Е.В. ЗЫКОВА

БОЛЬШАЯ ПЕРЕМЕНА

ХИМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ

Тренажер для подготовки к ЕГЭ

ГИДРАТАЦИЯ ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ ДЕГИДРИРОВАНИЕ
ИОННЫЙ ОБМЕН ЭТЕРИФИКАЦИЯ
ИНВЕРСИЯ ОКСИДЫ КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ
НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ СОЛИ
ГИДРОЛИЗ
ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ
ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

ФЕНИКС

УДК 373.167.1:54
ББК 24я72
КТК 444
З-96

Зыкова Е.В.
З-96 Химические уравнения : тренажер для подготовки к ЕГЭ / Е.В. Зыкова. — Изд. 2-е. — Ростов н/Д : Феникс, 2019. — 252, [1] с. — (Большая перемена).

ISBN 978-5-222-31297-1

Книга содержит наиболее полный и разнообразный набор химических уравнений по всем разделам школьного курса химии (базовый и углубленный уровни).

Цель пособия — помочь школьникам научиться составлять химические уравнения разных типов для всех классов неорганических и органических соединений, для соединений всех естественных семейств химических элементов. Пособие позволяет гарантированно улучшить качество знаний, так как охватывает даже самые сложные для понимания учащихся темы курса химии.

Издание окажет неоценимую помощь ученикам при подготовке к ЕГЭ по химии. С помощью этого пособия многие школьники смогли успешно сдать экзамен на высокий балл и, в дальнейшем, показать достойный уровень знаний, учась на химических и медицинских факультетах вузов.

Данное пособие разработано для учеников старших классов, учителей, репетиторов, преподавателей курсов. Может быть использовано целиком для подготовки к ЕГЭ, а его отдельные главы и упражнения помогут в повышении качества знаний по химии.

УДК 373.167.1:54
ББК 24я72

ISBN 978-5-222-31297-1

© Зыкова Е.В., 2018
© Оформление, ООО «Феникс», 2018

Предисловие

Грамотно и быстро составлять уравнения химических реакций — мечта любого человека, изучающего химию. Поэтому основное назначение пособия — восполнить пробелы и систематизировать знания по составлению химических уравнений. Это значит, не только помочь разобраться в способах составления уравнений всех типов химических реакций по органической и неорганической химии, в способах подбора коэффициентов в различных уравнениях, но и применить полученные знания на практике. После выполнения даже части заданий химические уравнения больше не будут вызывать страх и казаться непреодолимым препятствием.

Настоящее пособие по химии создано автором на основании опыта подготовки учащихся профильных и общеобразовательных классов к Единому государственному экзамену (ЕГЭ). Химический тренажер включает в себя 159 упражнений, охватывающих те темы курса химии, где требуется умение составлять химические уравнения. Каждое упражнение предваряют правила, объяснения и примеры. Задания в упражнениях разделены по уровням сложности. Подобная дифференциация заданий позволяет использовать их как в базовом, так и в профильном курсах обучения, осуществлять индивидуальный подход к каждому ученику, повышая качество знаний и создавая комфортные условия для подготовки к экзамену.

К выпускным испытаниям начинают готовиться ученики с разным уровнем знаний, и часто возникает необходимость научиться «с нуля» составлять химические уравнения. Для таких учеников предлагаются упражнения, тщательное выполнение которых постепенно приведет к выработке химической грамотности. Ученик с любым уровнем подготовки найдет себе задания по силам, сможет устранить пробелы в базовой части программы, а затем освоить и углубленную часть программы по

составлению химических уравнений. Большое внимание в пособии уделено химии элементов и окислительно-восстановительным реакциям, не забыты и качественные реакции, сделан акцент на практико-ориентированную составляющую часть программы. В конце пособия содержатся приложения, в которых представлен справочный материал, требующийся для составления химических уравнений.

Пособие может быть использовано для подготовки к ЕГЭ как самостоятельно, так и под руководством преподавателя, а также для повышения уровня знаний по химии.

Раздел I

УРАВНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ С УЧАСТИЕМ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Глава 1

ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПО ЧИСЛУ И СОСТАВУ ИСХОДНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ

1. Подбор коэффициентов

Упражнение 1. Подбор коэффициентов в химических уравнениях поэлементным подбором.

Подбор коэффициентов осуществляется в соответствии с законом сохранения числа атомов каждого элемента (следствие из закона сохранения массы) до и после реакции (слева и справа от знака равенства). Подбор коэффициентов проводят поэлементно, т. е. последовательным уравниванием числа символов атомов каждого элемента справа и слева. Все коэффициенты должны быть минимально возможными натуральными числами.

Если уравнение составлено верно, то в его левой и правой части число атомов каждого элемента будет одинаковым.

1. Закончите расстановку коэффициентов в следующих уравнениях реакций:

1) $2Cr(OH)_3 \rightarrow Cr_2O_3 + H_2O$

2) $Al_2(SO_4)_3 + Ba(NO_3)_2 \rightarrow Al(NO_3)_3 + 3BaSO_4$

3) $H_3PO_4 + P_2O_5 \rightarrow 3H_4P_2O_7$

4) $PCl_5 + 4H_2O \rightarrow H_3PO_4 + HCl$

5) $Al_2S_3 + 6HCl \rightarrow AlCl_3 + H_2S$

6) $Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2$

7) $H_2O + Mg_3N_2 \rightarrow 3Mg(OH)_2 + NH_3$

8) $3Cl_2 + KOH \rightarrow 5KCl + KClO_3 + H_2O$

2. Расставьте коэффициенты в следующих уравнениях реакций:

1) $Mg + O_2 \rightarrow MgO$
2) $H_2O \rightarrow H_2 + O_2$
3) $Ba + O_2 \rightarrow BaO$
4) $N_2 + O_2 \rightarrow NO$
5) $MnO_2 + H_2 \rightarrow Mn + H_2O$
6) $Ca + HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2$
7) $Na_2O + H_2O \rightarrow NaOH$
8) $P_2O_5 + H_2O \rightarrow HPO_3$
9) $FeO + C \rightarrow Fe + CO_2$
10) $Al_2O_3 + H_2 \rightarrow Al + H_2O$
11) $KOH + Cl_2 \rightarrow KClO + KCl + H_2O$
12) $Bi(OH)_3 \rightarrow Bi_2O_3 + H_2O$
13) $CaO + P_2O_5 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$
14) $Fe_2O_3 + HCl \rightarrow FeCl_3 + H_2O$

Упражнение 2. Подбор коэффициентов в химических уравнениях с использованием наименьшего общего кратного.

Например. Дана схема реакции:

$$KClO_3 \rightarrow KCl + O_2.$$

Атом какого элемента требует особого внимания в данной реакции? Конечно, кислорода. Слева — 3 атома, справа — 2 атома. Находим наименьшее общее кратное для 2 и 3. Это 6.

$$KClO_3 \xrightarrow{6} KCl + O_2.$$

Делим НОК на 3 и получаем коэффициент **2** для левой части уравнения, делим НОК на 2 и перед молекулой кислорода в правой части ставим коэффициент **3**. Остальные коэффициенты подбираем поэлементно:

$$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2.$$

3. Подберите коэффициенты с использованием наименьшего общего кратного (НОК):

1) $Al + Cl_2 \rightarrow AlCl_3$
2) $P + O_2 \rightarrow P_2O_5$
3) $KClO_3 \rightarrow KCl + KClO_4$
4) $N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$
5) $Al + CuCl_2 \rightarrow AlCl_3 + Cu$
6) $Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$

Если интересующий нас атом встречается в разных молекулах одной части реакции, то подбирать наименьшее общее кратное не рационально.

Например. Дана схема реакции: $CO + O_2 \rightarrow CO_2$.

В левой части атом кислорода встречается в молекулах CO и O_2 — всего 3, а в правой части видим 2 атома кислорода.

Поступим просто: удвоим атомы кислорода в той части реакции, где их меньше, т. е. поставим коэффициент **2** в правой части перед молекулой CO_2. Остальные коэффициенты подбираем поэлементно:

$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2.$$

4. Расставьте коэффициенты в следующих уравнениях реакций:

1) $KNO_3 \rightarrow KNO_2 + O_2$
2) $SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$
3) $K + H_2O \rightarrow KOH + H_2$
4) $Na_2O_2 + Na \rightarrow Na_2O$
5) $NO + O_2 \rightarrow NO_2$
6) $N_2O_3 + O_2 \rightarrow N_2O_4$

Упражнение 3. Закрепление навыков расстановки коэффициентов в химических уравнениях.

5. Расставьте коэффициенты в следующих уравнениях реакций:

1) $Na_2O + H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 + H_2O$
   $Fe_2(SO_4)_3 + NaOH \rightarrow Fe(OH)_3 + Na_2SO_4$
2) $Al_2O_3 + H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2O$
   $Na_3PO_4 + MnCl_2 \rightarrow Mn_3(PO_4)_2 + NaCl$
3) $Fe_2O_3 + HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + H_2O$
   $NH_4HSO_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_3 + SO_2 + H_2O$

4) $HIO_3 \rightarrow I_2O_5 + H_2O$
$Na_2SO_3 + HCl \rightarrow NaCl + SO_2 + H_2O$

5) $MgO + H_3PO_4 \rightarrow Mg_3(PO_4)_2 + H_2O$
$Cr_2O_3 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$

6) $KOH + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + H_2O$
$Ca(OH)_2 + H_3PO_4 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 + H_2O$

7) $KH_2PO_4 + KOH + LiCl \rightarrow H_2O + Li_3PO_4 + KCl$
$K_2HPO_4 + AgNO_3 \rightarrow Ag_3PO_4 + KH_2PO_4 + KNO_3$

2. Составление уравнений химических реакций разных типов

Правила составления уравнений химических реакций

- Записать исходные вещества.
- Установить возможность реакции между данными веществами (указать, какое свойство вещества проявляется или причину реакции).
- Предсказать продукты реакции, определив ее тип.
- Составить формулы исходных веществ и продуктов реакции.
- Обосновать и расставить коэффициенты удобным способом.

2.1. Уравнения реакций соединения

В реакциях соединения из двух или более простых или сложных веществ получается одно, более сложное вещество.

A + B = AB

Формулы продуктов реакции необходимо составлять по степеням окисления или валентности.

Реакции соединения с участием простых веществ всегда являются окислительно-восстановительными.

Упражнение 4. Уравнения химических реакций соединения простых веществ.

6. Допишите уравнения реакций соединения:

1) $C + O_2 \rightarrow$
2) $Zn + Br_2 \rightarrow$
3) $Ca + P \rightarrow$
4) $Al + S \rightarrow$
5) $P + O_2 \rightarrow$
6) $N_2 + H_2 \rightarrow$
7) $Li + N_2 \rightarrow$
8) $H_2 + Cl_2 \rightarrow$

7. Составьте уравнения реакций соединения между простыми веществами:

1) алюминием и йодом;
2) кальцием и водородом;
3) алюминием и кислородом;
4) фосфором и кислородом;
5) водородом и кислородом;
6) азотом и кислородом;
7) водородом и азотом;
8) углеродом и хлором;
9) натрием и серой;
10) фосфором и бромом.

Упражнение 5. Уравнения химических реакций соединения сложных веществ.

8. Допишите уравнения реакций соединения сложных веществ с простыми веществами:

1) $NO + O_2 \rightarrow$
$PCl_3 + Cl_2 \rightarrow$
$P_2O_3 + O_2 \rightarrow$
$Cu_2O + O_2 \rightarrow$

2) $FeCl_2 + Cl_2 \rightarrow$
$CO + O_2 \rightarrow$
$SO_2 + O_2 \rightarrow$
$Na_2O + O_2 \rightarrow$

3) $FeCl_3 + Fe \rightarrow$
$Na_2SO_3 + O_2 \rightarrow$
$K_2S + S \rightarrow$
$Na_2SO_3 + S \rightarrow$

9. Допишите уравнения реакций соединения основных оксидов с кислотными оксидами:

> Чтобы составить уравнение реакции взаимодействия основного оксида с кислотным, нужно под формулой кислотного оксида записать формулу соответствующей кислоты (см. *Приложение № 2*). Эта «шпаргалка» покажет, какой кислотный остаток станет рядом с атомом металла в формуле полученной соли. Формулу продукта реакции надо проверить по зарядам ионов.
>
> $$Na_2O + \underset{H_2CO_3}{CO_2} \rightarrow Na_2CO_3$$
>
> Реакция между оксидами возможна, если получающаяся соль в принципе существует.

1) $Li_2O + CO_2 \rightarrow$
   $SO_3 + K_2O \rightarrow$
   $Rb_2O + N_2O_3 \rightarrow$
   $BaO + SiO_2 \rightarrow$
   $... + SO_2 \rightarrow BaSO_3$
   $K_2O + ... \rightarrow K_2SO_4$

2) $K_2O + SO_2 \rightarrow$
   $CaO + P_2O_5 \rightarrow$
   $Mn_2O_7 + K_2O \rightarrow$
   $Na_2O + N_2O_5 \rightarrow$
   $CaO + ... \rightarrow CaCO_3$
   $Na_2O + CrO_3 \rightarrow$

10. Допишите реакции соединения сложных веществ:

1) $CuSO_4 + 5H_2O \rightarrow$
   $CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow$
   $NO_2 + O_2 + H_2O \rightarrow$
   $Na_3PO_4 + H_3PO_4 \rightarrow$
   $NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow$

2) $CaO + H_2O \rightarrow$
   $SO_3 + H_2O \rightarrow$
   $ZnO + KOH + H_2O \rightarrow$
   $KNO_2 + O_2 \rightarrow$
   $PH_3 + HI \rightarrow$

2.2. Уравнения реакций замещения

Упражнение 6. Уравнения химических реакций замещения.

> В реакциях замещения чаще всего участвуют простые и сложные вещества. При этом образуются другие простые и сложные вещества.
>
> $$A + BC = AC + B$$
>
> Многие реакции замещения являются *окислительно-восстановительными*.

11. Допишите уравнения реакций замещения, расставьте коэффициенты:

1) $Cu + HgCl_2 \rightarrow$
   $NaI + Br_2 \rightarrow$
   $Al + Fe_2O_3 \rightarrow$
   $Zn + HCl \rightarrow$
   $KBr + Cl_2 \rightarrow$
   $Na_2CO_3 + Al_2O_3 \rightarrow$

2) $PbO_2 + H_2 \rightarrow$
   $H_2O + C \rightarrow$
   $Zn + FeCl_2 \rightarrow$
   $Na_2S + Br_2 \rightarrow$
   $CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow$
   $KClO_3 + I_2 \rightarrow$

12. Составьте уравнения реакций взаимодействия:

1) кальция с соляной кислотой;
2) сульфата меди (II) с железом;
3) бромида калия с хлором;
4) водорода с оксидом вольфрама (VI);
5) алюминия с хлоридом меди (II);
6) оксида кремния (IV) и магния;
7) карбоната бария с оксидом хрома (III);
8) сульфита кальция и оксида кремния (IV).

Упражнение 7. Уравнения химических реакций замещения, при составлении которых используется ряд напряжений металлов.

> **С *растворами кислот*** взаимодействуют только те металлы, которые в ряду напряжений стоят **ДО** водорода. Исключение — концентрированная серная кислота и азотная кислота любой концентрации. В результате взаимодействия металлов с растворами кислот должны образовываться растворимые соли.
>
> При взаимодействии металлов с ***растворами солей*** пользуйтесь следующим правилом:
>
> Более активные металлы вытесняют менее активные из растворов их солей.
>
> Или: каждый предыдущий металл в ряду напряжений вытесняет каждый последующий из растворов его солей.
>
> **Внимание!** Правило не распространяется на активные металлы. Исходная и полученная соли должны быть растворимы.

13. Допишите уравнения возможных окислительно-восстановительных реакций замещения:

1) $Cu + HCl \rightarrow$
2) $Mg + H_2SO_4(разб.) \rightarrow$
3) $Fe + CuSO_4 \rightarrow$
4) $Hg + H_2SO_4(разб.) \rightarrow$
5) $Pb(NO_3)_2 + Pd \rightarrow$
6) $AgNO_3 + Cu \rightarrow$
7) $Li + H_3PO_4 \rightarrow$
8) $Zn + H_2SO_4(разб.) \rightarrow$
9) $Ag + H_2SO_4(разб.) \rightarrow$
10) $Al + HBr \rightarrow$
11) $Mg + HCl \rightarrow$
12) $Fe + HNO_2 \rightarrow$
13) $Ca + HI \rightarrow$
14) $Hg + HCl \rightarrow$

2.3. Уравнения реакции разложения

Упражнение 8. Уравнения химических реакций разложения.

