

**Памятка по теме «Химические свойства бензола и его гомологов»**

**Сравнение химических свойств бензола, алканов и алкенов.**

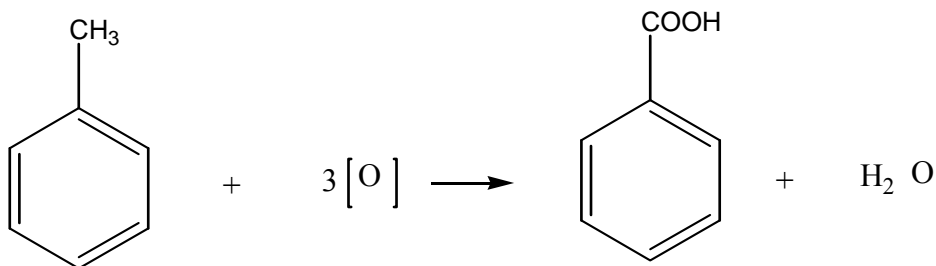
1. Горение:  $2C_6H_6 + 15O_2 \rightarrow 12CO_2 + 6H_2O$  (по радикальному механизму).

2. Сравнение химических свойств бензола, алканов и алкенов.

Алканы	Бензол	Алкены
1) не обесцвечивают раствор $KMnO_4$	1) не обесцвечивают раствор $KMnO_4$	1) обесцвечивают раствор $KMnO_4$ : $CH_2=CH_2 + [O] + HOH \rightarrow CH_2OH-CH_2OH$ (реакция Вагнера)
2) не обесцвечивают р-р $Br_2$	2) не обесцвечивают р-р $Br_2$	2) обесцвечивают р-р $Br_2$ .
3) вступают в реакции замещения по <b>радикальному механизму</b> : а) с галогенами на свету или при нагревании $CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$ ; б) нитрование разбавленной азотной кислотой при $140^{\circ}C$ $CH_4 + HNO_3 \rightarrow CH_3NO_2 + H_2O$	3) <b>вступает в реакции электрофильного замещения по ионному механизму</b> : а) с галогенами в присутствии катализаторов - безводных $AlCl_3$ , $FeCl_3$ , $AlBr_3$ : $C_6H_6 + Cl_2 \rightarrow C_6H_5Cl + HCl$ , $Cl-Cl + AlCl_3 \rightarrow Cl^+[AlCl_4]^-$ б) нитрование нитрующей смесью (смесь концентрированных азотной и серной кислот) $C_6H_6 + HNO_3 \rightarrow C_6H_5NO_2 + H_2O$ ( $H_2SO_4 + HNO_3 \rightarrow NO_2^+ + HSO_4^- + H_2O$ ) в) алкилирование бензола в присутствии катализатора $AlCl_3$ : А. $C_6H_6 + CH_3Cl \rightarrow C_6H_5-CH_3 + HCl$ – реакция Фриделя-Крафтса, Б. $C_6H_6 + CH_2=CH-CH_3 \rightarrow C_6H_6-CH(CH_3)_2$ (кумол)	-
	4) реакции присоединения в жестких условиях: а) гидрирование при нагревании и высоком давлении в присутствии металлических катализаторов (Ni, Pt, Pd) $C_6H_6 + 3H_2 \rightarrow C_6H_{12}$ б) хлорирование под воздействием жесткого ультрафиолетового излучения протекает по <b>радикальному механизму</b> : $C_6H_6 + 3Cl_2 \rightarrow C_6H_6Cl_6$ (гексахлоран)	4) реакции присоединения: а) гидрирование в присутствии металлических катализаторов: $CH_2=CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3-CH_3$ б) галогенирование: $CH_2=CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2Br-CH_2Br$ по <b>ионному механизму электрофильное присоединение</b>

### Взаимное влияние атомов в молекуле.

1. Влияние бензольного кольца на углеводородный радикал рассмотрим на реакции окисления толуола и метана. Толуол, в отличие от метана, окисляется до бензойной кислоты:



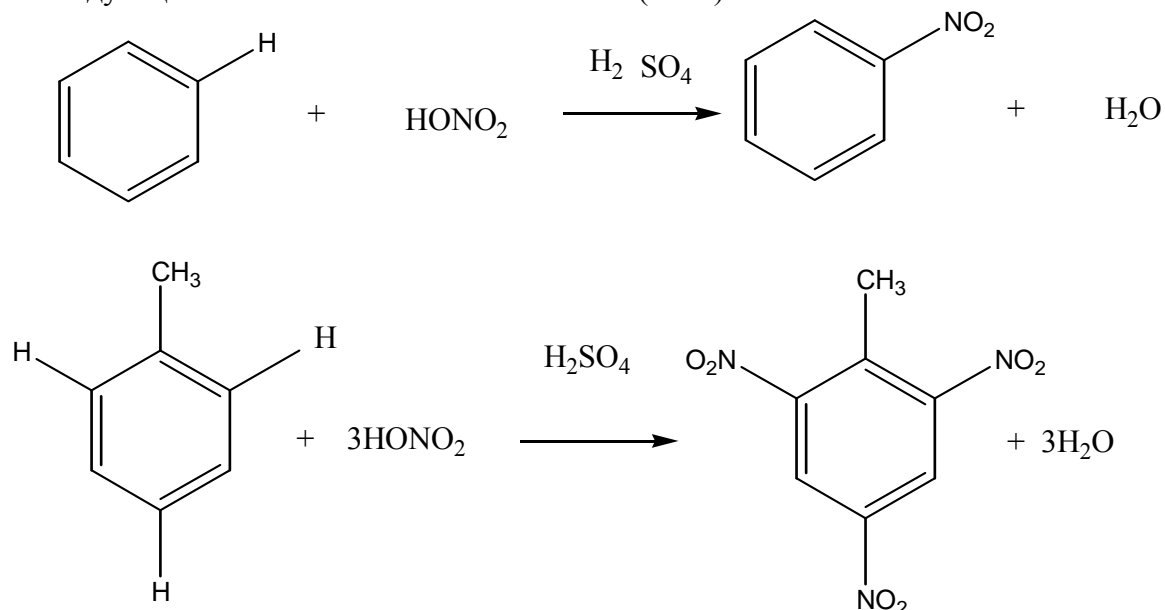
Гомологи бензола с одной боковой цепью, независимо от числа атомов углерода в ней, дают бензойную кислоту. Гомологи, содержащие две боковые цепи, дают двухосновные кислоты.

2. Влияние углеводородного радикала на бензольное кольцо рассмотрим на реакции нитрования азотной кислотой в присутствии концентрированной серной кислоты бензола и толуола. Реакции электрофильного замещения в толуоле идут легче, чем в бензоле. Получается 2,4,6-тринитротолуол (тротил, тол – взрывчатое вещество), а также смесь орто и пара замещенных производных толуола.

Положения 2 и 4 называют орто-положениями, а 6 – пара-положением.

Кроме  $-\text{CH}_3$  или любого другого предельного углеводородного радикала в орто- и пара-положения ориентируют:  $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{Cl}$  ( $-\text{Br}$ ,  $-\text{I}$ ) – это заместители I рода.

К заместителям II рода относятся:  $-\text{NO}_2$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{CHO}$ , которые ориентируют последующий заместитель в мета-положение (3 и 5).



### Гомологи бензола.

1. Гомологи бензола могут реагировать с галогенами не только в присутствии катализатора, но и при нагревании или УФ облучения. Эти условия способствуют **радикальному замещению атома водорода на атом галогена**, которое происходит не в бензольном кольце, а в боковой цепи у атома углерода, непосредственно связанного с бензольным кольцом:  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{-CHCl-CH}_3 + \text{HCl}$ .

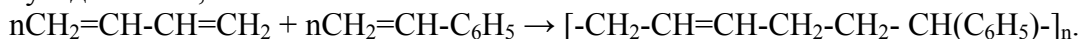
2. Все гомологи бензола обесцвечивают раствор перманганата калия за счет окисления боковых цепей:  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-CH}_3 + 6[\text{O}] \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

### Стирол (винилбензол).

Стирол используют для получения:

1) полимера полистирола  $n\text{CH}_2=\text{CH-C}_6\text{H}_5 \rightarrow [-\text{CH}_2\text{-CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-]_n$ ;

2) бутадиен-стирольного каучука (синтетического) реакцией сополимеризации стирола с бутадиеном-1,3



Стирол получают дегидрированием этилбензола при нагревании и в присутствии катализатора:  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5 + \text{H}_2$ .

