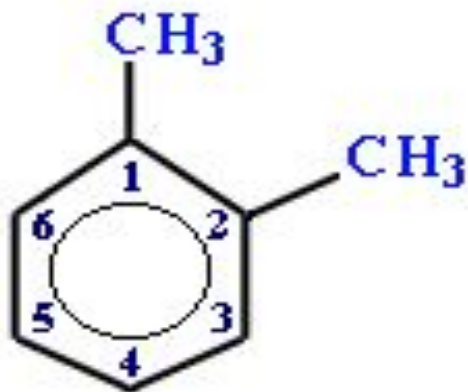
	ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	НАЗВАНИЕ
А)	 $\text{-C}_2\text{H}_5$	1) толуол
Б)	 $\text{-CH(CH}_3)_2$	2) стирол
В)	 -CH=CH_2	3) кумол
Г)	 -CH_3	4) этилбензол
		5) п-ксилол

А	Б	В	Г

Структурная изомерия аренов

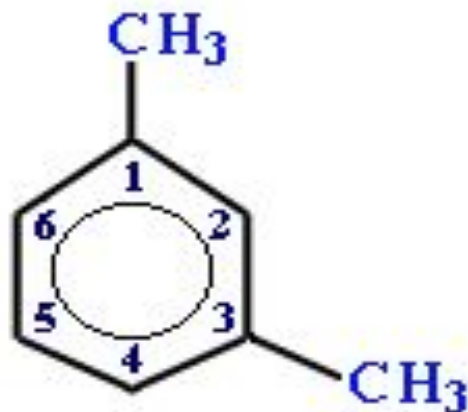
1) положения заместителей для *ди-, три- и тетра-*замещенных бензолов (например, *о-, м- и п-*ксилолы).

1,2-Диметилбензол



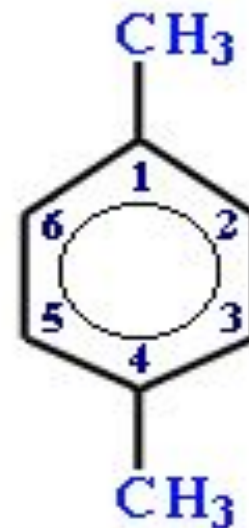
орто-ксилол
(*о*-ксилол)

1,3-Диметилбензол



мета-ксилол
(*м*-ксилол)

1,4-Диметилбензол



пара-ксилол
(*п*-ксилол)

*Структурная изомерия
аренов*

2) Изомерия углеродного скелета алкильного заместителя, содержащего не менее 3-х атомов углерода. Например, пропилбензол и изопропилбензол.

3) Изомерия заместителей. Этилбензол и диметилбензолы имеют одинаковую молекулярную формулу: C_8H_{10} .

Тест

**Изомером 1,3-диметилбензола
является:**

1) стирол

3)

изопропилбензол

2) мета-ксилол

4) этилбензол

Тест

ы

Бензол и толуол являются:

1) структурными
изомерами

3) гомологами

2)
геометрическими
изомерами

4) одним и тем же
веществом

Тест

ы

Метилбензол и толуол являются:

1) структурными
изомерами

3) гомологами

2)
геометрическими
изомерами

4) одним и тем же
веществом

Тест

ы

Фенилметан и бензол являются:

1) структурными
изомерами

3) гомологами

2)
геометрическими
изомерами

4) одним и тем же
веществом

Тест

**Изомером 1,2-диметилбензола
является:**

1) пропилбензол

3) 1,4-
диметилбензол

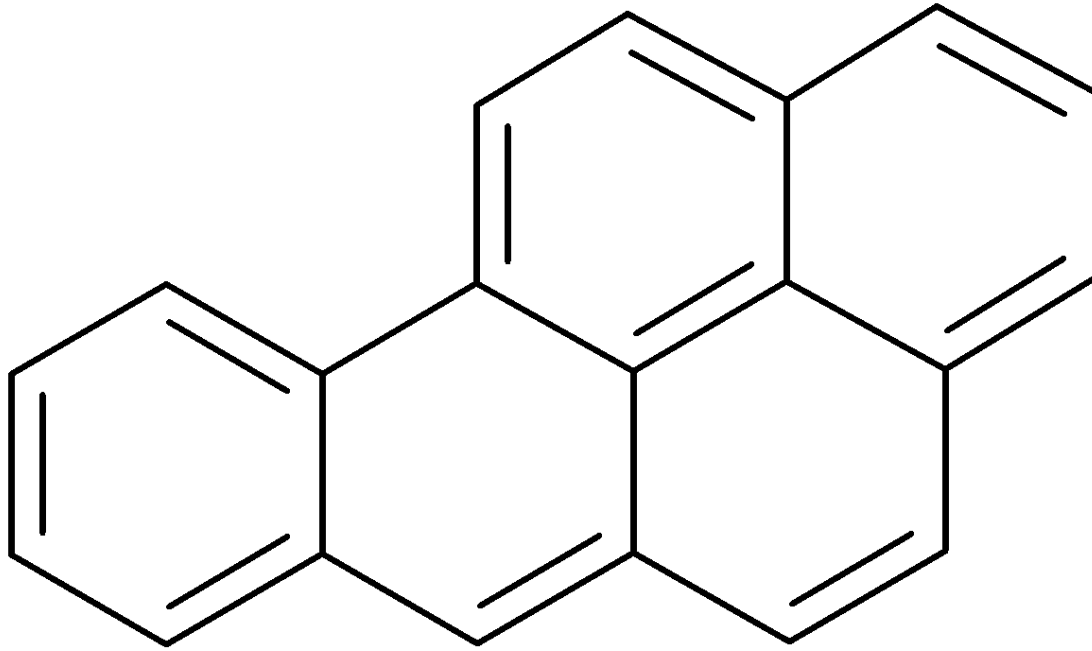
2) орто-ксилол

4) кумол

Физические свойства



Первые члены гомологического ряда бензола (например, толуол, этилбензол и др.) — бесцветные жидкости со специфическим запахом. Они легче воды и нерастворимы в ней. Хорошо растворяются в органических растворителях.

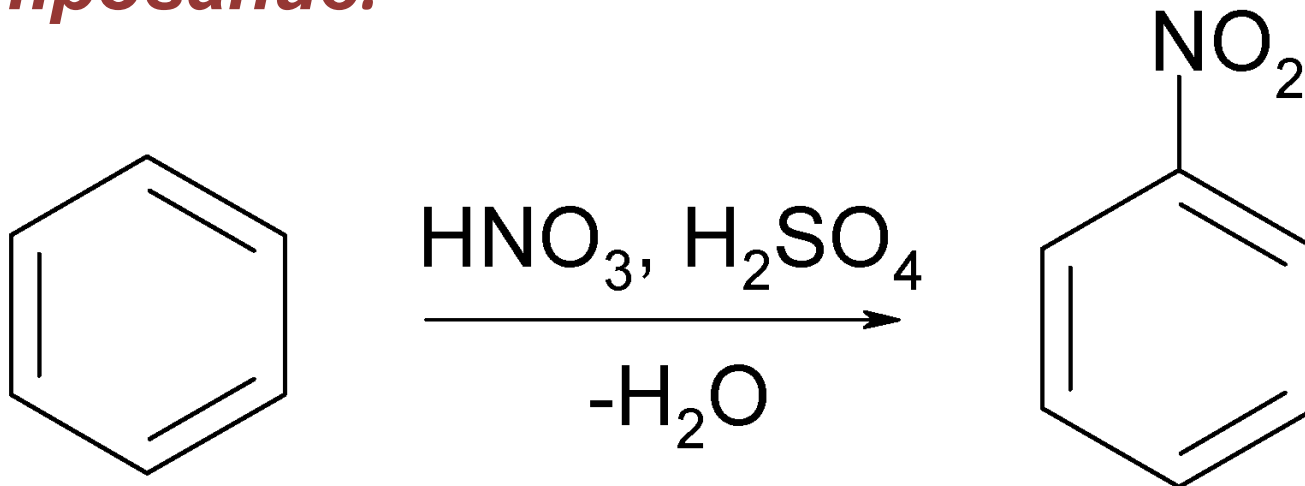


Бензопирен – мощный канцероген.