> В реакциях разложения из сложного вещества получаются:
> - 2 простых вещества;
> - 1 сложное и 1 простое вещества;
> - 2 сложных вещества;
> - более двух веществ $A = C + B + D$.

14. Составьте уравнения реакций разложения бинарных соединений на два простых вещества:

1) $CuO \xrightarrow{t}$
2) $NO \xrightarrow{t}$
3) $NH_3 \xrightarrow{t}$
4) $AuCl_3 \xrightarrow{t}$
5) $N_2O \xrightarrow{t}$
6) $HgO \xrightarrow{t}$
7) $Ag_2O \xrightarrow{t}$
8) $Au_2O_3 \xrightarrow{t}$
9) $H_2O \xrightarrow{эл.\ ток}$
10) $CaBr_2 \xrightarrow{эл.\ ток}$

15. Составьте уравнения реакций разложения сложных веществ на сложное и простое вещества:

1) $BaO_2 \xrightarrow{t} BaO + ...$
$H_2O_2 \xrightarrow{MnO_2} ... + ...$
$NH_4NO_2 \xrightarrow{t} H_2O + ...$

2) $CrO_3 \xrightarrow{t} Cr_2O_3 + ...$
$NO_2 \xrightarrow{t} NO + ...$
$KClO_3 \xrightarrow{t} KCl + ...$

16. Составьте уравнения реакций разложения нерастворимых оснований:

> Нерастворимые основания при нагревании разлагаются на соответствующий оксид и воду.

1) $Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$
$CuOH \xrightarrow{t}$
$Ni(OH)_2 \xrightarrow{t}$
$Ca(OH)_2 \xrightarrow{t}$

2) $Al(OH)_3 \xrightarrow{t}$
$Fe(OH)_3 \xrightarrow{t}$
$Cr(OH)_3 \xrightarrow{t}$
$Co(OH)_2 \xrightarrow{t}$

17. Составьте уравнения реакций разложения кристаллогидратов, некоторых кислот и солей:

1) $CuSO_4 \cdot 5H_2O \xrightarrow{t}$
$H_2SiO_3 \xrightarrow{t}$
$NH_4Cl \xrightarrow{t}$
$(CuOH)_2CO_3 \xrightarrow{t}$

2) $HNO_3 \xrightarrow{t}$
$KMnO_4 \xrightarrow{t}$
$Na[Al(OH)_4] \xrightarrow{t}$
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O \xrightarrow{t}$

Упражнение 9. Уравнения химических реакций разложения карбонатов и гидрокарбонатов.

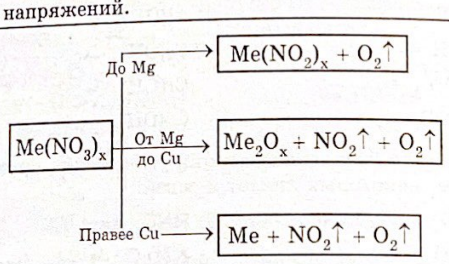
> - Карбонаты щёлочноземельных металлов и магния разлагаются на соответствующие основный и кислотный оксиды.
> - Карбонаты щелочных металлов плавятся без разложения. Исключение — карбонат лития.
> - Гидрокарбонаты разлагаются на карбонат, воду и углекислый газ.

18. Составьте уравнения реакций разложения следующих солей:

1) $MgCO_3 \xrightarrow{t}$
2) $NaHCO_3 \xrightarrow{t}$
3) $CaCO_3 \xrightarrow{t}$
4) $Ba(HCO_3)_2 \xrightarrow{t}$
5) $Li_2CO_3 \xrightarrow{t}$
6) $SrCO_3 \xrightarrow{t}$

Упражнение 10. Уравнения химических реакций разложения нитратов.

Продукты разложения нитратов зависят от положения металла, образующего соль, в электрохимическом ряду напряжений.



Обратите внимание!

$4LiNO_3 \xrightarrow{t} 2Li_2O + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$

$4Fe(NO_3)_2 \xrightarrow{t} 2Fe_2O_3 + 8NO_2\uparrow + O_2\uparrow$

$Mn(NO_3)_2 \xrightarrow{t} MnO_2 + 2NO_2\uparrow$

$NH_4NO_3 \xrightarrow{t} N_2O + 2H_2O$

19. Составьте уравнения реакций разложения нитратов, пользуясь схемой. Коэффициенты расставьте при помощи метода электронного баланса.

1) $Ca(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$ 2) $Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{t}$

3) $Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$ 4) $NaNO_3 \xrightarrow{t}$

5) $AgNO_3 \xrightarrow{t}$ 6) $LiNO_3 \xrightarrow{t}$

7) $Mn(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$ 8) $Cr(NO_3)_3 \xrightarrow{t}$

9) $Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$ 10) $Mg(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$

2.4. Уравнения реакций обмена

Упражнение 11. Уравнения химических реакций обмена.

В реакциях обмена сложные вещества «обмениваются» составными частями (ионами металлов, кислотных остатков и пр.). Чтобы определить продукты реакции, соедините крайние части веществ в новую молекулу. Аналогично поступите со средними частями. Обязательно проверьте правильность составления формул продуктов реакции по зарядам ионов, степеням окисления или валентности.

АВ + СД = АД + ВС

Внимание! H^+ и OH^- или атомы H и O, «встречаясь» в реакциях обмена, дают молекулу воды.

20. Допишите уравнения реакций обмена, расставьте коэффициенты:

1) $CuO + HCl \rightarrow$ 2) $Al_2O_3 + HCl \rightarrow$

3) $FeS + HCl \rightarrow$ 4) $K_2SO_4 + AgNO_3 \rightarrow$

5) $Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow$ 6) $Na_2CO_3 + CaCl_2 \rightarrow$

7) $HNO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow$ 8) $H_2SO_4 + Ba(OH)_2 \rightarrow$

9) $H_3PO_4 + Sr(OH)_2 \rightarrow$ 10) $K_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$

21. Закончите уравнения реакций обмена между:

1) карбонатом калия и хлоридом бария;
2) гидроксидом кальция и карбонатом калия;
3) гидроксидом бария и ортофосфатом натрия;
4) сульфатом железа (III) и гидроксидом калия;
5) нитратом меди (II) и гидроксидом натрия;
6) хлоридом железа (II) и гидроксидом лития.

22. Допишите недостающие исходные вещества и продукты реакций обмена, расставьте коэффициенты:

1) $... + Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$

2) $CaCl_2 + ... \rightarrow CaCO_3\downarrow + ...$

3) $... + HNO_2 \rightarrow Zn(NO_2)_2 + H_2O$

4) $K_2CO_3 + ... \rightarrow KNO_3 + CO_2 + ...$

5) $FeS + ... \rightarrow ... + H_2S\uparrow$

6) $Ca(OH)_2 + ... \rightarrow CaSO_3 + ...$

Упражнение 12. Уравнения реакций нейтрализации.

> Реакция нейтрализации — это реакция обмена между основанием и кислотой.
>
> ОСНОВАНИЕ + КИСЛОТА = СОЛЬ + ВОДА

23. Даны кислота и основание. Напишите уравнение реакции нейтрализации с участием этих веществ:

1) соляная кислота, гидроксид натрия;
2) серная кислота, гидроксид алюминия;
3) плавиковая кислота, гидроксид калия;
4) ортофосфорная кислота, гидроксид кальция;
5) азотная кислота, гидроксид железа (III);
6) сероводородная кислота, гидроксид лития;
7) уксусная кислота, гидроксид бария.

24. Запишите уравнения реакций нейтрализации, в результате которых образуются следующие соли: $CuSO_4$, K_3PO_4, $NaCl$, $Fe(NO_3)_3$, C_2H_5COOK.

Упражнение 13. Уравнения реакций неполной нейтрализации.

> При неполной нейтрализации с участием многокислотных оснований образуются основные соли.
>
> Если в неполной нейтрализации участвуют многоосновные кислоты, образуются кислые соли.

25. Закончите уравнения реакций получения кислых солей:

1) $H_2SO_4 + Mg(OH)_2 \rightarrow$
2) $NaOH + H_2S \rightarrow$
3) $KOH + H_3PO_4 \rightarrow$
4) $KOH + CO_2 \rightarrow$
5) $2KOH + H_3PO_4 \rightarrow$
6) $Ba(OH)_2 + SO_3 \rightarrow$
7) $CaSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
8) $LiOH + SO_2 \rightarrow$
9) $CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow$
10) $Na_3PO_4 + H_3PO_4 \rightarrow$
11) $2Fe(OH)_3 + 3H_3PO_4 \rightarrow$
12) $Fe(OH)_3 + H_3PO_4 \rightarrow$

26. Закончите уравнения реакций получения основных солей:

1) $Ca(OH)_2 + HNO_3 \rightarrow$
2) $Mg(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
3) $Al(OH)_3 + HCl \rightarrow$
4) $Cu(OH)_2 + HNO_3 \rightarrow$
5) $Fe(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
6) $3Fe(OH)_3 + 2H_3PO_4 \rightarrow$
7) $Al(OH)_3 + 2HCl \rightarrow$
8) $Fe(OH)_3 + HBr \rightarrow$
9) $Ba(OH)_2 + HI \rightarrow$
10) $CoSO_4 + NaOH_{(нед.)} \rightarrow$
11) $Sr(OH)_2 + H_2S \rightarrow$
12) $3Fe(OH)_3 + H_3PO_4 \rightarrow$

Упражнение 14. Уравнения реакций донейтрализации.

> Донейтрализация применяется, когда нужно перевести кислую или основную соль в среднюю.
>
> Если *кислую соль* донейтрализуют тем же основанием, которое образует данную соль, получают одну среднюю соль: $KHCO_3 + KOH \rightarrow K_2CO_3 + H_2O$
>
> А если другим основанием — две средние соли:
>
> $2KHCO_3 + 2NaOH \rightarrow K_2CO_3 + Na_2CO_3 + 2H_2O$
>
> При избытке щёлочи:
>
> $KHCO_3 + 2NaOH \rightarrow KOH + Na_2CO_3 + H_2O$.
>
> Если основную соль донейтрализуют той же кислотой, которая образует данную соль, получают одну среднюю соль: $MgOHCl + HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2O$.
>
> А если другой кислотой — две средние соли:
>
> $2MgOHCl + H_2SO_4 \rightarrow MgCl_2 + MgSO_4 + 2H_2O$.

27. Допишите уравнения реакций перевода кислых и основных солей в средние:

1) $Ca(HSO_4)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow$
2) $Ca(HSO_4)_2 + NaOH \rightarrow$
3) $(CaOH)_2SO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
4) $[Fe(OH)_2]_3(PO_4)_2 + H_3PO_4 \rightarrow$
5) $Fe_2(HPO_4)_3 + NaOH \rightarrow$
6) $(CaOH)_2SO_4 + HCl \rightarrow$
7) $NaHCO + NaOH \rightarrow$
8) $Al(OH)_2Cl + HCl \rightarrow$
9) $[Fe(OH)_2]_3PO_4 + H_3PO_4 \rightarrow$
10) $Fe(H_2PO_4)_3 + NaOH \rightarrow$

28. Переведите кислые соли в средние, проведя донейтрализацию тем же основанием, которое образует данную соль: $KHCO_3$, $NaHSiO_3$, $Ba(HSO_4)_2$, $CaHPO_4$.

29. Переведите основные соли в средние, проведя донейтрализацию той же кислотой, которая образует данную соль: $CaOHCl$, $ZnOHNO_3$, $Al(OH)_2Cl$, $(MgOH)_2SO_4$.

30. Переведите кислые соли в средние, проведя донейтрализацию другим основанием: гидросульфат железа (II), дигидроортофосфат калия, гидросульфит кальция, гидрокарбонат бария.

31. Переведите основные соли в средние, проведя донейтрализацию другой кислотой: гидроксохлорид никеля, гидроксосульфат алюминия, гидроксонитрат кальция, дигидроксосульфат железа (III).

Упражнение 15. Возможность протекания реакций обмена.

- Реакции обмена возможны (протекают до конца), если в результате реакции образуется один из продуктов: осадок, газ, комплексный ион, слабый электролит (например: вода, раствор сероводорода, уксусная кислота и т.п.).
- Газообразные вещества образуются в реакциях при разложении гидроксида аммония и слабых кислот: угольной, сернистой, тиосерной:

  $H_2CO_3 \rightleftarrows H_2O + CO_2\uparrow$

  $H_2SO_3 \rightleftarrows H_2O + SO_2\uparrow$

  $NH_4OH \rightleftarrows NH_3\uparrow + H_2O$

  $H_2S_2O_3 \rightarrow S + SO_2\uparrow + H_2O$
- Для составления уравнений реакций взаимодействия солей с растворимыми кислотами можно воспользоваться вытеснительным рядом кислот (см. *Приложение № 3*).

Внимание! В ряде случаев реакции с участием кислот, оснований и солей являются окислительно-восстановительными. Такие взаимодействия не подчиняются общим закономерностям.

32. Допишите уравнения химических реакций, расставьте коэффициенты:

1) $Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
2) $Fe_2O_3 + HCl \rightarrow$
3) $Pb(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
4) $MgBr_2 + Na_2CO_3 \rightarrow$
5) $NaHS + HBr \rightarrow$
6) $Na_2SiO_3 + HCl \rightarrow$
7) $Na_2S_2O_3 + HCl \rightarrow$
8) $CH_3COOK + HNO_3 \rightarrow$
9) $AgNO_3 + Ba(OH)_2 \rightarrow$
10) $AlCl_3 + NaOH_{(изб.)} \rightarrow$
11) $CaHPO_4 + HCl \rightarrow$ $\rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 + ...$
12) $CaHPO_4 + HCl \rightarrow$ $\rightarrow H_3PO_4 + ...$

33. Составьте уравнения возможных химических реакций в растворе между:

1) сульфатом калия и соляной кислотой;
2) оксидом магния и ортофосфорной кислотой;
3) гидроксидом калия и сероводородной кислотой;
4) тиосульфатом натрия и серной кислотой;
5) карбонатом калия и азотной кислотой;
6) хроматом натрия и хлоридом бария;
7) хлоридом аммония и гидроксидом натрия;
8) нитратом серебра и хлоридом лития;
9) сульфидом натрия и серной кислотой;
10) хлоридом кальция и ортофосфатом натрия;
11) гидрокарбонатом натрия и азотной кислотой;
12) сульфитом калия и соляной кислотой;
13) сульфатом меди (II) и гидроксидом натрия;
14) сульфатом бария и ортофосфорной кислотой.

2.5. Закрепление навыков составления уравнений химических реакций

Упражнение 16. Определение типов химических реакций по составу исходных веществ и продуктов реакции.

34. Расставьте коэффициенты в следующих уравнениях реакций и укажите тип химической реакции:

1) $K + Cl_2 \rightarrow KCl$
2) $HI \rightarrow H_2 + I_2$
3) $Ca + N_2 \rightarrow Ca_3N_2$

4) $Zn + HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

5) $Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 + H_2O$

6) $Fe_3O_4 + Al \rightarrow Al_2O_3 + Fe$

7) $Li + H_2O \rightarrow LiOH + H_2$

8) $CuO + HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$

9) $KBr + Cl_2 \rightarrow KCl + Br_2$

10) $NH_3 \rightarrow N_2 + H_2$

11) $K_2O + HNO_3 \rightarrow KNO_3 + H_2O$

12) $P_2O_5 + KOH \rightarrow K_3PO_4 + H_2O$

13) $Mn_2O_7 + H_2O \rightarrow HMnO_4$

14) $N_2O_5 + H_2O \rightarrow HNO_3$

35. Определите тип реакции (это поможет вместо многоточия поставить нужную формулу вещества). Допишите схемы реакций. Расставьте коэффициенты:

1) $Al + ... \rightarrow Al_2O_3$

2) $Cu_2O + C \rightarrow ... + CO_2$

3) $Pb_3O_4 + H_2 \rightarrow Pb + ...$

4) $... + O_2 \rightarrow Na_2O_2$

5) $P + O_2 \rightarrow ...$

6) $Na_2SO_3 + CH_3COOH \rightarrow ... + ... + ...$

7) $NH_3 + ... + Fe(NO_3)_2 \rightarrow NH_4NO_3 + ...$

8) $SiO_2 + Mg \rightarrow ... + MgO$

9) $ZnO + HCl \rightarrow ... + H_2O$

10) $AgCl \rightarrow ... + Cl_2$

11) $NH_4HSO_4 \rightarrow ... + SO_3 + ...$

12) $CuSO_4 + ... \rightarrow CuS\downarrow + ...$

Упражнение 17. Химические превращения с помощью реакций разных типов.