Стирол обесцвечивает бромную воду и раствор перманганата калия за счет  $\pi$ -связи в боковой цепи. При окислении в нейтральной среде и при обычных условиях получается двухатомный спирт  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2(\text{OH})$  1-фенилэтандиол-1,2. При нагревании в кислотной среде перманганат калия окисляет стирол до бензойной кислоты и углекислого газа.

Деятельность ученика	
Рефлексия. Письменная работа. По желанию, выберите карточку с заданием первого уровня (оценивается 3 баллами), второго уровня (оценивается 4 баллами), третьего уровня (оценивается 5 баллами).	

### Задания первого уровня.

Первый уровень. Первый вариант.	Первый уровень. Второй вариант.
<p>1. Реакция радикального замещения: 1) <math>\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}</math>; 2) <math>\text{CH}_3\text{Cl} + \text{KOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{KCl}</math>; 3) <math>\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}</math>; 4) <math>\text{C}_2\text{H}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}</math>.</p> <p>2. Реагирует с бромом на свету, но не взаимодействует с ним в темноте: 1) <math>\text{CH}_4</math>; 2) <math>\text{C}_2\text{H}_2</math>; 3) <math>\text{C}_2\text{H}_4</math>; 4) <math>\text{C}_6\text{H}_6</math>.</p> <p>3. Веществом X в схеме превращений <math>\text{C}_6\text{H}_{14} \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}</math> является 1) 1-хлоргексан; 2) 1-хлорциклогексан; 3) циклогексан; 4) бензол</p>	<p>1. Какой углеводород способен присоединить трехкратное количество хлора? 1) метан; 2) этан; 3) пропан; 4) бензол.</p> <p>2. Укажите промежуточное вещество X в схеме превращений: <math>\text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}</math> 1) <math>\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3</math>; 2) <math>\text{CH}_3\text{COOH}</math>; 3) <math>\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}</math>; 4) <math>\text{C}_7\text{H}_{16}</math>.</p> <p>3. С водородом взаимодействует каждое из двух веществ: 1) бензол, пропан; 2) дивинил, этен; 3) дихлорэтан, бутан; 4) бутен, этан; 5) стирол, бутадиен-1,3; 6) этин, бутин-1.</p>

### Задания второго уровня.

Второй уровень. Первый вариант.	Второй уровень. Второй вариант.
<p>1. Взаимодействие бензола с азотной кислотой протекает: 1) с разрушением ароматической системы; 2) с разрушением углеродного скелета; 3) по ионному механизму; 3) как реакция присоединения; 5) с образованием нитробензола; 6) в присутствии концентрированной серной кислоты. Ответ запишите в виде последовательности цифр без пробелов и дополнительных знаков.</p> <p>2. Толуол при определенных условиях реагирует с а) <math>\text{KMnO}_4</math> (p-p); б) <math>\text{O}_2</math>, <math>t^0</math>; в) <math>\text{H}_2\text{O}</math>; г) <math>\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_3</math>; д) <math>\text{H}_2</math>, <math>t^0</math>, kat. 1) а, в, д; 2) а, б, д; 3) б, г; 4) в, д.</p> <p>3. Преобладающим продуктом хлорирования нитробензола является 1) м-нитрохлорбензол; 2) п-нитрохлорбензол; 3) о-нитрохлорбензол; 4) хлорбензол.</p>	<p>1. Бензол при определенных условиях реагирует с а) <math>\text{CH}\equiv\text{CH}</math>; б) <math>\text{Br}_2</math>; в) <math>\text{H}_2</math>; г) <math>\text{NaOH}</math>; д) <math>\text{O}_2</math> 1) а, б; 2) а, в, д; 3) г, д; 4) б, в, д.</p> <p>2. Химические свойства толуола следующие: 1) хлорируется в боковую цепь в присутствии катализатора; 2) при взаимодействии с раствором перманганата калия образует бензойную кислоту; 3) может реагировать с этиленом в присутствии <math>\text{AlCl}_3</math>; 4) при сульфировании образуется смесь о-п-толуолсульфокислот; 5) при взаимодействии с конц. азотной кислотой образуется вещество, которое относится к классу сложных эфиров; 6) вступает в реакции электрофильного замещения труднее, чем бензол. Ответ запишите в виде последовательности цифр без пробелов и дополнительных знаков.</p> <p>3. С водным раствором перманганата калия взаимодействуют 1) бутадиен-1,3; 2) метан; 3) бензол; 4) ацетилен; 5) декан; 6) толуол.</p>