Химические свойства

I. Реакции замещения в бензольном кольце

1) Нитрование:



нитробенз

ол
Нитробензол, $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$, желтоватая маслянистая жидкость с характерным миндальным запахом.

Применяется для получения анилина, в производстве красителей, как растворитель и окислитель.

Тест

Превращение бензола в нитробензол осуществляется с помощью реакций:

**1)
присоединения**

3) замещения

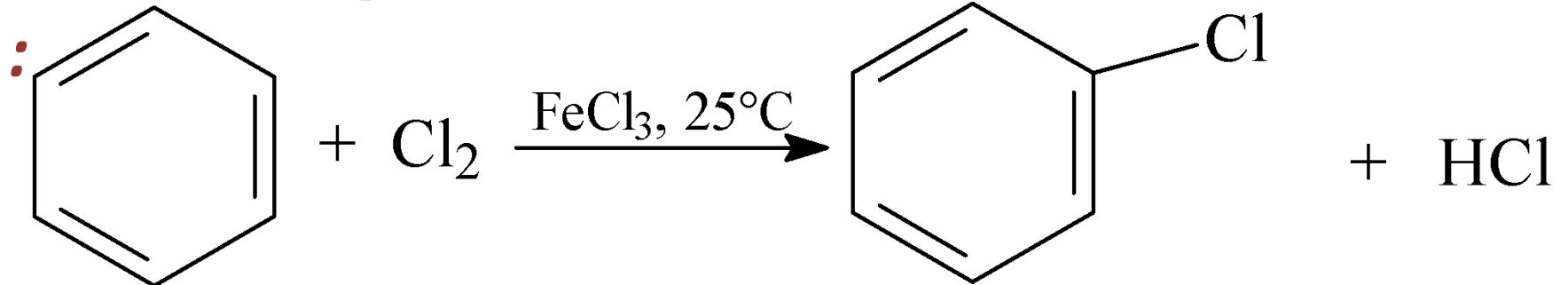
2) обмена

4) окисления

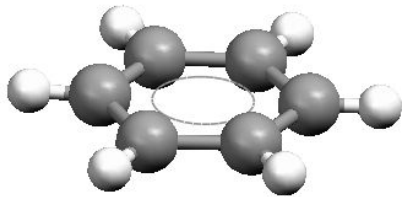
Химические
свойства

2)

Галогенирование

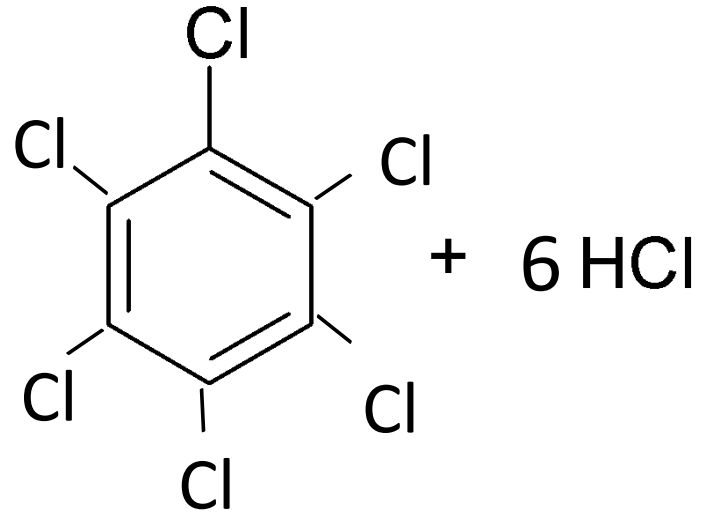
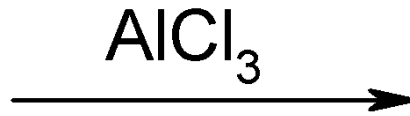
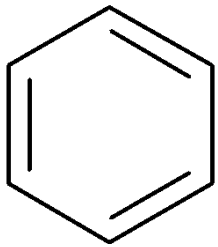


хлорбензол

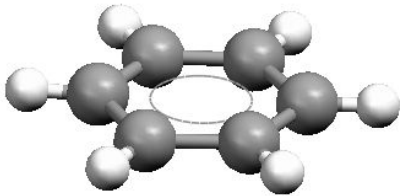


Химические
свойства

Галогенирование:



гексахлорбенз
ол



Тест

Взаимодействие бензола с хлором в присутствии хлорида алюминия относится к реакциям:

1) пиролиза

3) разложения

2) замещения

4) присоединения

Тест

Продуктом взаимодействия бензола с хлором в присутствии хлорида алюминия является:

1) хлорбензол

3)

гексахлорбензол

2)

1,3,5-
трихлорбензол

4)

гексахлорциклогекса
н

Тест

Продуктом взаимодействия бензола с хлором в присутствии бромида железа(III) является:

1) хлорбензол

3)

гексахлорбензол

2)

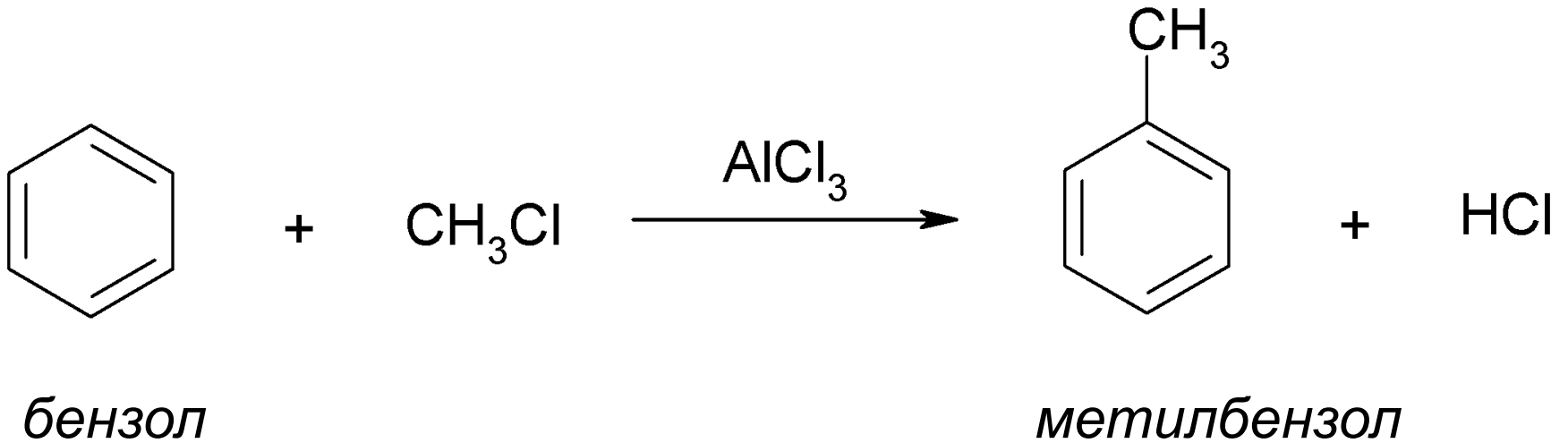
1,3,5-
трихлорбензол

4)