36. Осуществите превращения с помощью реакций обмена:

ОКСИД → КАРБОНАТ → СУЛЬФАТ → ХЛОРИД → → НИТРАТ

Все соли растворимы и содержат один и тот же металл.

37. Осуществите превращения с помощью реакций обмена:

$$Me_2SO_4 \rightarrow MeOH \rightarrow MeHSO_3 \xrightarrow{+MeOH} X \rightarrow MeCl \rightarrow MeNO_3$$

38. Осуществите превращения с помощью реакций замещения:

$$CuSO_4 \rightarrow FeSO_4 \rightarrow Fe \rightarrow FeCl_2 \rightarrow ZnCl_2 \rightarrow Zn \rightarrow ZnSO_4$$

39. Запишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

$X1 \xrightarrow{соединение}$ карбонат кальция $\xrightarrow{обмен} X2 \xrightarrow{обмен}$ гидроксид кальция $\xrightarrow{разложение} X3 \xrightarrow{соединение}$ серная кислота $\xrightarrow{замещение} X2$.

Глава 2

УРАВНЕНИЯ РЕАКЦИЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ КЛАССОВ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

1. Оксиды

Упражнение 18. Уравнения реакций с участием несолеобразующих оксидов.

Несолеобразующие оксиды — оксиды, не проявляющие ни кислотных, ни основных, ни амфотерных свойств и не образующие соли. Проявляют окислительно-восстановительные свойства. При взаимодействии несолеобразующих оксидов с кислородом получают высшие оксиды элементов.

40. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства несолеобразующих оксидов:

1) $N_2O + H_2 \rightarrow$
$CO + KOH \xrightarrow{t}$
$CO + O_2 \rightarrow$
$N_2O \xrightarrow{t}$

2) $NO + O_2 \rightarrow$
$CO + FeO \xrightarrow{t}$
$NO + Cu \xrightarrow{t}$
$N_2O + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$

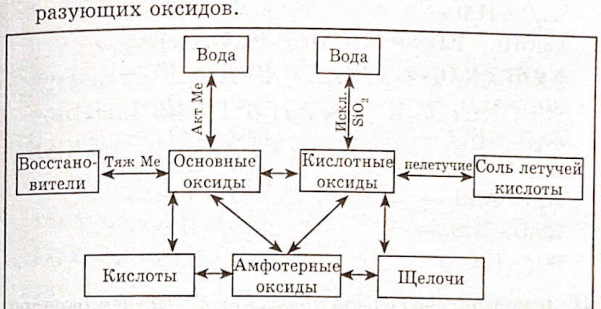
3) $NO + SO_2 \rightarrow$
$CO + Na_2O_2 \rightarrow$
$NO + Cl_2 \rightarrow$
$CO + H_2 \xrightarrow{t,\ k}$

41. Составьте уравнения реакций, характеризующих способы получения несолеобразующих оксидов:

1) $NH_4NO_3 \xrightarrow{t}$
$N_2 + O_2 \rightarrow$
$HCOOH \xrightarrow{H_2SO_4(к)}$
$NH_3 + O_2 \xrightarrow{t,\ k}$
$C + CO_2 \xrightarrow{t}$

2) $Cu + HNO_3(разб.) \rightarrow$
$Zn + CO_2 \xrightarrow{t}$
$C + H_2O \xrightarrow{t}$
$C + O_2(нед.) \xrightarrow{t}$
$SiO_2 + Si \xrightarrow{t}$

Упражнение 19. Уравнения реакций с участием солеобразующих оксидов.



- Оксиды с главным атомом, имеющим несколько степеней окисления, могут вступать в окислительно-восстановительные реакции.
- Кислотный оксид, соответствующий сильной кислоте, может реагировать с нерастворимым основанием.
- Если кислотный оксид соответствует слабой кислоте, то он может реагировать с нерастворимым основанием, при этом образуется основная или средняя соль (та, растворимость которой меньше).
- Менее летучие кислотные оксиды вытесняют более летучие из их солей при нагревании.

42. Пользуясь схемой, составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства оксидов:

1) $CaO + H_2O \rightarrow$
$Li_2O + CO_2 \rightarrow$
$ZnO + SO_2 \rightarrow$
$SO_3 + KOH \rightarrow$
$ZnO + KOH \rightarrow$
$CO_2 + H_2O \rightarrow$
$LiOH + SO_3 \rightarrow$
$Cr_2O_3 + H_2SO_4 \rightarrow$

2) $Mn_2O_7 + H_2O \rightarrow$
$Ba(OH)_2 + CrO_3 \rightarrow$
$Na_2O + H_3PO_4 \rightarrow$
$Al_2O_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
$Cr_2O_3 + CaO \rightarrow$
$K_2O + H_2O \rightarrow$
$CsOH + Mn_2O_7 \rightarrow$
$CaO + ZnO \rightarrow$

$P_2O_3 + K_2O \rightarrow$
$Cs_2O + H_2O \rightarrow$
$Ca(OH)_2 + P_2O_5 \rightarrow$
$NaOH + N_2O_3 \rightarrow$
$SO_3 + Al_2O_3 \rightarrow$
$Fe_2O_3 + HCl$
$BeO + NaOH_{(р\text{-}р)} \rightarrow$
$K_2O + Al_2O_3 \rightarrow$
$Rb_2O + N_2O_3 \rightarrow$
$SO_2 + H_2O \rightarrow$

$BaO + SiO_2 \rightarrow$
$CuO + HCl \rightarrow$
$Sr(OH)_2 + SiO_2 \rightarrow$
$RbOH + CO_2 \rightarrow$
$CaO + P_2O_5 \rightarrow$
$BaO + SiO_2 \rightarrow$
$K_2O + HNO_3 \rightarrow$
$N_2O_5 + H_2O \rightarrow$
$N_2O_3 + H_2O \rightarrow$
$FeO + H_2SO_4 \rightarrow$

43. Запишите левую часть уравнения с участием оксидов, расставьте коэффициенты:

1) $\rightarrow CaCO_3$
$\rightarrow FeCl_2 + H_2O$
$\rightarrow H_3PO_4$
$\rightarrow Li_2SO_4 + H_2O$
$\rightarrow Ba_3(PO_4)_2$
$\rightarrow Cu + CO$
$\rightarrow Pb + H_2O$
$\rightarrow Na_3PO_4$
$\rightarrow Na_2CO_3$

2) $\rightarrow H_2CO_3$
$\rightarrow CrCl_3 + H_2O$
$\rightarrow Ba(OH)_2$
$\rightarrow K_2S + H_2O$
$\rightarrow Li_2SO_4$
$\rightarrow Ni + H_2O$
$\rightarrow KCl + H_2O$
$\rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2O$
$\rightarrow HMnO_4$

44. Допишите недостающие вещества в схемах химических реакций с участием амфотерных оксидов, расставьте коэффициенты:

1) $... + Al_2O_3 + H_2O \rightarrow K[Al(OH)_4]$
2) $ZnO + NaOH + H_2O \rightarrow ...$
3) $PbO + HCl \rightarrow ... + ...$
4) $BeO + ... \xrightarrow{t} Na_2BeO_2$
5) $K_2O + ... \xrightarrow{t} K_2ZnO_2$
6) $... + NaOH + H_2O \rightarrow Na[Al(OH)_4]$
7) $KOH + ... + H_2O \rightarrow K_2[Zn(OH)_4]$
8) $ZnO + ... \rightarrow Zn(ClO_4)_2 + ...$

9) $PbO_2 + ... + H_2O \rightarrow K_2[Pb(OH)_6]$
10) $ZnO + ... \xrightarrow{t} K_2ZnO_2$
11) $... + Na_2O \xrightarrow{t} NaAlO_2$
12) $SnO + ... \rightarrow SnCl_2 + ...$
13) $LiOH + BeO + ... \rightarrow Li_2[Be(OH)_4]$
14) $KOH + ... + H_2O \rightarrow K_2[Pb(OH)_4]$
15) $K_2O + ... \xrightarrow{t} K_2SnO_2$
16) $Al_2O_3 + ... \xrightarrow{t} KAlO_2$
17) $SnO + HNO_3 \rightarrow ... + ...$
18) $... + SnO + H_2O \rightarrow K_2[Sn(OH)_4]$
19) $MnO_2 + KOH \xrightarrow{t} ... + ...$
20) $Cr_2O_3 + Na_2CO_3 \xrightarrow{t} ... + ...$
21) $PbO_2 + HCl \xrightarrow{t} ... + ...$
22) $SnO_2 + C \xrightarrow{t} ... + ...$

45. Составьте уравнения реакций, характеризующих кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства оксидов:

1) $Fe_2O_3 + Mn \xrightarrow{t}$
$CO_2 + C \xrightarrow{t}$
$HgO \xrightarrow{t}$
$CaO + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow$
$NO_2 + H_2O \rightarrow$
$ClO_2 + H_2O \rightarrow$
$K_2CO_3 + Al_2O_3 \xrightarrow{t}$
$SO_2 + Cl_2 + H_2O \rightarrow$
$N_2O + NH_3 \xrightarrow{t}$
$Fe_3O_4 + HI \rightarrow$
$Fe_2O_3 + Fe \xrightarrow{t}$
$CuO + Cu \xrightarrow{t}$
$Mg(OH)_2 + CO_2 \rightarrow$
$Na_2SO_3 + H_2O + SO_2 \rightarrow$

2) $CuO + NH_3 \xrightarrow{t}$
$NO_2 + NaOH \rightarrow$
$ZnO + BaCO_3 \xrightarrow{t}$
$SO_3 + (CuOH)_2CO_3 \rightarrow$
$SO_2 + H_2S \rightarrow$
$SO_3 + H_2S \rightarrow$
$CaSO_3 + SiO_2 \xrightarrow{t}$
$SO_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$
$Fe_3O_4 + HCl \rightarrow$
$Cu_2O + HNO_{3(к)} \rightarrow$
$NO_2 + O_2 + H_2O \rightarrow$
$Fe_3O_4 + HNO_{3(к)} \rightarrow$
$P_2O_3 + O_2 \xrightarrow{t}$
$CrO_3 + H_2O \rightarrow$

$FeO + O_2 \xrightarrow{t}$

$SO_2 + O_2 \rightarrow$

$BaCO_3 + SiO_2 \xrightarrow{t}$

$SiO_2 + HF(г) \rightarrow$

$SO_3 + KI \rightarrow$

$SO_2 + H_2O_2 \rightarrow$

$N_2O + H_2 \xrightarrow{t}$

$Ag_2O + NH_3 + H_2O \rightarrow$

$NO_2 + P \xrightarrow{t}$

$FeO + CO \xrightarrow{t}$

$NO + O_2 \rightarrow$

$MnO_2 + HCl \rightarrow$

$Na_2SiO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow$

$SO_2 + O_2 + H_2O \rightarrow$

46. Составьте уравнения реакций, характеризующих способы получения оксидов:

1) $Cu + O_2 \rightarrow$

$P + O_2 \rightarrow$

$S + O_2 \rightarrow$

$K_2Cr_2O_7 + S \xrightarrow{t}$

$HNO_3(к) + P_2O_5 \rightarrow$

$Zn + H_2O \xrightarrow{t}$

$Fe(OH)_2 \xrightarrow{t}$

$CaCO_3 \xrightarrow{t}$

$Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$

2) $FeS_2 + O_2 \rightarrow$

$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$

$Na_2CO_3 + HCl \rightarrow$

$Na_2O_2 + Na \rightarrow$

$H_2SO_4(к) + P_2O_5 \rightarrow$

$(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t}$

$[CuOH]_2CO_3 \xrightarrow{t}$

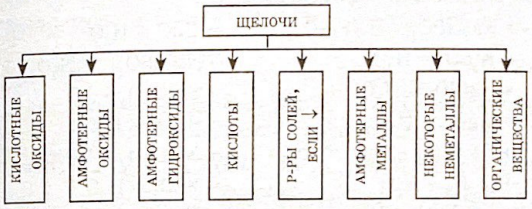
$HClO_4 + P_2O_5 \rightarrow$

$ZnS + O_2 \rightarrow$

2. Основные и амфотерные гидроксиды

Упражнение 20. Уравнения реакций с участием основных гидроксидов.

- Общие химические свойства щелочей определяются наличием в их составе гидроксид-ионов, появляющихся в процессе электролитической диссоциации.



- Нерастворимые основания реагируют с кислотами, кислотными ангидридами сильных кислот и разлагаются при нагревании на соответствующий оксид и воду. Могут вступать в реакцию нейтрализации с кислыми солями.
- Гидроксид меди (II) не реагирует со щелочами, но растворяется в растворе аммиака.
- Гидроксид магния не реагирует ни со щелочами, ни с аммиаком, но растворяется в растворе хлорида аммония (за счёт кислой среды в результате гидролиза).

47. Пользуясь схемой, составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства основных гидроксидов:

1) $Fe_2(SO_4)_3 + KOH \rightarrow$

$Ni(NO_3)_2 + LiOH \rightarrow$

$MnSO_4 + NaOH \rightarrow$

$Cu(OH)_2 + NaHSO_4 \rightarrow$

$Ba(OH)_2 + N_2O_3 \rightarrow$

2) $CuCl_2 + NaOH \rightarrow$

$CoSO_4 + KOH \rightarrow$

$ZnBr_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow$

$KOH + H_2SO_4 \rightarrow$

$Cu(NO_3)_2 + NaOH \rightarrow$

$HNO_3 + LiOH \rightarrow$

$Ba(OH)_2 + Na_3PO_4 \rightarrow$

$Fe(OH)_3 \xrightarrow{t}$

$Fe_2(SO_4)_3 + KOH \rightarrow$

$BeO + NaOH_{(р\text{-}р)} \rightarrow$

$Sr(OH)_2 + CO_2 \rightarrow$

$Cu(OH)_2 + HCl \rightarrow$

$H_3PO_4 + CsOH \rightarrow$

$LiOH + P_2O_5 \rightarrow$

$SnO + KOH \xrightarrow{t}$

48. Запишите левую часть уравнения с участием оснований, расставьте коэффициенты:

1) $\rightarrow Na_2HPO_4 + H_2O$
$\rightarrow K_2SO_3 + H_2O$
$\rightarrow NaClO_4 + H_2O$
$\rightarrow MgCl_2 + H_2O$
$\rightarrow Na_2CrO_4 + H_2O$
$\rightarrow Cr_2O_3 + H_2O$
$\rightarrow Cr(ClO_4)_2 + H_2O$
$\rightarrow CrO + H_2O$
$\rightarrow Fe(OH)_2 + Na_2SO_4$

2) $\rightarrow ZnO + H_2O$
$\rightarrow Ni(HSO_4)_2 + H_2O$
$\rightarrow Sn(OH)_2 + KF$
$\rightarrow Bi_2O_3 + H_2O$
$\rightarrow Ni(OH)_2 + LiNO_2$
$\rightarrow KIO_3 + H_2O$
$\rightarrow K_2SiO_3 + H_2O$
$\rightarrow NaMnO_4 + H_2O$
$\rightarrow Cu_2O + H_2O$

49. С какими из следующих веществ реагирует гидроксид натрия: HCl, BeO, K_2CO_3, H_3PO_4, MgOHCl, $Al(OH)_3$, CO_2, SrO, $NaHSO_3$, $CuCl_2$, $BaSO_4$? Напишите уравнения возможных реакций.

50. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства основных гидроксидов:

1) $KOH + KHCO_3 \rightarrow$
$FeCl_3 + NaOH_{(нед.)} \rightarrow$
$Al + KOH + H_2O \xrightarrow{t}$
$NaOH + Si + H_2O \xrightarrow{t}$
$KOH + P + H_2O \xrightarrow{t}$
$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow$
$Cl_2 + KOH \rightarrow$
$H_2S_{(изб.)} + NaOH \rightarrow$
$NO_2 + KOH \rightarrow$

2) $KOH + NaHSO_3 \rightarrow$
$Zn + NaOH + H_2O \xrightarrow{t}$
$KOH + Cl_2 \xrightarrow{t}$
$KOH + S \xrightarrow{t}$
$Cu(OH)_2 + NaHSO_4 \rightarrow$
$Ca(HCO_3)_2 + KOH \rightarrow$
$S + NaOH \rightarrow$
$NH_4Cl + NaOH \xrightarrow{t}$
$Cu(OH)_2 + NH_3 \rightarrow$

$PH_4I + NaOH \rightarrow$

$Mg(OH)_2 + NH_4Cl \rightarrow$

$KOH + KMnO_4 \rightarrow$

$AlCl_3 + NaOH_{(изб.)} \rightarrow$

$NaOH_{тв} \xrightarrow{эл.\ ток}$

$KOH + K_2Cr_2O_7 \rightarrow$

51. Составьте уравнения реакций, характеризующих способы получения основных гидроксидов:

1) $Na + H_2O \rightarrow$
$K_2O + H_2O \rightarrow$
$CaH_2 + H_2O \rightarrow$
$BaO + H_2O \rightarrow$
$Ca + H_2O \rightarrow$

2) $CuSO_4 + KOH \rightarrow$
$AlCl_3 + NH_3 + H_2O \rightarrow$
$NaCl + H_2O \xrightarrow{эл.\ ток}$
$K_2CO_3 + Ba(OH)_2 \rightarrow$

52. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) $Ca(OH)_2 \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \xrightarrow{+K_2CO_3} X \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3$;

2) $CuCl_2 \rightarrow CuOHCl \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuO \rightarrow Cu(HSO_4)_2 \rightarrow$
$\rightarrow CuSO_4$;

3) $K_2O \rightarrow KOH \rightarrow KHSO_4 \rightarrow K_2SO_4 \rightarrow KOH \rightarrow K[Al(OH)_4]$;

4) $Ba(OH)_2 \leftarrow Ba \rightarrow BaO \rightarrow Ba(OH)_2 \xrightarrow{+CO_2} X \rightarrow Ba(OH)_2$.

Упражнение 21. Уравнения реакций с участием амфотерных гидроксидов.

- Амфотерные гидроксиды проявляют как свойства оснований, так и свойства кислот.
- Все амфотерные гидроксиды нерастворимы в воде и разлагаются при нагревании. Кислотные и основные формулы амфотерных гидроксидов смотри в *Приложении № 4*.
- Гидроксид алюминия растворяется в щелочах, но не растворяется в растворе аммиака.
- Гидроксид цинка растворяется как в щелочах, так и в растворе аммиака.

53. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства амфотерных гидроксидов:

1) $Be(OH)_2 + HNO_3 \rightarrow$
2) $Sn(OH)_2 + HCl \rightarrow$
3) $Be(OH)_2 + NaOH \xrightarrow{t}$
4) $Zn(OH)_2 + CaO \xrightarrow{t}$
5) $Sn(OH)_2 + NaOH_{(р\text{-}р)} \rightarrow$
6) $Cr(OH)_3 + SO_2 \rightarrow$

54. С какими из следующих веществ реагирует гидроксид цинка: H_2O, KNO_3, $NaOH_{(р\text{-}р)}$, H_2SO_4, $AlCl_3$, K_2O? Составьте уравнения соответствующих реакций.

55. Допишите недостающие вещества в схемах химических реакций с участием амфотерных гидроксидов, расставьте коэффициенты:

1) $Zn(OH)_2 + ... \xrightarrow{t} Li_2ZnO_2 + ...$
2) $Pb(OH)_2 + ... \xrightarrow{t} Li_2PbO_2 + ...$
3) $Pb(OH)_2 + ... \rightarrow K_2[Pb(OH)_4]$
4) $... + NaOH \rightarrow Na_2[Sn(OH)_4]$
5) $Zn(OH)_2 + ... \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$
6) $Be(OH)_2 + ... \xrightarrow{t} Na_2BeO_2 + ...$
7) $Al(OH)_3 + ... \xrightarrow{t} NaAlO_2 + ...$
8) $Al(OH)_3 + ... \rightarrow Na[Al(OH)_4]$
9) $... + LiOH \rightarrow Li_2[Zn(OH)_4]$
10) $... + KOH \rightarrow K[Al(OH)_4]$
11) $KOH + ... \xrightarrow{t} K_2BeO_2 + ...$
12) $Sn(OH)_2 + ... \xrightarrow{t} K_2SnO_2 + ...$
13) $Na_2[Zn(OH)_4] + ... \rightarrow Zn(OH)_2 + ... + H_2O$
14) $Na[Al(OH)_4] + ... \rightarrow AlCl_3 + ... + H_2O$
15) $Zn(OH)_2 + NH_3 \rightarrow ...$

56. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить в одну стадию следующие превращения:

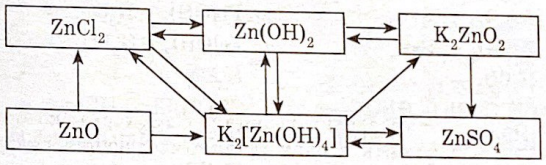
1) $Al \rightarrow K[Al(OH)_4]$
2) $Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Na[Al(OH)_4]$

3) $K[Al(OH)_4] \rightarrow Al(OH)_3$
4) $KAlO_2 \rightarrow AlCl_3$
5) $Al(OH)_3 \rightarrow Al_2(SO_4)_3$
6) $Al(OH)_3 \rightarrow KAlO_2$
7) $Al_2O_3 \rightarrow NaAlO_2$
8) $Na[Al(OH)_4] \rightarrow Al_2(SO_4)_3$

57. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) $BeO \rightarrow BeCl_2 \rightarrow Be(OH)_2 \rightarrow K_2[Be(OH)_4]$;
2) $ZnO \rightarrow K_2ZnO_2 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow ZnCl_2$;
3) $Sn(OH)_2 \rightarrow SnO \rightarrow K_2[Sn(OH)_4] \rightarrow SnCl_2$;
4) $ZnCl_2 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow K_2[Zn(OH)_4] \rightarrow ZnSO_4$;
5) $BeO \rightarrow K_2BeO_2 \rightarrow Be(OH)_2 \rightarrow BeCl_2$;
6) $Pb(OH)_2 \rightarrow PbO \rightarrow K_2PbO_2 \rightarrow Pb(NO_3)_2$;
7) $Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow NaAlO_2$;
8) $Sn(OH)_2 \rightarrow SnO \rightarrow K_2[Sn(OH)_4] \rightarrow Sn(OH)_2$;
9) $NaOH \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow ZnO \rightarrow K_2[Zn(OH)_4]$;
10) $Al_2O_3 \rightarrow K[Al(OH)_4] \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2(SO_4)_3$;
11) $BeCl_2 \rightarrow Be(OH)_2 \rightarrow Li_2BeO_2 \rightarrow H_2BeO_2$.

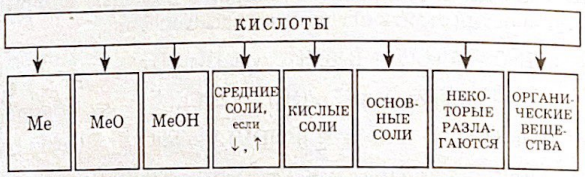
58. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



3. Кислоты

Упражнение 22. Уравнения реакций с участием кислот.

Все общие химические свойства растворов кислот определяются наличием катионов водорода, появляющихся в процессе электролитической диссоциации. Специфические свойства характерны для отдельных кислот (качественные реакции и окислительно-восстановительные превращения).



- При взаимодействии растворов кислот (за исключением HNO_3) с металлами необходимо пользоваться электрохимическим рядом напряжений металлов.
- При взаимодействии кислот с солями следует учитывать положение кислот в их вытеснительном ряду (см. *Приложение № 3*).
- Кислоты могут участвовать в окислительно-восстановительных реакциях по кислотному остатку.

59. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства растворов кислот:

1) $HgO + HNO_3 \rightarrow$
$Na_2SO_3 + HCl \rightarrow$
$Ag_2O + HCl \rightarrow$
$CaSiO_3 + HNO_3 \rightarrow$
$H_2CO_3 \rightarrow$
$CH_3COOK + HNO_3 \rightarrow$
H_2SO_4(изб.) $+ Mg(OH)_2 \rightarrow$
$KOH + H_2S \rightarrow$
$CaCO_3 + HI \rightarrow$
$MgO + H_3PO_4 \rightarrow$
$BaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow$

2) $Cu(OH)_2 + HBr \rightarrow$
$Na_2S + HNO_2 \rightarrow$
$Pb(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$Fe(OH)_3 + H_3PO_4 \rightarrow$
$H_2SO_3 \rightarrow$
$Cr(OH)Cl_2 + HCl \rightarrow$
$H_2SO_4 + Mg(OH)_2$(изб.) $\rightarrow$
$H_2SiO_3 \rightarrow$
$NaHS + HBr \rightarrow$
$CuSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$

60. Закончите уравнения возможных реакций:

1) $Cu + HCl \rightarrow$
$Ag + H_2SO_4 \rightarrow$
$Hg + HCl \rightarrow$
$K_2CO_3 + H_2S \rightarrow$
$Na_2SO_4 + H_2CO_3 \rightarrow$
$Zn + H_2SO_4 \rightarrow$
$Mg + HCl \rightarrow$
$Ca + HI \rightarrow$

2) $Li + H_3PO_4 \rightarrow$
$Al + HBr \rightarrow$
$Fe + HNO_2 \rightarrow$
$CaCO_3 + HCl \rightarrow$
$MgSO_3 + HNO_3 \rightarrow$
$K_2SO_4 + H_3PO_4 \rightarrow$
$Na_2SiO_3 + HCl \rightarrow$

61. С какими из следующих веществ будет реагировать соляная кислота: CO_2, $KMnO_4$, KOH, Na_2SO_4, $Al(OH)_3$, KI, $BaSO_4$, CaO, Fe, Fe_2O_3, $(CuOH)_2SO_4$, Hg, Ag_2O, $AgNO_3$, H_3PO_4? Напишите уравнения возможных реакций.

62. С какими из следующих веществ будет реагировать раствор серной кислоты: никель, оксид кальция, гидроксид бария, сульфат кальция, карбонат лития, свинец, серебро, гидроксохлорид магния, оксид углерода (IV), гидроксид меди (II), оксид хрома (III), железо, гидроксид железа (II), платина, оксид иода (VII)? Напишите уравнения возможных реакций.

63. Составьте уравнения реакций, характеризующих способы получения кислот:

1) $SO_3 + H_2O \rightarrow$
$Na_2SiO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
$H_2 + Cl_2 \rightarrow$
$BaBr_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$CuSO_4 + H_2S \rightarrow$
$H_2O_2 + SO_2 \rightarrow$
$NaNO_3 + H_2SO_4 \xrightarrow{t}$
$Ca_3(PO_4)_2 + H_2SO_4 \rightarrow$

2) $N_2O_5 + H_2O \rightarrow$
$NaCl + H_2SO_4$(к) $\rightarrow$
$H_2 + S \rightarrow$
$P + HNO_3 + H_2O \rightarrow$
$CaCO_3 + HBr \rightarrow$
$H_2 + I_2 \rightarrow$
$K_2SO_3 + HCl \rightarrow$
$NO_2 + H_2O + O_2 \rightarrow$

64. С помощью каких реакций можно осуществить следующие превращения:

1) $CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow Na_2CO_3$
$Na_2S \rightarrow H_2S \rightarrow KHS$

2) $K_2SO_3 \rightarrow SO_2 \rightarrow H_2SO_3$
$N_2O_5 \rightarrow HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2$

$Cl_2O_7 \rightarrow HClO_4 \rightarrow NaClO_4$

$P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$

$I_2O_5 \rightarrow HIO_3 \rightarrow Ca(IO_3)_2$

$KHSO_3 \rightarrow SO_2 \rightarrow H_2SO_3$

$SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4$

$P_2O_3 \rightarrow H_3PO_3 \rightarrow K_3PO_3$

$SiO_2 \rightarrow K_2SiO_3 \rightarrow H_2SiO_3$

$CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4$

$CrO_3 \rightarrow H_2CrO_4 \rightarrow$
$\rightarrow BaCrO_4$

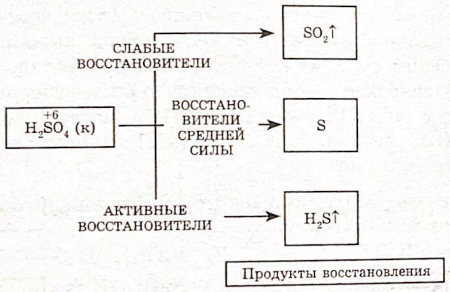
$Mn_2O_7 \rightarrow HMnO_4 \rightarrow$
$\rightarrow KMnO_4$

$N_2O_3 \rightarrow HNO_2 \rightarrow KNO_2$

$H_2 \rightarrow HI \rightarrow H_2$

Упражнение 23. Уравнения реакций с участием концентрированной серной кислоты.

Специфические свойства концентрированной серной кислоты: 1) сильный окислитель; 2) сильная кислота; 3) водоотнимающее вещество.



$H_2SO_4(к) + Au \neq$; $H_2SO_4(к) + Pt \neq$.

Концентрированная серная кислота пассивирует на холоду некоторые металлы, например Al, Fe, Cr, Co, Bi, Nb, но возможно их взаимодействие при нагревании.

$Me + H_2S^{+6}O_4(к) \rightarrow MeSO_4 +$ ПРОДУКТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ $+ H_2O$

$HeMe + H_2S^{+6}O_4(к) \rightarrow$ ВЫСШАЯ КИСЛОТА + ПРОДУКТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ $+ H_2O$

ВОДОРОД НИКОГДА НЕ ВЫДЕЛЯЕТСЯ!

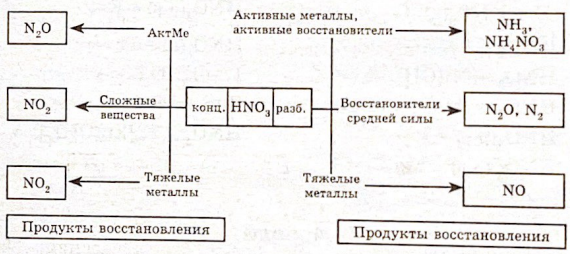
65. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства концентрированной серной кислоты. Расставьте коэффициенты методом электронного баланса:

1) $H_2SO_4(к) + Cu \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + P \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + Ag \rightarrow$
$KMnO_4 + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + Ca_3P_2 \rightarrow$
$B + H_2SO_4(к) \xrightarrow{t}$
$H_2SO_4(к) + H_2S \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + HBr \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + KBr \rightarrow$

2) $H_2SO_4(к) + Zn \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + S \rightarrow$
$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + KI \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + Fe \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + C \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + K \rightarrow$

Упражнение 24. Уравнения реакций с участием азотной кислоты.

Азотная кислота любой концентрации — сильный окислитель.



Обратите внимание! $HNO_3(к) + Au \neq$; $HNO_3(к) + Pt \neq$.

Fe, Cr, Al «пассивируются» в концентрированной кислоте на холоду. Но при нагревании медленно растворяются в азотной кислоте средней концентрации.

$Me + HNO_3(к) \rightarrow MeNO_3 +$ ПРОДУКТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ $+ H_2O$

$Me + HNO_3(разб.) \rightarrow MeNO_3 +$ ПРОДУКТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ $+ H_2O$

$$\text{НеМе} + \underset{\text{конц. или разб.}}{HNO_3} \rightarrow \text{ВЫСШАЯ КИСЛОТА} + \text{ПРОДУКТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ} + H_2O$$

ВОДОРОД НИКОГДА НЕ ВЫДЕЛЯЕТСЯ!

66. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства азотной кислоты. Расставьте коэффициенты в окислительно-восстановительных реакциях при помощи метода электронного баланса:

1) $HNO_3 + BaO \rightarrow$
$HNO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow$
$HNO_3 + NaHSO_3 \rightarrow$
$HNO_3(р\text{-}р) + Cu \rightarrow$
$HNO_3(к) + C \rightarrow$
$HNO_3(к) \rightarrow$
$P + HNO_3(к) \rightarrow$
$Cu_2O + HNO_3(к) \rightarrow$
$B + HNO_3(к) \xrightarrow{t}$
$HNO_3 + CaCO_3 \rightarrow$
$HNO_3 + Ni(OH)_2 \rightarrow$
$HNO_3 + Al_2O_3 \rightarrow$
$HNO_3(р\text{-}р) + P \rightarrow$
$HNO_3(р\text{-}р) + Mg \rightarrow$

2) $HNO_3 + Fe(OH)_3 \rightarrow$
$HNO_3(р\text{-}р) + NH_3 \rightarrow$
$HNO_3 + Na_2O \rightarrow$
$HNO_3(к) + Ca \rightarrow$
$HNO_3(р\text{-}р) + S \rightarrow$
$HNO_3(к) + Ag \rightarrow$
$C + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$
$CuS + HNO_3(к) \rightarrow$
$HNO_3(р\text{-}р) + K \rightarrow$
$HNO_3(к) + Fe \xrightarrow{t}$
$I_2 + HNO_3(к) \rightarrow$
$CuS + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$
$HNO_3 + K_2[Zn(OH)_4] \rightarrow$

4. Соли

Упражнение 25. Уравнения реакций с участием солей.

СРЕДНИЕ СОЛИ

Me (по ряду напряжений	НЕКОТОРЫЕ МЕТАЛЛЫ	MeOH р-р, если ↓	РАСТВОР СОЛИ, если ↓	КИСЛОТЫ, если ↓, ↑	НЕЛЕТУЧИЕ КИСЛОТНЫЕ ОКСИДЫ	НЕКОТОРЫЕ РАЗЛАГАЮТСЯ	АМФОТЕРНЫЕ ОКСИДЫ

- Соли взаимодействуют с металлами по правилу: в ряду напряжений каждый предыдущий металл вытесняет последующие из растворов их солей.
- С нелетучими кислотными или амфотерными оксидами реагируют соли летучих кислот.
- Соли взаимодействуют с неметаллами по правилу: более активный неметалл вытесняет менее активные из их солей.
- В окислительно-восстановительные реакции соли вступают как по кислотному остатку, так и по катиону металла.
- Соли, содержащие в своем составе ион слабого электролита, подвергаются гидролизу.
- Правила разложения различных солей смотрите в пункте 2.3 «Уравнения реакции разложения».

67. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства средних солей:

1) $Cu + HgCl_2 \rightarrow$
$NiSO_4 + KOH \rightarrow$
$Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow$
$NaI + Br_2 \rightarrow$
$Na_2CO_3 + HClO_4 \rightarrow$
$Na_2CO_3 + Al_2O_3 \xrightarrow{t}$
$CaSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$KMnO_4 + HCl \rightarrow$
$MgBr_2 + Na_2CO_3 \rightarrow$
$Zn + FeCl_2 \rightarrow$
$K_3PO_4 + Ba(NO_3)_2 \rightarrow$
$AgNO_3 + Cu \rightarrow$

2) $CaBr_2 + K_2SO_4 \rightarrow$
$K_2SO_3 + HClO_2 \rightarrow$
$Na_2SiO_3 + HCl \rightarrow$
$Na_2S + Br_2 \rightarrow$
$CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow$
$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow$
$NiSO_4 + NaOH(нед.) \rightarrow$
$Na_2CO_3 + H_2O \rightleftarrows$
$KF + Ba(NO_3)_2 \rightarrow$
$AgNO_3 + NaOH \rightarrow$
$Ca_3(PO_4)_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$CuSO_4 + H_2O \rightleftarrows$

68. Запишите уравнения реакций всех возможных вариантов обмена между хлоридом железа (III) и гидроксидом натрия.

69. Составьте уравнения реакций получения средних солей при взаимодействии:

1) металла с неметаллом;
2) основания с кислотой;
3) кислоты с основным оксидом;
4) соли с кислотой;
5) основания с кислотным оксидом;
6) соли летучей кислоты с нелетучим кислотным оксидом;
7) основания с солью;
8) двух различных солей;
9) основного оксида с кислотным;
10) металла с кислотой;
11) металла с солью;
12) металла со щелочью;
13) неметалла со щелочью;
14) неметалла с солью;
15) термического разложения солей.

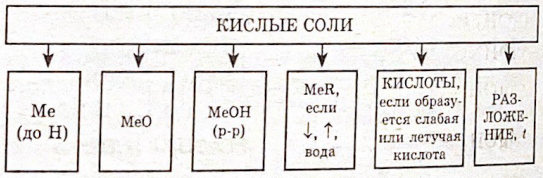
70. Составьте уравнения реакций разложения средних солей:

1) $NH_4Cl \xrightarrow{t}$
$NH_4NO_3 \xrightarrow{t}$
$Ag_2CO_3 \xrightarrow{t}$
$KMnO_4 \xrightarrow{t}$

2) $CaCO_3 \xrightarrow{t}$
$AgNO_3 \xrightarrow{t}$
$Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$
$NH_4NO_2 \xrightarrow{t}$

3) $KNO_3 \xrightarrow{t}$
$FeSO_4 \xrightarrow{t}$
$(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t}$
$Fe(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$

Химические свойства кислых и основных солей:



- Реакции с металлами протекают в водных растворах, поэтому для опытов нельзя применять активные металлы, которые при обычных условиях реагируют с водой.

- Для реакций с кислотами обычно берут сухую соль и действуют на нее концентрированной кислотой.
- Способы получения некоторых солей см. в упражнениях 12, 13, 14.

71. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства кислых солей:

1) $Ba(HSO_4)_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow$
$KHCO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow$
$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{t}$
$Ba(HSO_3)_2 + HNO_3 \rightarrow$
$KHSO_4 + Mg \rightarrow$
$KHSO_4 + MgCO_3 \rightarrow$
$NaHCO_3 + CuO \rightarrow$
$NaH_2PO_4 + NaOH \rightarrow$
$NaHSiO_3 + NaOH \rightarrow$
$KHSO_4 + NaOH \rightarrow$

2) $KHS + HCl \rightarrow$
$KHCO_3 \xrightarrow{t}$
$Ba(HCO_3)_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow$
$Na_2HPO_4 + H_3PO_4 \rightarrow$
$KHSO_4 + MgO \rightarrow$
$KHSO_4 + BaCl_2 \rightarrow$
$NaHCO_3 + NaOH \rightarrow$
$Na_2HPO_4 + Ba(OH)_2 \rightarrow$
$KHSO_4 + Cu(OH)_2 \rightarrow$
$NaHSO_4 + Fe \rightarrow$

Основные соли подвергаются термическому разложению и взаимодействуют с кислотами с образованием средних солей.

72. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства основных солей:

1) $Al(OH)_2Cl + HCl \rightarrow$
$ZnOHNO_3 + HNO_3 \rightarrow$
$[Cu(OH)]_2CO_3 + HBr \rightarrow$
$(MgOH)_2SO_4 + HCl \rightarrow$

2) $CaOHCl + H_2SO_4 \rightarrow$
$[Cu(OH)]_2CO_3 \xrightarrow{t}$
$Pb_3(OH)_2(CO_3)_2 + HNO_3 \rightarrow$
$Sn(OH)Cl + HCl \rightarrow$

Химические свойства комплексных солей

1) Комплексные соединения могут вступать в реакции обмена. Взаимодействуют с избытком сильной кислоты, образуются две средних соли и вода.
2) Взаимодействуют с сильной кислотой (в недостатке), образуются средняя соль активного металла, амфотерный гидроксид и вода.
3) При действии слабой кислоты образуются кислая соль активного металла, амфотерный гидроксид и вода.
4) При действии углекислого или сернистого газа получаются кислая соль активного металла и амфотерный гидроксид.
5) При действии солей, образованных сильными кислотами и катионами Fe^{3+}, Al^{3+} и Cr^{3+}, происходит взаимное усиление гидролиза, получаются два амфотерных гидроксида и соль активного металла.
6) При нагревании гидроксокомплексов щелочных металлов выделяется вода.

73. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства комплексных солей:

1) $Na[Al(OH)_4] + HCl_{(изб.)} \rightarrow$
$Na[Al(OH)_4] + HCl \rightarrow$
$[Cu(NH_3)_4]SO_4 + BaCl_2 \rightarrow$
$K_3[Cr(OH)_6] + Al(NO_3)_3 \rightarrow$
$Na[Al(OH)_4] + FeCl_3 \rightarrow$
$Na[Al(OH)_4] \xrightarrow{t}$

2) $Na[Al(OH)_4] + H_2S \rightarrow$
$Na[Al(OH)_4] + CO_2 \rightarrow$
$K_3[Cr(OH)_6] + SO_2 \rightarrow$
$K_2[Zn(OH)_4] + HBr_{(изб.)} \rightarrow$
$K_2[Zn(OH)_4] + H_2S \rightarrow$
$K_2[Zn(OH)_4] \xrightarrow{t}$

74. С помощью каких реакций можно осуществить следующие превращения:

1) $K_2CO_3 \rightarrow CaCO_3$
2) $NaHSO_3 \rightarrow SO_2$
3) $Na_2SiO_3 \rightarrow Na_2SO_4$
4) $Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$
5) $AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2$
6) $Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3$
7) $KHCO_3 \rightarrow CaCO_3$
8) $MgOHCl \rightarrow Mg(NO_3)_2$

75. С какими из предложенных веществ будут реагировать растворы: 1) сульфата железа (III); 2) карбоната калия; 3) нитрата свинца (II):

йодоводородная кислота, хлорид цинка, гидроксид калия, оксид серебра, оксид кремния (IV), серебро, хлорид бария, гидроксид кальция, оксид серы (IV), соляная кислота, алюминий, иодид калия, сульфат натрия, железо, ртуть.

76. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

1) $MgOHBr \rightarrow MgBr_2 \rightarrow Mg(OH)_2 \rightarrow MgCO_3 \rightleftarrows$
$\rightleftarrows Mg(HCO_3)_2 \rightleftarrows CO_2$;
2) $Zn(NO_3)_2 \leftarrow ZnCl_2 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow (ZnOH)_2SO_4 \rightleftarrows ZnSO_4 \rightarrow$
$\rightarrow ZnBr_2$;
3) $Al_2O_3 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 \rightleftarrows Al(OH)_3 \rightarrow Al(OH)_2Cl \rightarrow$
$\rightarrow AlOHCl_2 \rightarrow AlCl_3 \rightarrow AgCl$;
4) $NaOH \rightarrow NaHSO_4 \rightleftarrows Na_2SO_4 \rightarrow NaCl \rightarrow NaNO_3 \rightarrow$
$\rightarrow NaNO_2$;
5) $CuBr_2 \rightarrow A \rightarrow CuOHNO_3 \rightleftarrows Cu(OH)_2 \rightarrow CuCl_2 \rightarrow$
$\rightarrow Cu \xrightarrow{+AgNO_3} A$;
6) $Б \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow NaH_2PO_4 \rightarrow Na_2HPO_4 \rightarrow Na_3PO_4 \xrightarrow{+Ca(OH)_2} Б$.

Глава 3

УРАВНЕНИЯ РЕАКЦИЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ, НЕМЕТАЛЛОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Способы получения неметаллов

Упражнение 26. Уравнения реакций получения простых веществ — неметаллов.

77. Составьте уравнения реакций, характеризующих способы получения водорода:

1) $H_2O \xrightarrow{\text{эл. ток}}$
$C + H_2O \rightarrow$
$CH_4 + H_2O \xrightarrow{t}$
$Al + NaOH + H_2O \rightarrow$
$NaH + H_2O \rightarrow$
$SiH_4 + H_2O \rightarrow$

2) $NaCl + H_2O \xrightarrow{\text{эл. ток}}$
$Fe + H_2O \xrightarrow{t}$
$Zn + HCl \rightarrow$
$Ca + H_2O \rightarrow$
$CaH_2 + HCl \rightarrow$
$C_3H_8 \xrightarrow{t,\ \text{кат.}}$

78. Составьте уравнения реакций, характеризующих способы получения кислорода:

1) $CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{свет}}$
$KClO_3 \xrightarrow{t,\ \text{кат.}}$
$BaO_2 \xrightarrow{t}$
$K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t}$
$K_2O_2 + CO_2 \rightarrow$
$KNO_3 \xrightarrow{t}$

2) $H_2O \xrightarrow{\text{эл. ток}}$
$KMnO_4 \xrightarrow{t}$
$H_2O_2 \xrightarrow{t,\ \text{кат.}}$
$Pb_3O_4 \xrightarrow{t}$
$HgO \xrightarrow{t}$
$O_3 \xrightarrow{t,\ \text{свет}}$

79. Составьте уравнения реакций, характеризующих способы получения простых веществ — галогенов:

1) $KF \xrightarrow{\text{эл. ток}}$
$NaBr + Cl_2 \rightarrow$
$HBr + K_2Cr_2O_7 \rightarrow$
$NaI + NaNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$HI + MnO_2 \rightarrow$
$KI + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$KI + Cl_2 \rightarrow$

2) $NaCl \xrightarrow{\text{эл. ток}}$
$NaCl + H_2O \xrightarrow{\text{эл. ток}}$
$HCl + Ca(ClO)_2 \rightarrow$
$HCl + KMnO_4 \rightarrow$
$HCl + KClO_3 \rightarrow$
$NaBr + MnO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$HCl + PbO_2 \rightarrow$

80. Составьте уравнения реакций, характеризующих способы получения азота, фосфора, серы и кремния:

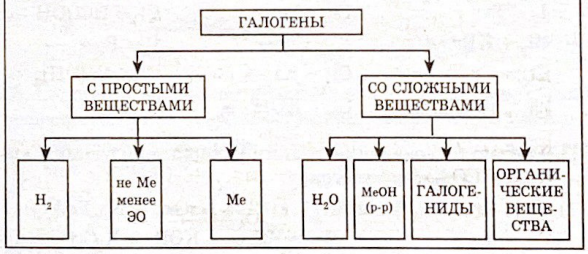
1) $NH_4NO_2 \xrightarrow{60\ ^\circ C}$
$Ca_3(PO_4)_2 + SiO_2 + C \xrightarrow{t}$
$SO_2 + H_2S \rightarrow$
$SiO_2 + C \xrightarrow{t}$
$SO_2 + C \xrightarrow{t}$

2) $(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t}$
$FeS_2 \xrightarrow{\text{без доступа воздуха}}$
$SiO_2 + Mg \xrightarrow{t}$
$SiO_2 + Al \xrightarrow{t}$
$SiCl_4 + Zn \xrightarrow{t}$

2. Галогены и их соединения

Упражнение 27. Уравнения реакций с участием простых веществ — галогенов ($Г_2$).

Простые вещества — галогены — типичные неметаллы. Проявляют, в основном, окислительные свойства. Фтор — самый сильный окислитель.



Обратите внимание! $Г_2 + O_2 \neq$, $I_2 + S \neq$, $I_2 + Fe \rightarrow FeI_2$

- Галогены могут вступать в реакции между собой.
- При взаимодействии с солями-галогенидами более активные галогены вытесняют менее активные из их солей.
- Галогены (кроме фтора) при взаимодействии с более электроотрицательными элементами могут проявлять восстановительные свойства вплоть до высшей степени окисления +7.

81. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства фтора:

Фтор — самый активный галоген. Реагирует почти со всеми простыми и многими сложными веществами (даже с инертными газами).

Все реакции сильно экзотермичны. Вода во фторе горит.