### Задания третьего уровня.

Третий уровень. Первый вариант.	Третий уровень. Второй вариант.																												
<p>1. Установите соответствие между исходными веществами и основным продуктом, полученным в ходе их взаимодействия.</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Исходные вещества</td> <td style="width: 50%;">Продукт реакции</td> </tr> <tr> <td>А) <math>C_6H_6 + CH_3Cl (AlCl_3) \rightarrow</math></td> <td>1) <math>C_2H_5Cl</math></td> </tr> <tr> <td>Б) <math>C_2H_4 + HCl \rightarrow</math></td> <td>2) <math>CH_2Cl-CH_2Cl</math></td> </tr> <tr> <td>В) <math>C_2H_2 + 2HCl \rightarrow</math></td> <td>3) <math>C_6H_6Cl_6</math></td> </tr> <tr> <td>Г) <math>C_2H_6 + Cl_2 (свет) \rightarrow</math></td> <td>4) <math>C_6H_5Cl</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td>5) <math>C_6H_5-CH_3</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td>6) <math>CH_3-CHCl_2</math>.</td> </tr> </table> <p>Ответ запишите в виде последовательности цифр без пробелов и дополнительных знаков.</p> <p>2. Бензол <b>не</b> может реагировать с 1) раствором <math>KMnO_4</math>; 2) пропиленом в присутствии хлорида алюминия; 3) металлическим калием; 4) водородом в присутствии платины; 5) водородом в присутствии хлорида алюминия; 6) концентрированной серной кислотой.</p> <p>3. С водородом может взаимодействовать каждое из веществ в рядах 1) бензол, бутadiен, пропан; 2) пропен, циклопропан, бензол; 3) дивинил, ацетилен, толуол, 4) изопрен, стирол, циклопропан; 5) 2,3-дихлорбутан, бутан, циклобутан; 6) пропин, бутин-2, гексан.</p>	Исходные вещества	Продукт реакции	А) $C_6H_6 + CH_3Cl (AlCl_3) \rightarrow$	1) $C_2H_5Cl$	Б) $C_2H_4 + HCl \rightarrow$	2) $CH_2Cl-CH_2Cl$	В) $C_2H_2 + 2HCl \rightarrow$	3) $C_6H_6Cl_6$	Г) $C_2H_6 + Cl_2 (свет) \rightarrow$	4) $C_6H_5Cl$		5) $C_6H_5-CH_3$		6) $CH_3-CHCl_2$ .	<p>1. Установите соответствие между исходными веществами и основным продуктом, полученным в ходе их взаимодействия.</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Исходные вещества</td> <td style="width: 50%;">Продукт реакции</td> </tr> <tr> <td>А) <math>C_6H_6 + Cl_2 (УФ свет) \rightarrow</math></td> <td>1) <math>C_2H_5OH</math></td> </tr> <tr> <td>Б) <math>C_2H_4 + H_2O (H^+) \rightarrow</math></td> <td>2) <math>CH_3CHO</math></td> </tr> <tr> <td>В) <math>C_2H_2 + H_2O (Hg^{2+}) \rightarrow</math></td> <td>3) <math>CH_3COOH</math></td> </tr> <tr> <td>Г) <math>C_6H_6 + Cl_2 (FeCl_3) \rightarrow</math></td> <td>4) <math>C_6H_5Cl</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td>5) <math>C_6Cl_6</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td>6) <math>C_6H_6Cl_6</math></td> </tr> </table> <p>Ответ запишите в виде последовательности цифр без пробелов и дополнительных знаков.</p> <p>2. Толуол характеризуют следующие признаки: 1) имеет ароматическую <math>\pi</math>-систему; 2) электронная плотность равномерно распределена по ароматическому кольцу; 3) при бромировании в присутствии катализаторов образуется смесь о- и п-изомеров; 4) при хлорировании в присутствии хлорного железа образуется м-изомер; 5) является изомером фенилметана; 6) хорошо растворим в гексане.</p> <p>3. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции: <math>C_6H_5CH_2CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5COOH + CO_2 + \dots + K_2SO_4 + H_2O</math>. Определите окислитель и восстановитель.</p>	Исходные вещества	Продукт реакции	А) $C_6H_6 + Cl_2 (УФ свет) \rightarrow$	1) $C_2H_5OH$	Б) $C_2H_4 + H_2O (H^+) \rightarrow$	2) $CH_3CHO$	В) $C_2H_2 + H_2O (Hg^{2+}) \rightarrow$	3) $CH_3COOH$	Г) $C_6H_6 + Cl_2 (FeCl_3) \rightarrow$	4) $C_6H_5Cl$		5) $C_6Cl_6$		6) $C_6H_6Cl_6$
Исходные вещества	Продукт реакции																												
А) $C_6H_6 + CH_3Cl (AlCl_3) \rightarrow$	1) $C_2H_5Cl$																												
Б) $C_2H_4 + HCl \rightarrow$	2) $CH_2Cl-CH_2Cl$																												
В) $C_2H_2 + 2HCl \rightarrow$	3) $C_6H_6Cl_6$																												
Г) $C_2H_6 + Cl_2 (свет) \rightarrow$	4) $C_6H_5Cl$																												
	5) $C_6H_5-CH_3$																												
	6) $CH_3-CHCl_2$ .																												
Исходные вещества	Продукт реакции																												
А) $C_6H_6 + Cl_2 (УФ свет) \rightarrow$	1) $C_2H_5OH$																												
Б) $C_2H_4 + H_2O (H^+) \rightarrow$	2) $CH_3CHO$																												
В) $C_2H_2 + H_2O (Hg^{2+}) \rightarrow$	3) $CH_3COOH$																												
Г) $C_6H_6 + Cl_2 (FeCl_3) \rightarrow$	4) $C_6H_5Cl$																												
	5) $C_6Cl_6$																												
	6) $C_6H_6Cl_6$																												