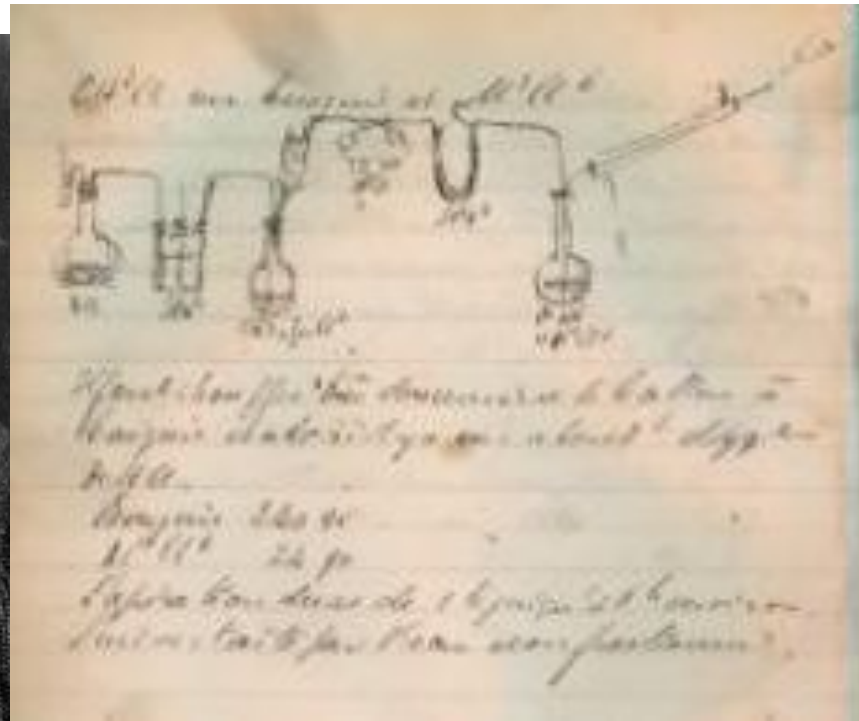
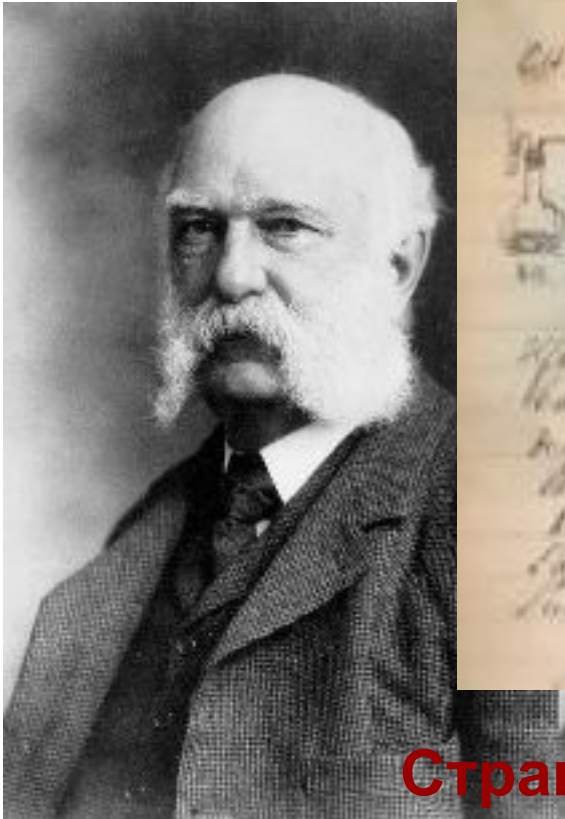
гексахлорциклогекса
н

Химические
свойства

3. Алкилирование (введение алкильной группы в молекулу в бензольное ядро) — Реакция Фриделя -Крафтса:



Химические свойства



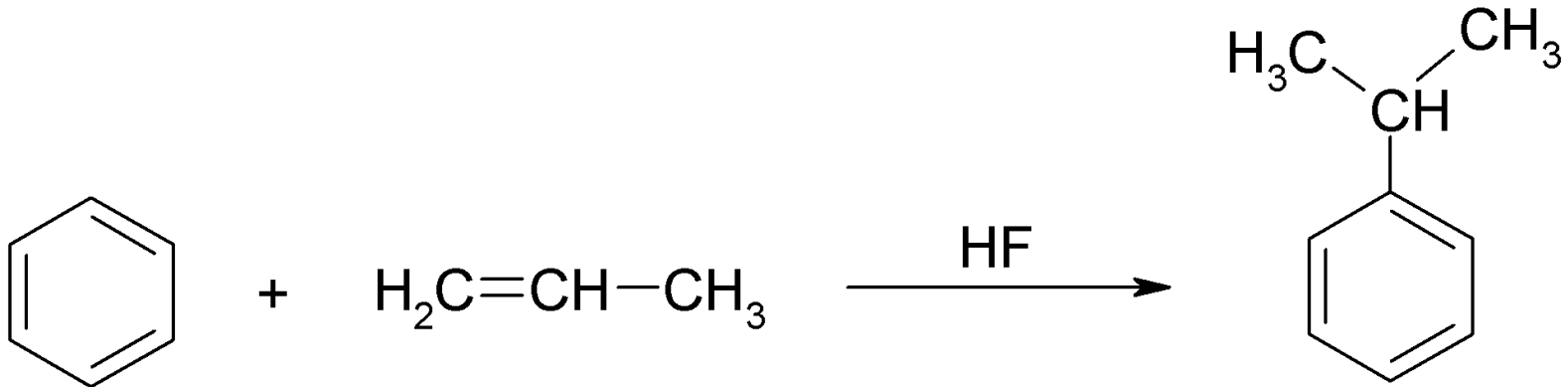
Страница из блокнота Фриделя

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

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

*Химические
свойства*

Арены могут алкилироваться также под действием алкенов:

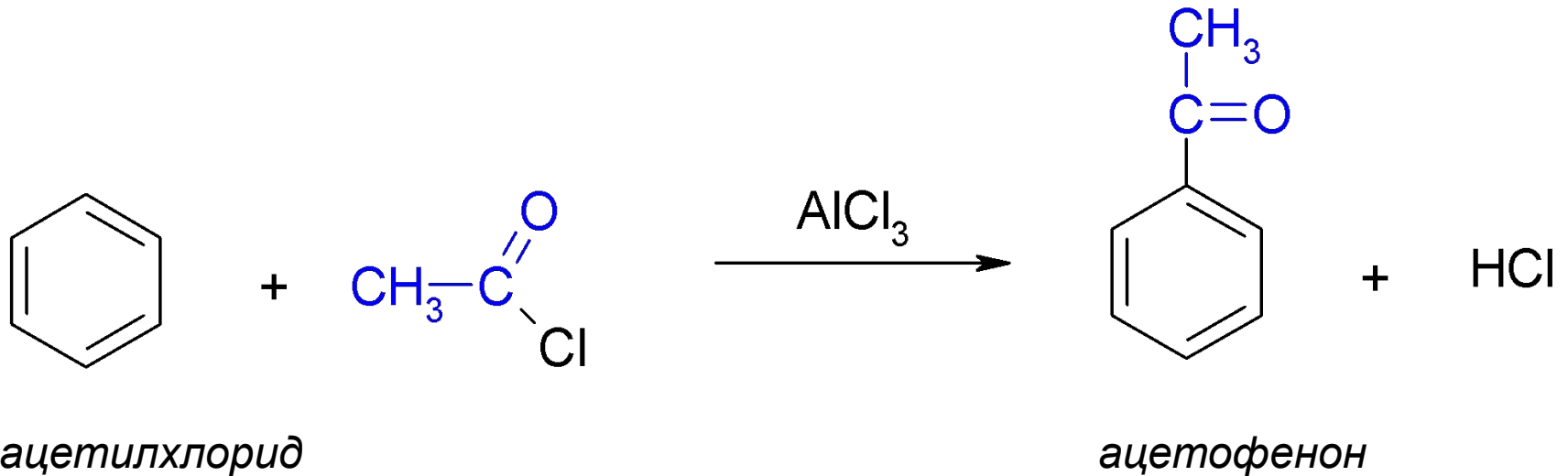


*пропен
изопропилбензол*

Кумол (изопропилбензол), бесцветная жидкость, ^(кумол) tкип 152,4 °С. Применяется в промышленности для синтеза фенола и ацетона, а также как высокооктановая добавка к авиационным бензинам и как растворитель.

Химические
свойства

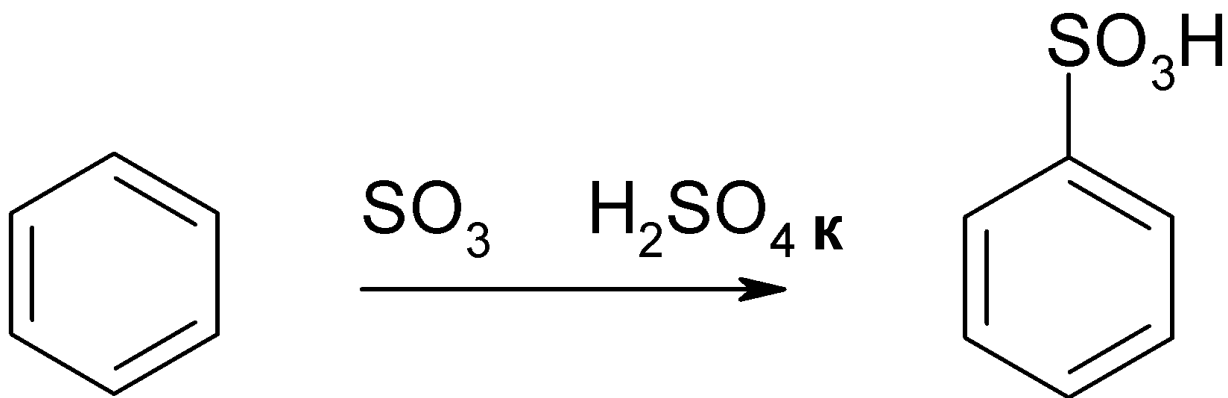
4. Ацилирование (введение ацильной группы в ядро бензола):



Ацетофенон (метилфенилкетон, ацетилбензол) – используется в производстве лекарственных препаратов и в качестве отдушки (запах черёмухи) в производстве мыла.

Химические
свойства

5. Сульфирование:



бензолсульфокисло
та

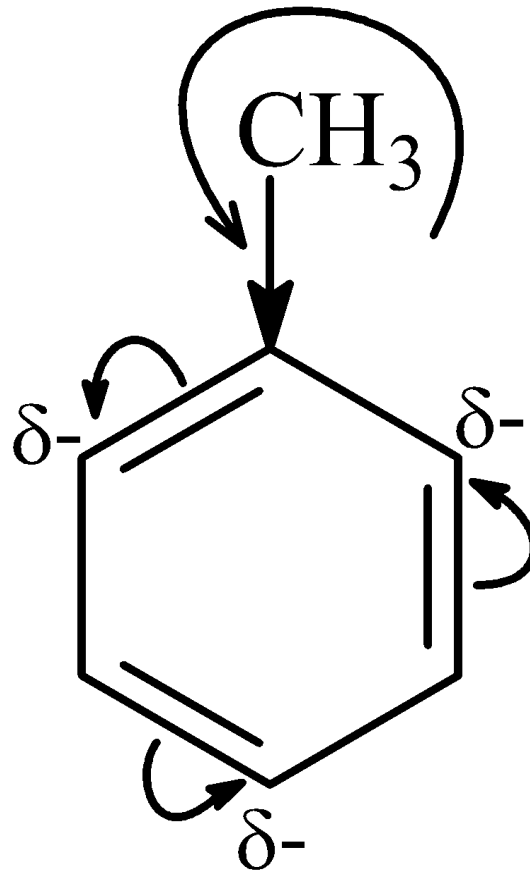
Ориентирующее действие заместителя

По ориентирующему действию заместители можно разделить на 3 группы:

1. Заместители первого рода: направляют замещение в орто- и пара-положения (алкильные группы, -ОН, -NH₂, CH₃O-,).

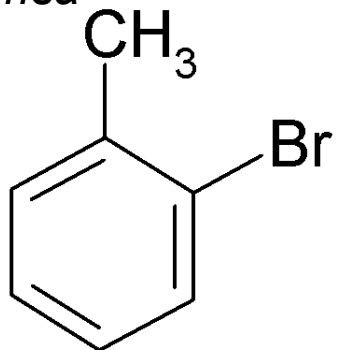
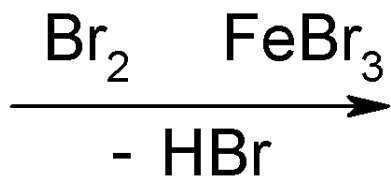
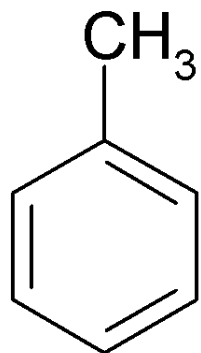
Химические
свойства

Заместители I рода



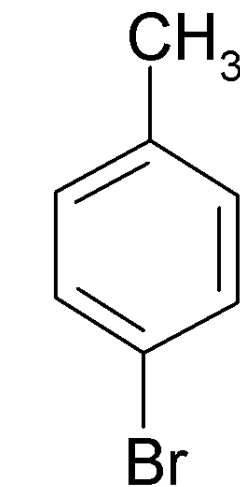
толуо
л

*Химические
свойства*



*o-бромтолуол
бромтолуол*

+



п-

Тест
Превращение толуола в 2,4,6-трибромтолуол осуществляется с помощью реакций:

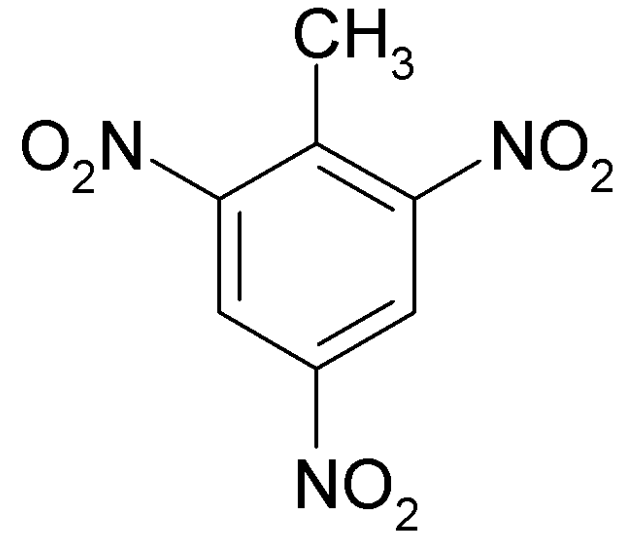
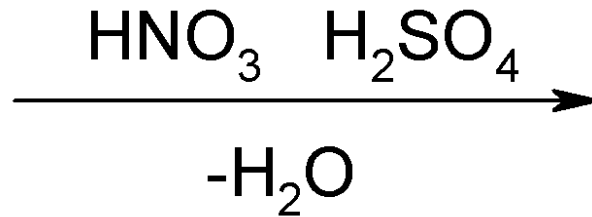
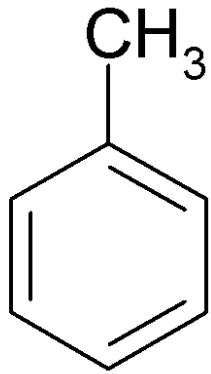
**1)
присоединения**