**Домашнее задание.** § 26 (№№ 1 – 3), § 27 (№№ 1, 2), § 28 (№№ 1 – 4), § 30 (№№ 1 – 4), § 31 (№№ 1 – 2). По желанию, выполнить задание другого варианта или задания более сложного уровня.

#### Задания для устного опроса по теме «Химические свойства бензола и его гомологов».

1. Почему ароматические углеводороды горят коптящим пламенем?
2. С каким веществом реагируют ароматические углеводороды и не реагируют алканы?  
1)  $I_2$ , 2)  $Cl_2$ , 3)  $HNO_3$ , 4)  $C_2H_5Cl$ .
3. Какое вещество по-разному реагирует с ароматическими углеводородами в зависимости от условий проведения реакции? 1)  $H_2$ , 2)  $Cl_2$ , 3)  $HNO_3$ , 4)  $KMnO_4$ .
4. Реакция толуола с хлором на свету протекает по механизму ... 1) радикального присоединения; 2) радикального замещения; 3) электрофильного замещения; 4) образования  $\sigma$ -комплекса.
5. Какое вещество может вступить в реакции электрофильного присоединения и электрофильного замещения? 1)  $C_6H_5CH=CH_2$ ; 2)  $CH_2=CHCl$ ; 3)  $C_6H_5Cl$ ; 4)  $C_6H_5NO_2$ .
6. В какое положение будет вступать нитрогруппа при реакции трет-бутилбензола  $C_6H_5C(CH_3)_3$  с концентрированной азотной кислотой? 1) орто-; 2) мета-; 3) пара-; 4) в боковую цепь.
7. Назовите простейший ароматический углеводород, который не может вступать в реакции электрофильного замещения. 1) 1,2,3-триметилбензол; 2) гексаметилбензол; 3) тринитротолуол; 4) гексаметилциклогексан.
8. Почему реакции присоединения у аренов идут труднее, чем у непредельных углеводородов?