3) замещения

2) обмена

4) окисления

Химические
свойства

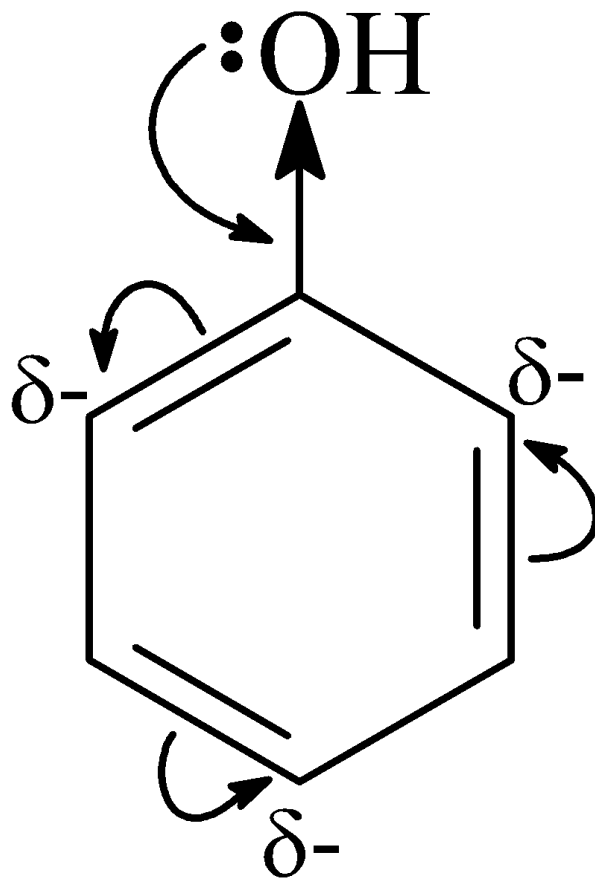


2,4,6-
тринитротолуол
(тротил)

Тротиловый эквивалент используется для оценки энергии, выделяющейся при ядерных взрывах, подрывах химических взрывчатых устройств, падениях астероидов, взрывах вулканов.

Химические
свойства

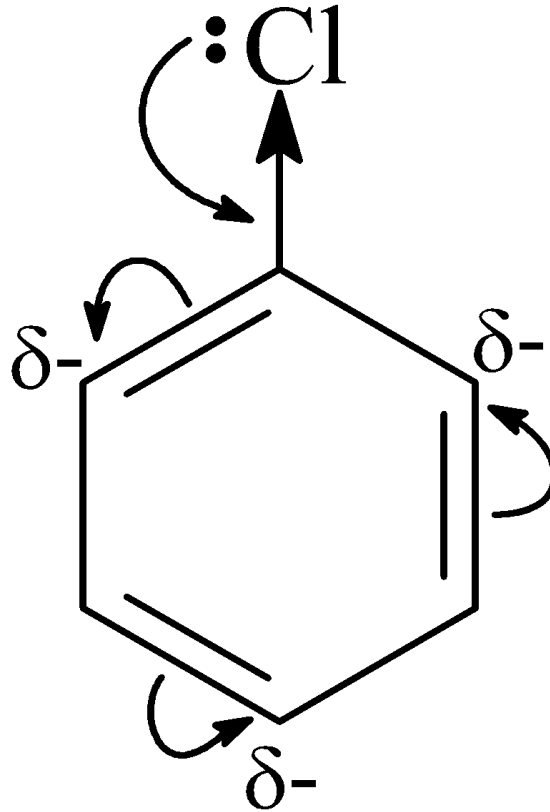
Заместители I рода



фено
л

Химические
свойства

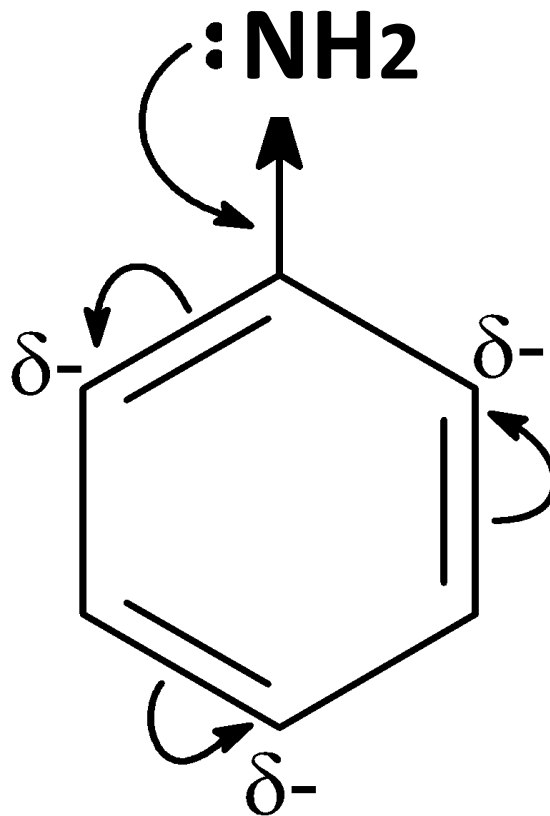
Заместители I рода



хлорбенз
ол

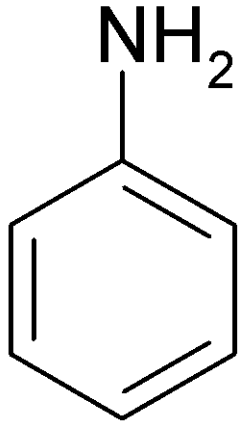
Химические
свойства

Заместители I рода

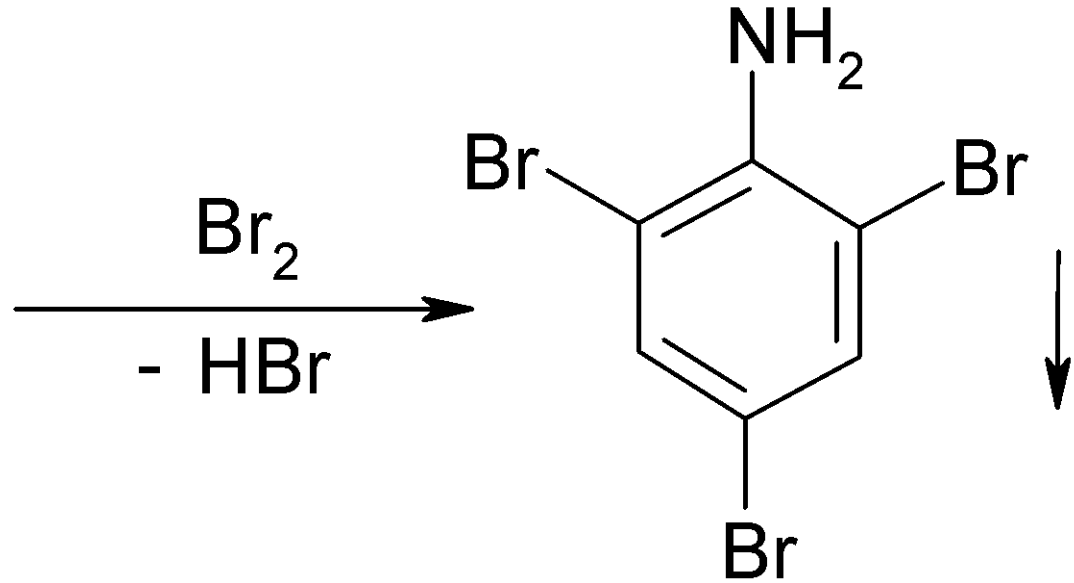


анили
н

Химические
свойства



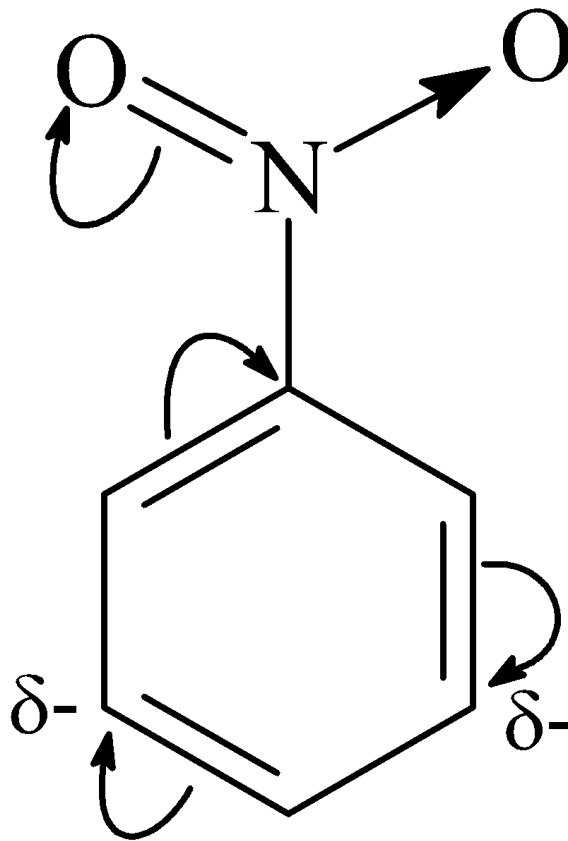
анилин



2,4,6,-триброманилин

Химические
свойства

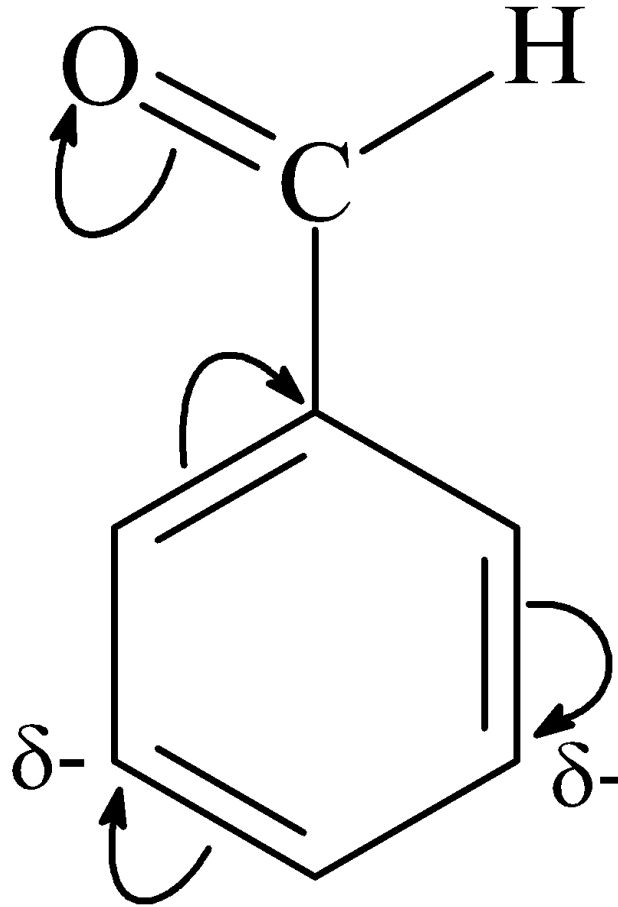
2. Заместители второго рода: направляют замещение в мета-положения (-COOH, -CHO, -CONH₂, -SO₃H, -NO₂).



нитробенз
ол

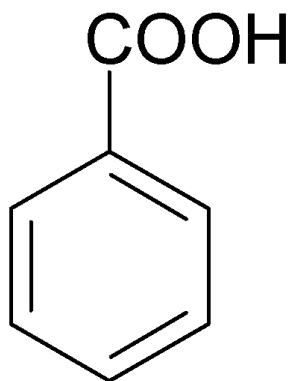
Химические
свойства

Заместители II рода

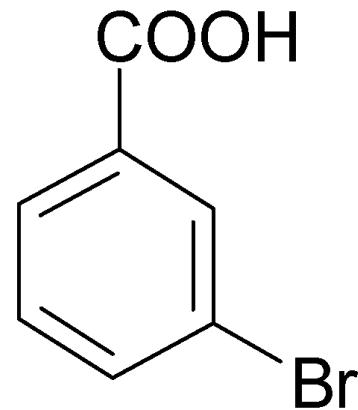
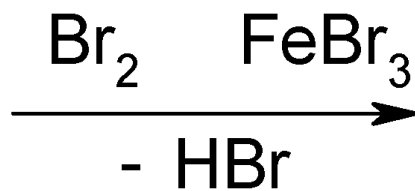


бензальдег
ид

*Химические
свойства*



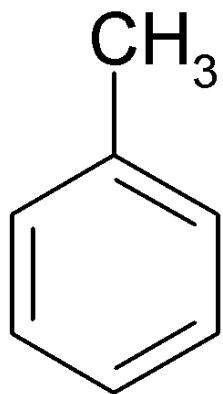
бензойная кислота



м-бромбензойная кислота

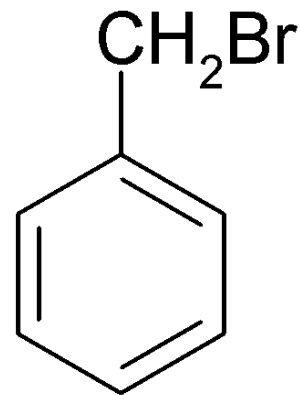
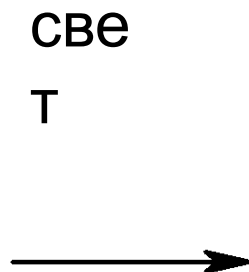
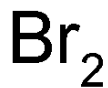
Химические
свойства

Реакции замещения в алкильном заместителе



толуол

+



бензилбромид

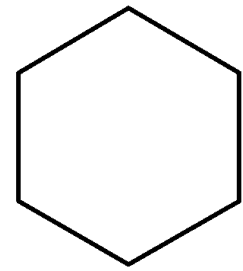
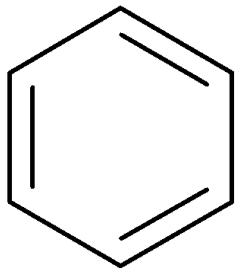
+



*Химические
свойства*

II. Реакции присоединения

1) Гидрирование:



*бензол
циклогексан*

Тест

Взаимодействие бензола с водородом в присутствии никеля при нагревании относится к реакциям:

1) пиролиза

3) разложения

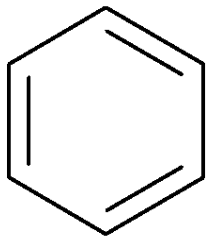
2) замещения

4) присоединения

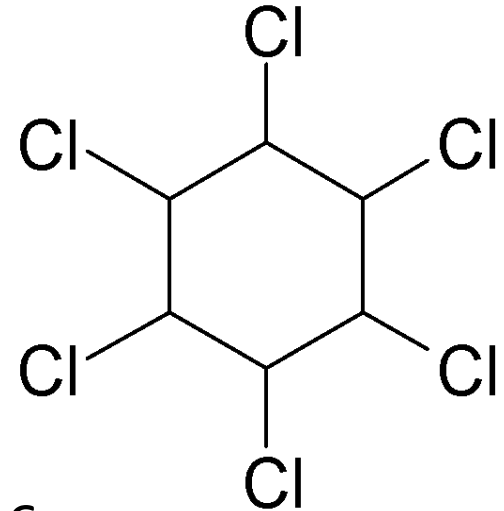
Химические
свойства

2)

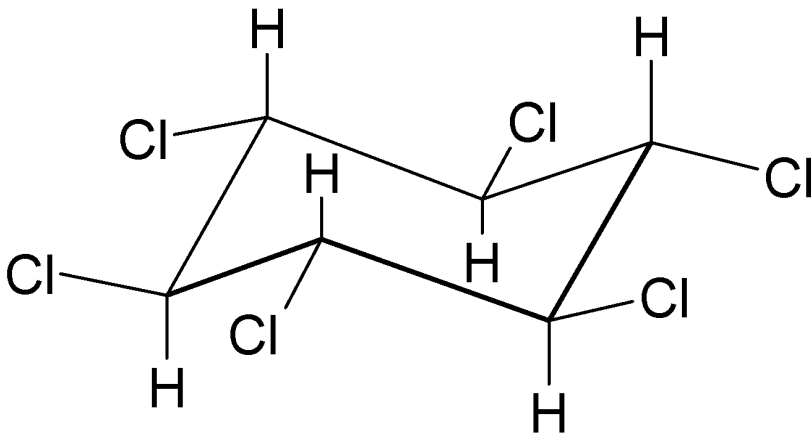
Галогенирование:



hν



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



Структура γ -изомера -
линдана

Тест

ы

Взаимодействие бензола с хлором при освещении относится к реакциям:

1) пиролиза

3) разложения

2) замещения

4) присоединения

Тест

ы

Продуктом взаимодействия бензола с хлором на свету является:

1) хлорбензол

3)

гексахлорбензол

2)

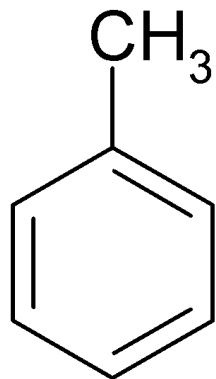
1,3,5-
трихлорбензол

4)

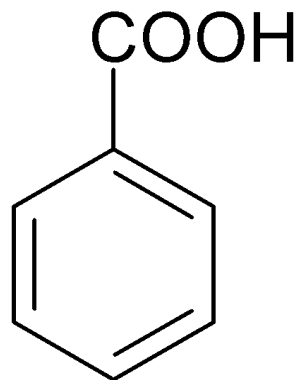
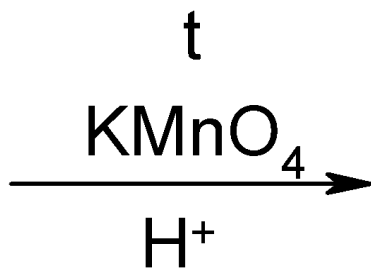
гексахлорциклогекса
н

III. Реакции окисления аренов

1) Окисление алкильных заместителей:



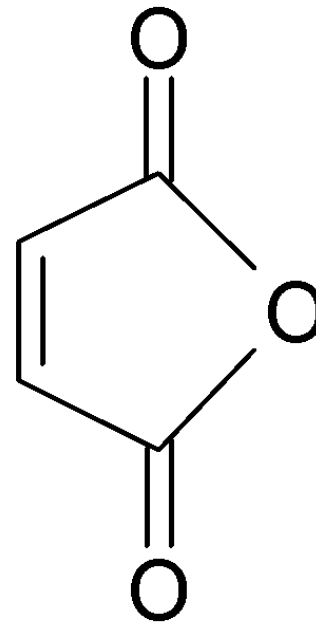
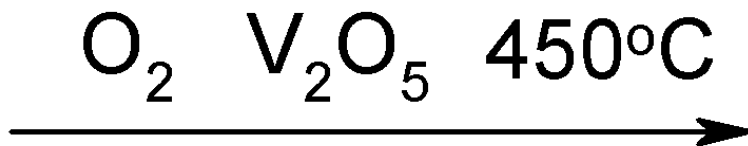
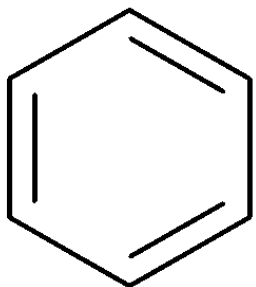
толуол



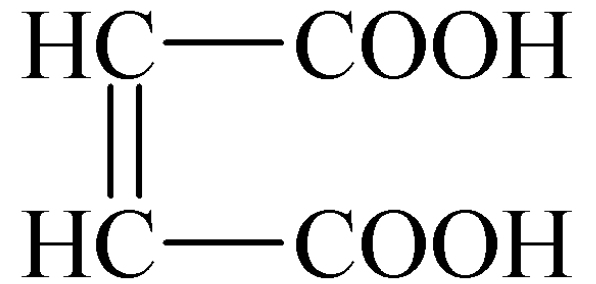
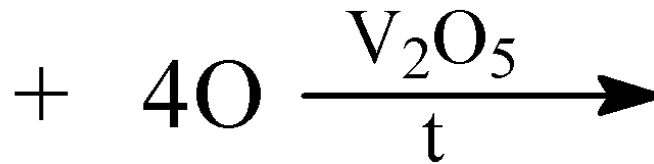
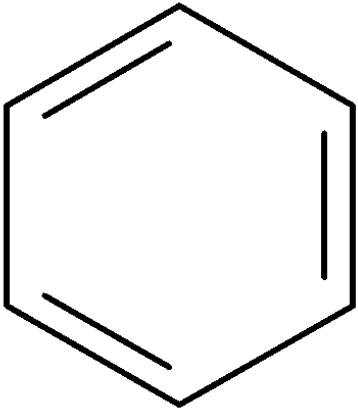
бензойная кислота

Химические
свойства

2) Окисление ароматического кольца:



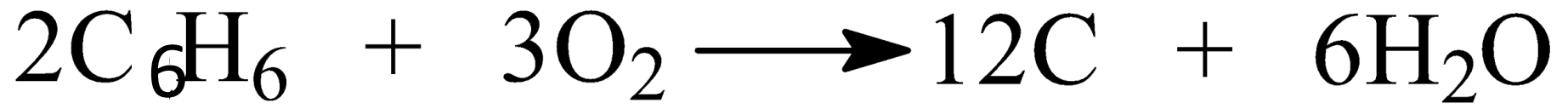
Химические
свойства



малеиновая
кислота

Химические
свойства

**3) Горение бензола коптящим
пламенем**



Установите соответствие между формулой вещества и продуктами его окисления перманганатом калия в присутствии серной кислоты

	ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА		ПРОДУКТЫ ОКИСЛЕНИЯ
А)	изопропилбензол	1)	этиленгликоль
Б)	толуол	2)	бензойная кислота
В)	п-ксилол	3)	бензойная кислота и углекислый газ
Г)	этилбензол	4)	терефталевая кислота
		5)	бензиловый спирт

Установите соответствие между типом реакции, характерном для бензола, и продуктом этой реакции:

	ТИП РЕАКЦИИ		ПРОДУКТ РЕАКЦИИ
А)	гидрирование	1)	нитробензол
Б)	нитрование	2)	циклогексан
В)	фотохимическое хлорирование	3)	хлорбензол
Г)	каталитическое (FeCl ₃) хлорирование	4)	гексахлорциклогексан
		5)	тринитробензол

А	Б	В	Г

Тест
Установите соответствие между исходными веществами и продуктами реакции:

	ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА		ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ
А)	$C_6H_6 + Cl_2$ (в присутствии $FeCl_3$)	1)	$C_6H_6Cl_6$
Б)	$C_6H_6 + Cl_2$ (на свету)	2)	$C_6H_5Cl + HCl$
В)	$C_6H_5CH_3 + Cl_2$ (в присутствии $AlCl_3$)	3)	$C_6H_5CH_2Cl + HCl$
Г)	$C_6H_5CH_3 + Cl_2$ (на свету)	4)	$C_6H_4 Cl CH_3 + HCl$

А	Б	В	Г

Арены способны вступать в реакции:

1) полимеризации

2) присоединения

3) замещения

4) этерификации

5) горения

6) декарбоксилирования

Ответ _____.

Тест

Реакция присоединения
бромоводорода возможна для:

1) бензола

2) циклопропана

3) циклогексана

4) толуола

5) дивинила

6) стирола

Ответ _____.

Бензол взаимодействует с:

1) бромной водой

2) водородом

3) пропиленом

4) хлороводородом

5) водным раствором

перманганата калия

6) азотной кислотой

Ответ _____.

**И бензол, и метилбензол
взаимодействуют с:**

- 1) хлорэтаном в присутствии хлорида алюминия
- 2) бромной водой
- 3) кислородом
- 4) раствором перманганата калия
- 5) водой
- 6) водородом

Ответ _____.

Тест

Стирол, в отличие от бензола,
реагирует с:

1) бромной водой

2) хлороводородом

3) азотной кислотой

4) кислородом

5) водородом

6) перманганатом калия

Ответ _____.

**И для бензола, и для толуола
характерны:**

1) sp^2 -гибридизация всех атомов углерода в молекуле

2) плохо растворяются в воде

3) реакция нитрования

4) реакция гидрирования

5) окисление под действием перманганата калия

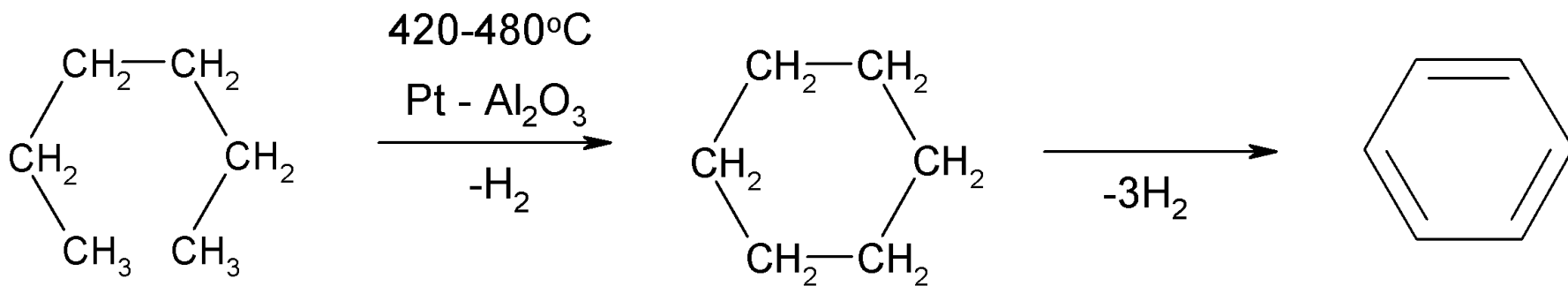
6) горение на воздухе бесцветным пламенем

Ответ _____.

Получение ароматических углеводородов

1) Природные источники: каменноугольная смола,
нефть.

2) Циклизация и ароматизация

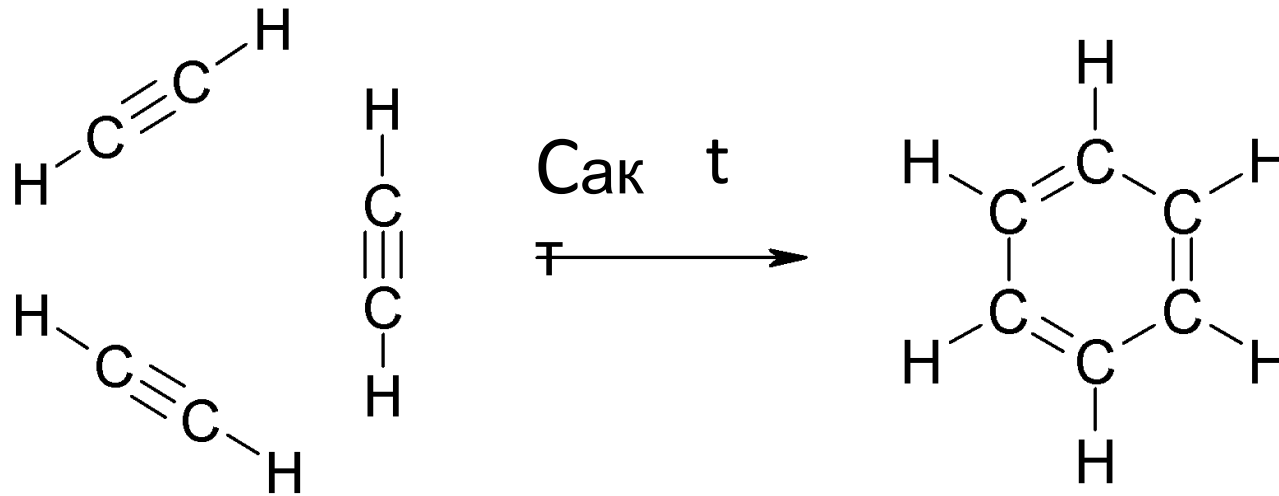


гексан
бензол

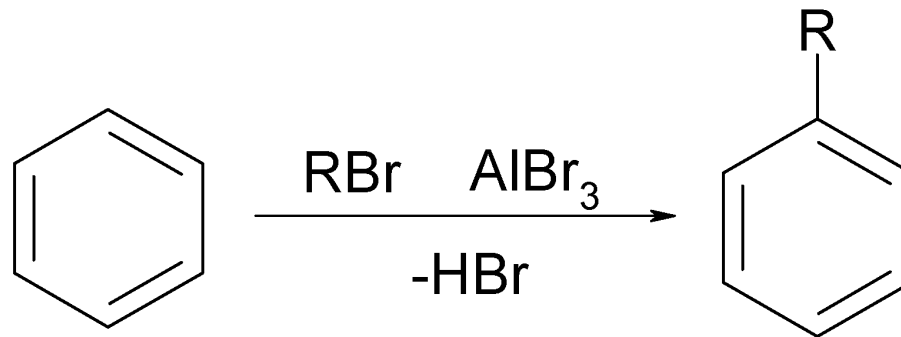
циклогексан

Получение ароматических
углеводородов

3) Тримеризация алкинов (Бертло)



4) Реакции алкилирования



Спасибо
за

Ваше внимание!