1) $F_2 + H_2 \rightarrow$
$F_2 + H_2O \rightarrow$
$F_2 + Cl_2 \rightarrow$

2) $F_2 + K \rightarrow$
$F_2 + Au \rightarrow$
$F_2 + Al \rightarrow$

3) $F_2 + Si \rightarrow$
$F_2 + S \rightarrow$
$F_2 + Xe \rightarrow$

82. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства галогенов:

1) $Cl_2 + Li \rightarrow$
$Br_2 + Fe \rightarrow$
$I_2 + Ca \rightarrow$
$Br_2 + KOH \xrightarrow{t}$
$I_2 + Fe \rightarrow$
$Cl_2 + KBr \rightarrow$
$Cl_2 + Cr \rightarrow$
$Cl_2 + H_2O \xrightarrow{свет}$

2) $I_2 + Al \rightarrow$
$Br_2 + P \rightarrow$
$Br_2 + KOH \rightarrow$
$Br_2 + KI \rightarrow$
$Cl_2 + Fe \rightarrow$
$I_2 + Cu \rightarrow$
$Cl_2 + KI \rightarrow$
$Cl_2 + KOH \xrightarrow{t}$

3) $Cl_2 + S \rightarrow$
$H_2 + Cl_2 \rightarrow$
$Zn + Br_2 \rightarrow$
$Cl_2 + FeCl_2 \rightarrow$
$Cl_2 + HCOOH \rightarrow$
$I_2 + P \rightarrow$
$Cl_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow$
$Cl_2 + Si \rightarrow$

83. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства галогенов:

1) $Cl_2 + Br_2 \rightarrow$
$Cl_2 + I_2 \rightarrow$

2) $Cl_2 + FeCl_3 + NaOH \rightarrow Na_2FeO_4 + ...$
$Br_2 + KCrO_2 + KOH \rightarrow K_2CrO_4 + ...$

$Cl_2 + I_2 + H_2O \rightarrow$
$I_2 + KClO_3 \rightarrow$
$I_2 + KBrO_3 \rightarrow$
$I_2 + HNO_3(к) \rightarrow$

$I_2 + H_2SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + ...$
$Cl_2 + Br_2 + H_2O \rightarrow$
$Cl_2 + Br_2 + NaOH \rightarrow$
$Cl_2 + I_2 + NaOH \rightarrow$

84. Укажите, с какими из перечисленных веществ реагирует хлор: калий, гидроксид натрия, вода, водород, железо, хлорид бария, фосфор, сульфат алюминия, бромид кальция, кислород, хлорид железа (II), метан.

Упражнение 28. Уравнения реакций с участием водородных соединений галогенов, бескислородных кислот, галогенидов.

Водные растворы галогеноводородов (HГ) — сильные кислоты, исключение HF.

Плавиковая кислота HF способна образовывать при определённых условиях кислые соли (KHF_2).

Анионы $Г^-$ — чаще восстановители (см. *Приложение № 6*).

85. Составьте уравнения реакций между предложенными веществами:

1) $HF_{(г)} + SiO_2 \rightarrow$
$HI + CaCO_3 \rightarrow$
$KI + Pb(NO_3)_2 \rightarrow$
$PBr_5 + H_2O \rightarrow$
$BaBr_2 + Cl_2 \rightarrow$
$AgBr \xrightarrow{свет}$
$HBr + CuO \rightarrow$
$NaCl(тв.) + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$KI + Hg(NO_3)_2 \rightarrow$

2) $HCl + Zn \rightarrow$
$HI + Ba(OH)_2 \rightarrow$
$NaCl + AgNO_3 \rightarrow$
$PI_3 + H_2O \rightarrow$
$CaI_2 + Cl_2 \rightarrow$
$AgI \xrightarrow{свет}$
$HBr + Na_2SO_3 \rightarrow$
$BaI_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$KI + AgNO_3 \rightarrow$

86. Составьте уравнения реакций между предложенными веществами. Расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $HCl + K_2MnO_4 \rightarrow$
$FeCl_3 + H_2 \rightarrow$

2) $KI + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$HCl + K_2CrO_4 \rightarrow$

$HI + O_2 \rightarrow$

$HI + H_2SO_4(к) \rightarrow$

$HI + FeCl_3 \rightarrow$

$KI + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$

$KI + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$

$\rightarrow I_2 + ...$

$NaCl(тв.) \xrightarrow{эл.\ ток}$

$KBr + H_2SO_4(к) \rightarrow$

$KBr + KBrO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$

$HCl + MnO_2 \rightarrow$

$NaNO_3(насыщ.) +$

$+ CaCl_2(насыщ.) \rightarrow$

$KI + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$

$KI + MnO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$

$PBr_3 + HNO_3 \rightarrow$

$KI + KNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$

$KI + KMnO_4 + KOH \rightarrow$

$\rightarrow KIO_3 + ...$

$NaCl + H_2O \xrightarrow{эл.\ ток}$

$HCl + Ca(OCl)_2 \rightarrow$

$HBr + K_2Cr_2O_7 \rightarrow$

$KF + H_2SO_4(к) \rightarrow$

$AgBr + Na_2S_2O_3 \rightarrow$

Упражнение 29. Уравнения реакций с участием кислородных соединений галогенов:

- Кислородосодержащие соединения галогенов (особенно хлора) — сильные окислители.
- Гипохлориты вступают в окислительно-восстановительное взаимодействие в любой среде, хлораты — только в сильнокислой среде. В расплавах хлораты ведут себя как сильные окислители в щелочной среде.
- Окислительная способность иона ClO_4^- в растворах практически не проявляется.
  $NaClO_4 + KI + H_2SO_4 \rightarrow$ реакция не идет.
- Положительные степени окисления галогенов нестабильны, при любой возможности они стремятся перейти в $Г_2^0$ или $Г^-$ (см. *Приложение № 6*).
- Оксиды галогенов проявляют все химические свойства кислотных оксидов.

87. Составьте уравнения реакций между предложенными веществами. Расставьте коэффициенты.

1) $Cl_2O_7 + NaOH \rightarrow$

$Cl_2O + H_2O \rightarrow$

2) $I_2O_5 + NaOH \rightarrow$

$Cl_2O_7 + H_2O \rightarrow$

$NaClO + NaI + H_2O \rightarrow$

$KClO_3 + S \xrightarrow{t}$

$KClO_3 \xrightarrow{300\ °C,\ MnO_2}$

$KClO \xrightarrow{t}$

$KClO_3 + KI + H_2SO_4 \rightarrow$

$KClO_3 + NH_3 + NaOH \rightarrow$

$ClO_2 + H_2O \rightarrow$

$I_2O_5 + CO \rightarrow$

$HCl(к) + KClO_3 \rightarrow$

$KClO_3 + P \rightarrow$

$KClO_3 \xrightarrow{400\ °C}$

$KClO_3 + NaNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$

$KClO_3 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$

$HIO_3 + HI \rightarrow$

$ClO_2 + NaOH \rightarrow$

$HIO_3 + P + H_2O \rightarrow$

Упражнение 30. Химические превращения между соединениями галогенов.

88. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

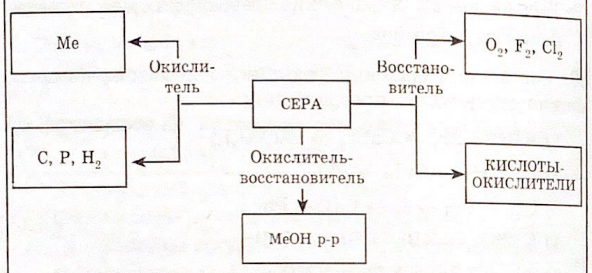
1) $KBr \rightarrow Br_2 \rightarrow CaBr_2 \rightarrow Ca(NO_3)_2$;
2) $I_2 \rightarrow HI \rightarrow CuI_2 \rightarrow PbI_2$;
3) $Cl_2 \rightarrow Br_2 \rightarrow I_2 \rightarrow CaI_2 \rightarrow PbI_2$;
4) $K_2SiO_3 \rightarrow KBr \rightarrow Br_2 \rightarrow CaBr_2$;
5) $KI \rightarrow KBr \rightarrow KCl \rightarrow KNO_3$;
6) $Cl^- \rightarrow Cl^- \rightarrow Cl^0 \rightarrow Cl^{+5} \rightarrow Cl^-$;
7) $KCl \rightarrow Cl_2 \rightarrow Br_2 \rightarrow HBr$;
8) $K_2Cr_2O_7 \rightarrow Cl_2 \rightarrow KClO_3 \rightarrow KCl \rightarrow AgCl$;
9) $KMnO_4 \rightarrow Br_2 \rightarrow KBr \rightarrow KCl \rightarrow KNO_3$;
10) $KCl \rightarrow HCl \rightarrow Cl_2 \rightarrow CuCl_2$;
11) $Cl_2 \rightarrow KClO_3 \rightarrow KCl \rightarrow HCl \rightarrow MgCl_2 \rightarrow Mg(OH)_2$;
12) $K_2SO_3 \rightarrow KI \rightarrow I_2 \rightarrow HIO_3$;
13) $MnO_2 \rightarrow Br_2 \rightarrow HBr \rightarrow NaBr \rightarrow Br_2 \rightarrow Ca(BrO)_2$;
14) $Cl_2 \rightarrow HCl \rightarrow NaCl \rightarrow NaHSO_4$;
15) $KClO_3 \rightarrow KCl \rightarrow Cl_2 \rightarrow FeCl_3$;
16) $NaClO_3 \rightarrow NaCl \rightarrow HCl \rightarrow ZnCl_2$;
17) $CaCO_3 \rightarrow CaCl_2 \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(ClO)_2$;
18) $HCl \rightarrow Cl_2 \rightarrow CaOCl_2 \rightarrow Cl_2 \rightarrow KClO$.

3. Халькогены и их соединения

Упражнение 31. Уравнения реакций с участием простых веществ — халькогенов.

Сера — типичный активный неметалл. В химических реакциях проявляет окислительно-восстановительную двойственность.

Сера не имеет кислотно-основных свойств, хотя реагирует и со щелочами и с кислотами, при условии, что кислота — окислитель.



Обратите внимание! Сера не смачивается водой и не смачивается азотной кислотой.

Но: $S + H_2O \neq$, $S + HNO_3 \rightarrow$ реакция возможна.

89. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства серы:

1) $S + O_2 \rightarrow$
$S + C \rightarrow$
$S + Al \xrightarrow{t}$
$S + Fe \xrightarrow{t}$

2) $S + Na \xrightarrow{t}$
$S + Cl_2 \rightarrow$
$S + H_2 \xrightarrow{t}$
$S + HI \rightarrow$

3) $S + P \rightarrow$
$S + F_2 \rightarrow$
$S + Mg \xrightarrow{t}$
$S + KI \rightarrow$

90. Составьте уравнения реакций, расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $S + KClO_3 \rightarrow$
$S + HNO_3(к) \rightarrow$

2) $S + Na_2SO_3 \rightarrow$
$S + H_2SO_4(к) \rightarrow$

$S + NaOH \rightarrow$
$S + KMnO_4 \rightarrow$
$S + K_2Cr_2O_7 \rightarrow$
$S + K_2S \rightarrow$

$S + KNO_3 \rightarrow$
$S + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$
$S + O_2 + H_2O \rightarrow$
$S + NO_2 \rightarrow$

91. Составьте уравнения реакций, расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $S + Cl_2 + NaOH \rightarrow$
$S + KClO_3 + KOH \rightarrow$
$Se + HNO_3 + H_2O \rightarrow$
$\rightarrow H_2SeO_3 + ...$
$Te + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$
$\rightarrow TeO_2 + ... + ...$

2) $S + Br_2 + KOH \rightarrow$
$S + O_3 + NaOH \rightarrow$
$Po + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$
$\rightarrow Po(NO_3)_4 + ... + ...$

Упражнение 32. Уравнения реакций с участием летучих водородных соединений серы, бескислородных кислот и их солей.

Водные растворы халькогеноводородов — слабые кислоты. Они проявляют все характерные свойства кислот.

Сульфид-ионы в составе кислот и солей являются восстановителями (см. *Приложение № 6*).

Растворимые в воде сульфиды сильно гидролизованы и имеют щелочную среду.

Классификация сульфидов металлов

Растворимые в воде	Гидролизующиеся полностью	Нерастворимые в воде	
		Растворимые в р-ре HCl	Растворимые в HNO_3
Na_2S, K_2S, $(NH_4)_2S$	Al_2S_3, Cr_2S_3	ZnS, FeS, MnS	CuS, PbS, Ag_2S, HgS

Обратите внимание! $FeCl_2 + H_2S \neq$,
$CuCl_2 + H_2S \rightarrow$ реакция возможна.

92. Составьте уравнения реакций, расставьте коэффициенты:

1) $H_2S + Ba \rightarrow$
$H_2S + Na_2O \rightarrow$
$H_2S + NaOH \rightarrow$
$H_2S + Br_2 \rightarrow$
$(NH_4)_2S + Pb(NO_3)_2 \rightarrow$
$H_2S + CuSO_4 \rightarrow$
$H_2S + O_2$(изб.) $\rightarrow$
$H_2S + Pb(NO_3)_2 \rightarrow$

2) $ZnS + O_2 \rightarrow$
$H_2S + ZnCl_2 \rightarrow$
$H_2S + O_2$(нед.) $\rightarrow$
$FeS + O_2 \rightarrow$
$H_2S + Mn(NO_3)_2 \rightarrow$
$Al_2S_3 + H_2O \rightarrow$
$Na_2S + H_2O \rightarrow$

93. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $H_2S + SO_2 \rightarrow$
$H_2S + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$
$Cu_2S + O_2 \rightarrow$
$Al_2S_3 + HNO_3$(к) $\rightarrow$
$H_2S + K_2CrO_4 + H_2O \rightarrow$
$H_2S + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$H_2S + HClO_3 \rightarrow$
$PbS + H_2O_2 \rightarrow$

2) $H_2S + H_2SO_4$(к) $\rightarrow$
$H_2S + KMnO_4 \rightarrow$
$H_2S + Cl_2 + H_2O \rightarrow$
$FeS_2 + O_2 \rightarrow$
$PbS + HNO_3$(к) $\rightarrow$
$K_2S + K_2MnO_4 + H_2O \rightarrow$
$H_2S + Fe_2O_3 \rightarrow$
$H_2S + HNO_3$(р-р) $\rightarrow$

Упражнение 33. Уравнения реакций с участием кислородных соединений халькогенов.

- Оксиды и гидроксиды халькогенов состава $ЭO_3$ — $H_2ЭO_4$, $ЭO_2$ — $H_2ЭO_3$ проявляют кислотный характер.
- Сернистая кислота — H_2SO_3 — кислота средней силы по первой ступени.
- Соединения серы (IV) проявляют окислительно-восстановительную двойственность с преимущественными восстановительными свойствами. Соединения серы (VI) являются окислителями (см. *Приложение № 6*).

- Уравнения реакций с участием серной кислоты различной концентрации смотрите в разделе, посвященном химическим свойствам основных классов неорганических веществ (упражнение 23).
- При прокаливании твёрдые сульфаты разлагаются, подобно нитратам. Сульфаты щелочных металлов не разлагаются.

94. Составьте уравнения реакций, расставьте коэффициенты:

1) $SO_3 + H_2O \rightarrow$
$H_2SO_4 + CuO \rightarrow$
$SO_3 + Ba(OH)_2 \rightarrow$
$NaHSO_4 + NaOH \rightarrow$
$H_2SO_4 + K_2S \rightarrow$
$H_2SO_4 + Zn \rightarrow$
H_2SO_4(к) $+ Ag \rightarrow$
$H_2SO_4 + KOH \rightarrow$
$H_2SO_4 + Fe_2O_3 \rightarrow$
$SO_2 + NaOH \rightarrow$
$K_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow$
H_2SO_4(к) $+ Cu \rightarrow$
$H_2SO_4 + Na_2SO_3 \rightarrow$
H_2SO_4(к) $+ C \rightarrow$

2) $H_2SO_4 + Mg \rightarrow$
$SO_2 + CaO \rightarrow$
$H_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 \rightarrow$
H_2SO_4(к) $+ P \rightarrow$
$CuSO_4 + KOH \rightarrow$
H_2SO_4(к) $+ S \rightarrow$
$NaHSO_3 + NaOH \rightarrow$
$H_2SO_4 + Al(OH)_3 \rightarrow$
$SO_2 + H_2O \rightarrow$
$SO_3 + Na_2O \rightarrow$
$Na_2SO_3 + HCl \rightarrow$
H_2SO_4(к) $+ Zn \rightarrow$
$Na_2SO_3 + BaCl_2 \rightarrow$

95. С какими из перечисленных веществ реагирует оксид серы (IV): вода, гидроксид лития, соляная кислота, кислород, оксид бария, кальций, азот, раствор перманганата калия, хлорная кислота? Запишите уравнения возможных реакций.

96. С какими из перечисленных веществ реагирует раствор серной кислоты: платина, гидроксохлорид кальция, оксид магния, сульфат натрия, бромоводородная кислота, хлорид бария, сульфид цинка, хромат калия, алюминий, карбонат калия, углекислый газ? Запишите уравнения возможных реакций.

97. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $SO_2 + Cl_2 + H_2O \rightarrow$
$CuSO_4 + KI \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + C \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + Fe \xrightarrow{t}$
$SO_2 + O_3 \rightarrow$
$Al_2(SO_4)_3 \xrightarrow{t}$
$SO_2 + H_2SeO_3 + H_2O \rightarrow$
$\rightarrow Se + ...$
$Na_2SO_3 + HNO_3(к) \rightarrow$
$KMnO_4 + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$Fe_2(SO_4)_3 \xrightarrow{t}$
$SO_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$
$Na_2SO_3 + K_2Cr_2O_7 + H_2O \rightarrow$
$Na_2SO_4 + H_2 \rightarrow$
$FeSO_4 + O_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + Ca_3P_2 \rightarrow$

2) $K_2SO_3 + I_2 + H_2O \rightarrow$
$SO_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$
$Na_2SO_3 + Cl_2 + NaOH \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + K \rightarrow$
$Na_2SO_3 + KIO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
$Na_2SO_3 \xrightarrow{t}$
$H_2SO_4(к) + KI \rightarrow$
$Na_2SO_3 + O_2 \rightarrow$
$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$Ag_2SO_4 \xrightarrow{t}$
$H_2SO_4(к) + H_2S \rightarrow$
$Na_2SO_3 + S \rightarrow$
$NaHSO_3 \xrightarrow{t}$
$FeSO_4 \xrightarrow{t}$
$HgSO_4 \xrightarrow{t}$

Упражнение 34. Уравнения реакций с участием пероксидов.

Пероксид водорода:
- В водных растворах — это слабая кислота.
- Взаимодействует непосредственно с некоторыми основаниями.
- Разлагается даже при комнатной температуре (диспропорционирует на свету).
- Проявляет окислительно-восстановительную двойственность, хотя окислительные свойства выражены достаточно сильно (см. *Приложение № 6*).

Пероксиды относят к классу солей. Как соли они могут вступать в реакции обмена с кислотами. Являются сильными окислителями (как и все надпероксиды, озониды).

98. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства пероксидов:

1) $Ba(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow$
$BaO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$H_2O_2 + Ag_2O \rightarrow$
$H_2O_2 + KI + H_2SO_4 \rightarrow$
$Na_2O_2 + H_2O \rightarrow$
$Na_2O_2 + CO \rightarrow$

2) $H_2O_2 \rightarrow$
$H_2O_2 + KI \rightarrow$
$H_2O_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$Na_2O_2 + CO_2 \rightarrow$
$Na_2SO_3 + H_2O_2 \rightarrow$
$Na_2O_2 + SO_2 \rightarrow$

Упражнение 35. Химические превращения между соединениями халькогенов.

99. Составьте уравнения возможных реакций:

1) $SO_2 + H_2O \rightarrow$
$H_2S + NaCl \rightarrow$
$FeS + HCl \rightarrow$
$Fe_2(SO_4)_3 + NaOH \rightarrow$
$FeCl_2 + H_2S \rightarrow$
$SO_2 + Na_2CO_3 \rightarrow$
$H_2SO_4 + K_2CO_3 \rightarrow$
$S + H_2O \rightarrow$
$SO_3 + NaOH \rightarrow$

2) $H_2S + Br_2 \rightarrow$
$SO_3 + P_2O_5 \rightarrow$
$K_2SO_4 + HCl \rightarrow$
$Ag_2SO_4 + CuO \rightarrow$
$CuCl_2 + H_2S \rightarrow$
$C_6H_{12}O_6 + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$KHSO_3 + KOH \rightarrow$
$Se + KOH \rightarrow$
$K_2SO_4 + C \rightarrow$

100. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) $KOH \rightarrow KHSO_3 \rightarrow K_2SO_3 \rightarrow K_2SO_4 \rightarrow BaSO_4$;
2) $H_2SO_4 \rightarrow H_2S \rightarrow SO_2 \rightarrow Na_2SO_3 \rightarrow NaHSO_3 \rightarrow SO_2$;
3) $FeS \rightarrow H_2S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow SO_2$;
4) $H_2S \rightarrow S \rightarrow ZnS \rightarrow ZnO \rightarrow ZnSO_4$;
5) $FeS_2 \rightarrow SO_2 \rightarrow S \rightarrow H_2S \rightarrow S \rightarrow CuS \rightarrow SO_2$;
6) $CuCl_2 \rightarrow CuS \rightarrow CuO \rightarrow CuSO_4 \rightarrow CuS$;
7) $SO_2 \rightarrow KHSO_3 \rightarrow SO_2 \rightarrow Na_2SO_3 \rightarrow NaHSO_3 \rightarrow Na_2SO_3 \rightarrow$
$\rightarrow Na_2S_2O_3$;

8) $H_2SO_4 \rightarrow H_2S \rightarrow KHS \rightarrow K_2S \rightarrow H_2S$;

9) $SO_2 \rightarrow Ca(HSO_3)_2 \rightarrow CaSO_3 \rightarrow CaSO_4 \rightarrow CaCl_2$;

10) $KHSO_4 \rightarrow K_2SO_4 \rightarrow KOH \rightarrow KHSO_3 \rightarrow K_2SO_4$;

11) $S^{+6} \rightarrow SO_4^{2-} \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^0 \rightarrow S^{-2} \rightarrow S^{-2}$;

12) $S^{-2} \rightarrow S^0 \rightarrow S^{-2} \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+6}$;

13) $FeS_2 \rightarrow SO_2 \rightarrow NaHSO_3 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow NaNO_3$.

101. Напишите уравнения четырёх возможных реакций между веществами:

1) Сера, сероводород, азотная кислота конц., серная кислота конц.
2) Сульфит натрия, вода, гидроксид калия, перманганат калия, ортофосфорная кислота.
3) Сера, гидроксид натрия, азотная кислота, ортофосфорная кислота.
4) Сульфид натрия, сероводород, хлорид алюминия, хлор.
5) Оксид серы (VI), вода, серная кислота конц., иодид натрия.

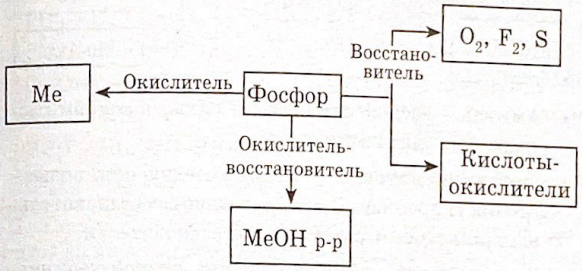
4. Вещества, образованные элементами подгруппы азота, и их соединения

Упражнение 36. Уравнения реакций с участием простых веществ подгруппы азота.

- Простое вещество азот — химически малоактивное вещество. Взаимодействие со сложными веществами носит уникальный характер и происходит крайне редко.
- В химических реакциях азот проявляет окислительно-восстановительную двойственность.

Обратите внимание! $N_2 + Г_2 \neq$.

Простое вещество фосфор в химических реакциях проявляет окислительно-восстановительную двойственность. Но восстановительная активность преобладает. Наиболее химически активен белый фосфор.



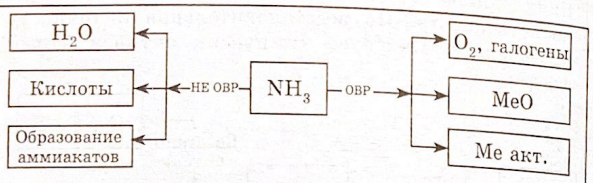
Обратите внимание! $P + H_2 \neq$.

102. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства простых веществ подгруппы азота:

1) $P + O_2$(нед.) $\rightarrow$
$N_2 + Mg \rightarrow$
$P + S \rightarrow$
$N_2 + O_2 \rightarrow$
$P + KOH + H_2O \rightarrow$
$P + KClO_3 \rightarrow$
$As + Cl_2 + H_2O \rightarrow$
$P + O_2$(изб.) $\rightarrow$
$P + Cl_2 \rightarrow$
$N_2 + H_2 \rightarrow$
$P + NO_2 \rightarrow$

2) $N_2 + Li \rightarrow$
$P + Ca \rightarrow$
$P + Na \rightarrow$
$P + H_2O \rightarrow$
$P + HNO_3 + H_2O \rightarrow$
$As + O_2 \rightarrow$
$As + KClO_3 + KOH \rightarrow$
$P + H_2SO_4$(к) $\rightarrow$
$As + HNO_3$(к) $\rightarrow$
$As + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$

Упражнение 37. Уравнения реакций с участием аммиака, фосфина, нитридов, фосфидов.



- Аммиак — основание средней силы, в водном растворе дает щелочную среду.
- Фосфиды и нитриды — ионные соединения, подвергаются гидролизу. В окислительно-восстановительных реакциях играют роль восстановителей.
- Соли фосфония обладают крайне низкой термической устойчивостью.

Обратите внимание! $PH_3 + H_2O \neq$, практически не проявляет основных свойств (искл. — взаимодействие с сильными кислотами (HI) в газовой фазе).

Фосфин хорошо горит в кислороде. Менее сильными окислителями (йодная вода) восстанавливается до H_3PO_2.

103. Составьте уравнения реакций:

1) $NH_3 + HCl \rightarrow$
$NH_3 + CuO \rightarrow$
$K_3P + HCl \rightarrow$
$Ca_3N_2 + H_2O \rightarrow$
$Ca_3P_2 + H_2O \rightarrow$
$PI_3 + H_2O \rightarrow$
$Zn_3P_2 + HCl \rightarrow$
$NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow$
$NH_3 + O_2 \xrightarrow{кат}$
$PH_3 + HI \rightarrow$
$PH_3 + O_2 \rightarrow$

2) $NH_3(изб.) + H_2SO_4 \rightarrow$
$NH_3 + O_2 \xrightarrow{t}$
$Ca_3P_2 + HBr \rightarrow$
$Mg_3N_2 + HCl \rightarrow$
$Na_3P + HCl \rightarrow$
$K + NH_3 \rightarrow$
$Ca + NH_3 \rightarrow$
$PCl_5 + H_2O \rightarrow$
$NH_3 + H_2SO_4(изб.) \rightarrow$
$Li_3N + HCl \rightarrow$

104. Составьте уравнения реакций, расставьте коэффициенты:

1) $CuSO_4 + NH_3 \rightarrow$
$NH_3 + Cl_2 \rightarrow$
$PH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$PH_3 + HNO_3(к) \xrightarrow{t}$
$PH_3 + HClO_4 \rightarrow$
$Cu(OH)_2 + NH_3 \rightarrow$
$AgCl + NH_3 \rightarrow$
$PH_4I + HClO_3 \rightarrow HIO_3 + ...$
$Ca_3P_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$

2) $NH_3 + Ag_2O + H_2O \rightarrow$
$PH_3 + I_2 + H_2O \rightarrow$
$PH_4Cl + HClO_3 \rightarrow Cl_2 + ...$
$PH_3 + AgNO_3 + H_2O \rightarrow$
$NH_3 + H_2O_2 \rightarrow$
$Zn(OH)_2 + NH_3 \rightarrow$
$Ca_3P_2 + Cl_2 + H_2O \rightarrow$

105. Укажите, с какими из перечисленных веществ реагирует аммиак: азотистая кислота, хлороводород, нитрат калия, уксусная кислота, кислород, бром, гидроксид натрия, натрий, оксид меди (II)? Составьте необходимые уравнения реакций.

106. С какими из перечисленных веществ будет реагировать фосфин: кислород, аммиак, иодоводород, нитрат калия, азот? Запишите возможные уравнения.

Упражнение 38. Уравнения реакций с участием солей аммония.

Соли аммония растворимы в воде и проявляют все химические свойства солей. Особое свойство солей аммония — термическое разложение, которое протекает как окислительно-восстановительные реакции или без изменения степеней окисления атомов.

107. Составьте уравнения реакций, расставьте коэффициенты:

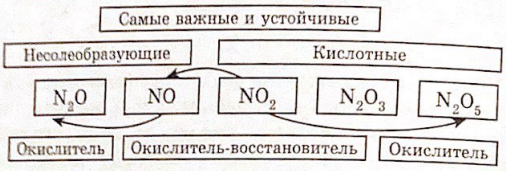
1) $NH_4NO_3 + KOH \rightarrow$
$NH_4I + Pb(NO_3)_2 \rightarrow$
$NH_4HCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
$NH_4NO_3 \xrightarrow{t}$
$NH_4NO_2 \xrightarrow{t}$

2) $(NH_4)_2SO_4 + CaCl_2 \rightarrow$
$(NH_4)_2CO_3 + HCl \rightarrow$
$NH_4Cl + Ba(OH)_2 \rightarrow$
$(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t}$
$NH_4HCO_3 \xrightarrow{t}$

Упражнение 39. Уравнения реакций с участием оксидов азота.

Все оксиды азота — сильные окислители. Реакции образования их из простых веществ эндотермичны.

- Оксиды азота (I) и (IV) поддерживают горение, так как при их разложении выделяется кислород.
- Оксиды азота (II) и (IV) обратимо димеризуются.
- Оксиду азота (IV) соответствуют 2 кислоты: азотная и азотистая.
- Оксиды азота (III) и (V) неустойчивы и легко разлагаются.



108. Составьте уравнения реакций, характеризующих основно-кислотные и окислительно-восстановительные свойства оксидов азота:

1) $N_2O_5 + H_2O \rightarrow$
$N_2O \xrightarrow{t}$
$N_2O_3 + K_2O \rightarrow$
$NO + Cl_2 \rightarrow$
$NO_2 + P \xrightarrow{t}$
$N_2O + Mg \xrightarrow{t}$
$NO_2 + H_2O$(хол.) $\rightarrow$
$NO_2 + KOH$(хол.) $\rightarrow$
$NO + O_2 \rightarrow$
$N_2O_5 + Ba(OH)_2 \rightarrow$
$NO_2 + HI \rightarrow$
$N_2O + Ca \xrightarrow{t}$
$NO + H_2 \xrightarrow{t}$
$NO_2 + H_2O + O_2 \rightarrow$

2) $N_2O + H_2 \xrightarrow{t}$
$N_2O_3 + NaOH \rightarrow$
$N_2O + NH_3 \xrightarrow{t}$
$NO_2 + C \xrightarrow{t}$
$N_2O_3 + H_2O \rightarrow$
$Al_2O_3 + N_2O_5 \rightarrow$
$NO_2 + KOH$(гор.) $\rightarrow$
$NO_2 + H_2O$(гор.) $\rightarrow$
$NO_2 \xrightarrow{t}$
$NO_2 + KOH + O_2 \rightarrow$
$N_2O_5 + CaO \rightarrow$
$NO + P \xrightarrow{t}$
$N_2O_3 \; t$

Упражнение 40. Уравнения реакций с участием оксидов фосфора.

Оксиды фосфора (III) и (V) — типичные кислотные оксиды.

Оксид фосфора (V) проявляет очень сильные водоотнимающие свойства. Фосфор в высшей степени окисления +5 окислительных свойств не проявляет.

Оксид фосфора (III) — практически всегда восстановитель (искл. — прокаливание с углем).

109. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства оксидов фосфора:

1) $P_2O_5 + 1H_2O \rightarrow$
$P_2O_3 + H_2O \rightarrow$
$P_2O_5 + CaO \rightarrow$
$P_2O_5 + K_2O \rightarrow$
$P_2O_3 + O_2 \rightarrow$
$P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow$
$P_2O_5 + Sr(OH)_2 \rightarrow$
$P_2O_3 + BaO \rightarrow$

2) $P_2O_5 + 2H_2O \rightarrow$
$P_2O_5 + NaOH \rightarrow$
$P_2O_3 + KOH \rightarrow$
H_2SO_4(к) $+ P_2O_5 \rightarrow$
$P_2O_3 + HNO_3 \rightarrow$
HNO_3(к) $+ P_2O_5 \rightarrow$
$P_2O_3 + H_2SO_4$(к) $+ H_2O \rightarrow$

Упражнение 41. Уравнения реакций с участием азотистой, азотной кислот и их солей.

- Уравнения реакций с участием азотной кислоты различной концентрации смотрите в разделе, посвященном химическим свойствам основных классов неорганических веществ (см. упражнение 24).
- Азотистая кислота — слабая кислота, существующая только в разбавленных водных растворах. Легко диспропрорционирует на азотную кислоту и оксид азота (II). Проявляет в химических реакциях окислительно-восстановительную двойственность (см. *Приложение № 6*).
- Нитраты разлагаются при нагревании (см. упражнение 10), проявляют окислительные свойства в водном растворе и в твёрдой фазе. Для нитратов характерны все общие химические свойства солей.

110. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства азотистой и азотной кислот:

1) $HNO_2 + K_2O \rightarrow$
$HNO_{3(к)} + Ca \rightarrow$
$HNO_2 + K_2CO_3 \rightarrow$
$HNO_{3(к)} \xrightarrow{t}$
$HNO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow$
$HNO_{3(р\text{-}р)} + Cu \rightarrow$
$HNO_3 + Al_2O_3 \rightarrow$
$HNO_{3(р\text{-}р)} + P \rightarrow$
$HNO_{3(к)} + Ag \rightarrow$
$HNO_3 + CaCO_3 \rightarrow$
$HNO_{3(к)} + C \rightarrow$

2) $NaNO_3 + H_2SO_{4(к)} \rightarrow$
$HNO_{3(р\text{-}р)} + Na \rightarrow$
$HNO_2 + NaOH \rightarrow$
$HNO_{3(к)} + Fe \xrightarrow{t}$
$HNO_{3(р\text{-}р)} + S \rightarrow$
$HNO_3 + NH_3 \rightarrow$
$HNO_3 + NaHCO_3 \rightarrow$
$HNO_3 + K_2O \rightarrow$
$HNO_3 + Ni(OH)_2 \rightarrow$
$HNO_2 + C_2H_5NH_2 \rightarrow$

111. Составьте уравнения реакций, расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $I_2 + HNO_{3(к)} \rightarrow$
$Cu_2O + HNO_{3(к)} \rightarrow$
$KI + NaNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$KNO_3 + Al + KOH + H_2O \xrightarrow{t}$
$KNO_3 + H_2SO_4 + Cu \xrightarrow{t}$
$LiNO_3 \xrightarrow{t}$
$As_2O_3 + KBrO_3 + HCl \rightarrow$
$KNO_3 + Cu \xrightarrow{t}$
$CuS + HNO_{3(р\text{-}р)} \rightarrow$
$NaNO_2 + H_2O_2 \rightarrow$
$NaNO_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$NaNO_{3(тв.)} + Cu \xrightarrow{t}$

2) $CuS + HNO_{3(к)} \rightarrow$
$HNO_2 + HI \rightarrow$
$Au + HNO_{3(к)} + HCl_{(к)} \rightarrow$
$KNO_3 + Zn + KOH + H_2O \xrightarrow{t}$
$Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$
$NaNO_3 \xrightarrow{t}$
$As_2S_3 + HNO_3 + H_2O \rightarrow$
$NaNO_3 + C \xrightarrow{t}$
$AgNO_3 \xrightarrow{t}$
$Fe(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$
$AsH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$HNO_2 + KMnO_4 + HNO_3 \rightarrow$

Упражнение 42. Уравнения реакций с участием кислот фосфора и их солей.

- Фосфористая кислота H_3PO_3 (H_2HPO_3) — средней силы двухосновная кислота, обладает восстановительными свойствами. Она способна восстанавливать малоактивные металлы из соединений, обесцвечивает раствор перманганата калия. При нагревании разлагается до фосфина и ортофосфорной кислоты.
- Ортофосфорная кислота H_3PO_4 — кислота средней силы (по первой ступени). Окислительно-восстановительными свойствами по атому P^{+5} не обладает.
- Дифосфорная (пирофосфорная) кислота $H_4P_2O_7$ — кислота средней силы (по первой ступени).
- Фосфорноватистая кислота H_3PO_2 (HH_2PO_2) — сильная одноосновная кислота, сильный восстановитель, особенно в кислой среде.
- Эти кислоты проявляют свойства, характерные для растворов кислот.

$$H_3PO_3 + 2NaOH \rightarrow Na_2HPO_3 + 2H_2O$$

112. Составьте уравнения реакций:

1) $H_3PO_4 + Na \rightarrow$
$H_3PO_4 + KOH \rightarrow$
$H_3PO_4 + Na_2S \rightarrow$
$H_3PO_4 \xrightarrow{t}$
$H_4P_2O_7 \xrightarrow{t}$
$H_3PO_3 + NO_2 \rightarrow$
$K_2HPO_4 + CaCl_2 \rightarrow$
$Ca_3(PO_4)_2 + C + SiO_2 \xrightarrow{t}$
$K_3PO_4 + AgNO_3 \rightarrow$
$Ca_3(PO_4)_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$H_3PO_4 + LiOH \rightarrow$

2) $H_3PO_4 + K_2O \rightarrow$
$H_4P_2O_7 + H_2O \rightarrow$
$H_3PO_4 + K_2CO_3 \rightarrow$
$H_3PO_4 + NH_3 \rightarrow$
$Na_3PO_4 + H_3PO_4 \rightarrow$
$H_3PO_3 + NH_3 \rightarrow$
$(NH_4)_2HPO_4 + CaCl_2 \rightarrow$
$HPO_3 + H_2O \rightarrow$
$Na_2HPO_4 + NaOH \rightarrow$
$H_3PO_3 + KOH \rightarrow$
$H_3PO_3 + Na_2O \rightarrow$

113. Составьте уравнения реакций, расставьте коэффициенты:

1) $H_3PO_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$H_3PO_3 + AgNO_3 + H_2O \rightarrow$
$H_3PO_3 \xrightarrow{t}$
$H_3PO_3 + HgCl_2 + H_2O \rightarrow$

2) $H_3PO_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$H_3PO_2 + NaOH \rightarrow$
$H_3PO_2 + As_2S_3 \rightarrow As + ...$
$H_3PO_2 \xrightarrow{t}$

114. С какими из перечисленных веществ будет реагировать ортофосфорная кислота: натрий, оксид азота (V), гидроксид калия, вода, карбонат аммония, ортофосфат калия? Запишите возможные уравнения реакций.

115. С какими из перечисленных веществ будет реагировать ортофосфат аммония: гидроксид калия, кремниевая кислота, хлорид цинка, карбонат кальция, ортофосфорная кислота? Запишите возможные уравнения реакций.

116. С какими из перечисленных веществ будет реагировать ортофосфат калия: оксид азота (V), гидроксид бария, хлорид калия, нитрат серебра? Запишите возможные уравнения реакций.

Упражнение 43. Химические превращения между соединениями азота и фосфора.

117. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

1) $N_2 \rightarrow Mg_3N_2 \rightarrow NH_3$
$NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3$
$(NH_4)_2SO_4 \rightarrow NH_3 \rightarrow NO$
$(NH_4)_2CO_3 \rightarrow (NH_4)_3PO_4 \rightarrow$
$\rightarrow NH_3$
$NH_4NO_2 \rightarrow N_2 \rightarrow Li_3N$
$N_2 \rightarrow Ca_3N_2 \rightarrow Ca(OH)_2$
$PCl_5 \leftarrow PCl_3 \rightarrow H_3PO_3$
$(NH_4)_2SO_4 \rightarrow NH_3 \rightarrow NO$

2) $NH_3 \rightarrow NO \rightarrow NO_2$
$NH_3 \rightarrow NH_4NO_3 \rightarrow N_2O$
$NH_3 \rightarrow (NH_4)_2CO_3 \rightarrow CO_2$
$N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow (NH_4)_2S$
$NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_3 \rightarrow SO_2$
$Zn \rightarrow Zn(NO_3)_2 \rightarrow$
$\rightarrow Zn(OH)_2$
$C \rightarrow NO \rightarrow NO_2$
$NH_4Cl \rightarrow NH_4NO_3 \rightarrow N_2O$

$NH_3 \rightarrow (NH_4)_3PO_4 \rightarrow$
$\rightarrow NH_4NO_3$
$(NH_4)_2S \rightarrow NH_4NO_3 \rightarrow N_2O$
$Ca_3N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow NO$

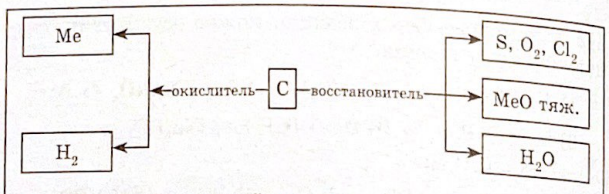
$Hg \rightarrow NO_2 \rightarrow NaNO_3$
$Na \rightarrow NH_4NO_3 \rightarrow N_2O$

118. С помощью каких реакций можно осуществить следующие превращения?

1) $Na_2[Zn(OH)_4] \rightarrow Zn(NO_3)_2 \rightarrow NO_2 \rightarrow NaNO_3 \xrightarrow{t} A$;
2) $P_2O_3 \rightarrow P_2O_5 \rightarrow HPO_3 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 \rightarrow$
$\rightarrow Ca_3(PO_4)_2$;
3) $P \rightarrow Mg_3P_2 \rightarrow PH_3 \rightarrow P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow (NH_4)_3PO_4 \rightarrow$
$\rightarrow NH_4Cl$;
4) $CaCl_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow P \rightarrow P_2O_3 \rightarrow H_3PO_3 \rightarrow Na_2HPO_3$;
5) $Cu \rightarrow Cu(NO_3)_2 \rightarrow B \rightarrow HNO_3 \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$;
6) $KClO_3 \xrightarrow{+X} P_2O_5 \rightarrow H_4P_2O_7 \rightarrow Y \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow X \rightarrow$
$\rightarrow PH_3 \rightarrow Y \rightarrow Na_3PO_4$;
7) $P_2O_5 \rightarrow HPO_3 \rightarrow H_4P_2O_7 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 \rightarrow$
$\rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow P \rightarrow H_3PO_4$;
8) $P \rightarrow Mg_3P_2 \rightarrow PH_3 \rightarrow P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow NH_4H_2PO_4 \rightarrow$
$\rightarrow (NH_4)_3PO_4 \rightarrow NH_4NO_3 \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$;
9) $P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow K_2HPO_4 \rightarrow KH_2PO_4 \rightarrow K_3PO_4 \rightarrow$
$\rightarrow KNO_3 \rightarrow O_2$;
10) $P_2O_5 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 \rightarrow CaHPO_4 \rightarrow$
$\rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow P \rightarrow KH_2PO_2$;
11) $D \rightarrow N_2O_5 \rightarrow D \rightarrow NO_2 \rightarrow KNO_2 \xrightarrow{+K_2Cr_2O_7,\ H_2SO_4}$
$\rightarrow E \rightarrow KNO_2$;
12) $Cu \xrightarrow{+N_2O} F \xrightarrow{+HNO_3} G \rightarrow NO_2 \rightarrow Ba(NO_3)_2 \rightarrow$
$\rightarrow Ba(NO_2)_2$;
13) $N^{-3} \rightarrow N^0 \rightarrow N^{-3} \rightarrow N^{+2} \rightarrow N^{+4} \rightarrow N^{+5} \rightarrow N^{-3} \rightarrow N^+$;
14) $N^+ \rightarrow N^0 \rightarrow N^{+2} \rightarrow N^{+4} \rightarrow N^{+3} \rightarrow N^0 \rightarrow N^{-3} \rightarrow N^{-3} \rightarrow N^+$;

5. Углерод, кремний и их соединения

Упражнение 44. Уравнения реакций с участием простых веществ — углерода и кремния.



- Аморфный кремний довольно инертен. Чаще всего является восстановителем, окислительные свойства проявляет при взаимодействии с металлами.

Обратите внимание! $Si + H_2 \neq$

119. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства углерода и кремния:

1) $C + O_2$(изб.) $\xrightarrow{t}$
$Fe_2O_3 + C \xrightarrow{t}$
$C + S \xrightarrow{t}$
$Si + Cl_2 \xrightarrow{t}$
$C + CO_2 \xrightarrow{t}$
$Si + HF \rightarrow$
$Si + NaOH$(р-р) $\rightarrow$
$C + KNO_3 \rightarrow$
$SiO_2 + C + Cl_2 \rightarrow SiCl_4 + ...$
$C + O_2$(нед.) $\xrightarrow{t}$
$C + H_2O \xrightarrow{t}$
$Si + C \xrightarrow{t}$
$Ca + C \xrightarrow{t}$
$Al + C \xrightarrow{t}$

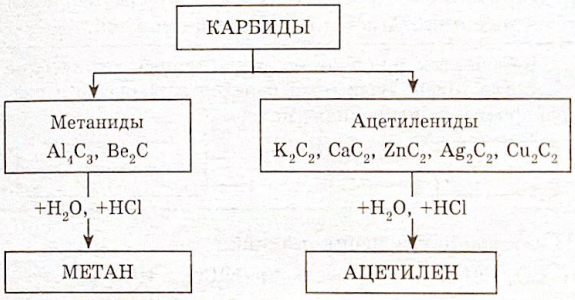
2) $Si + O_2 \rightarrow$
$C + SiO_2 \xrightarrow{t}$
$C + CaO \xrightarrow{t}$
$Mg + Si \xrightarrow{t}$
$Si + H_2O \xrightarrow{t}$
$Si + HNO_3$(к) $+ HF$(к) $\rightarrow$
C(изб.) $+ CaO \xrightarrow{t}$
$C + Na_2SO_4 \xrightarrow{t}$
$C + K_2Cr_2O_7 \rightarrow$
$C + HNO_3$(к) $\xrightarrow{t}$
$Si + MgO \xrightarrow{t}$
$C + Ca_3(PO_4)_2 + SiO_2 \xrightarrow{t}$
$C + BaSO_4 \xrightarrow{t}$

120. Укажите, с какими из перечисленных веществ реагирует графит: концентрированная азотная кислота, раствор серной кислоты, алюминий, водород, гидроксид магния, кислород, хлорид кальция, оксид железа (II)? Составьте необходимые уравнения реакций.

121. Укажите, с какими из перечисленных веществ реагирует аморфный кремний: фтор, гидроксид натрия, серная кислота, фтороводород, карбонат натрия, кислород? Составьте необходимые уравнения реакций.

Упражнение 45. Уравнения реакций с участием летучих водородных соединений, бескислородных соединений углерода и кремния.

- Бинарные соединения углерода с металлами называются карбидами.



- Силаны весьма реакционноспособны, сильные восстановители. Горят на воздухе, гидролизуются горячей водой, окисляются нейтральным раствором перманганата калия.
- Негидролизующиеся карбиды серебра и меди (I) реагируют только с кислотами.

122. Составьте уравнения реакций:

1) $Al_4C_3 + H_2O \rightarrow$
$SiCl_4 + H_2O \rightarrow$
$Mg_2C_3 + H_2O \rightarrow$

2) $Be_2C + H_2O \rightarrow$
$Mg_2Si + HCl \rightarrow$
$SiH_4 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$

$CH_4 + Cl_2 \rightarrow$

$CaC_2 + H_2O \rightarrow$

$K_2C_2 + H_2O \rightarrow$

$SiH_4 + H_2O \xrightarrow{t}$

$Mg_2Si + H_2O \rightarrow$

$SiH_4 + O_2 \rightarrow$

$Ag_2C_2 + HCl \rightarrow$

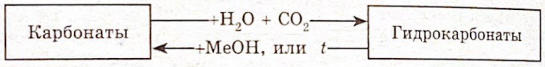
$SiH_4 + Cl_2 \rightarrow$

$Cu_2C_2 + HCl \rightarrow$

Упражнение 46. Уравнения реакций с участием кислородных соединений углерода и кремния.

- Оксид углерода (II) — несолеобразующий оксид, сильный восстановитель. Как окислитель реагирует только с водородом.
- Оксид углерода (IV) и оксид кремния (IV) — кислотные оксиды, проявляют все характерные химические свойства. Оксид кремния (IV) не растворяется в воде и разлагается плавиковой кислотой.

Карбонатам присущи все характерные химические свойства солей. Взаимный переход карбонатов и гидрокарбонатов происходит по схеме:



123. Составьте уравнения реакций:

1) $CO_2 + H_2O \rightarrow$

$SiO_2 + C \xrightarrow{t}$

$Na_2SiO_3 + NH_4Cl \rightarrow$

$SiO_2 + KOH \xrightarrow{t}$

$NaHCO_3 \xrightarrow{t}$

$CO_2 + NaOH$(изб.) $\rightarrow$

$Ca(HCO_3)_2 + HNO_3 \rightarrow$

$SiO_2 + HF \xrightarrow{t}$

$CO + H_2 \xrightarrow{t,\ k}$

2) $K_2CO_3 + HCl \rightarrow$

CO_2(изб.) $+ NaOH \rightarrow$

$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow$

$SiO_2 + Na_2CO_3 \xrightarrow{t}$

$CH_4 + O_2 \xrightarrow{t}$

$CO_2 + K_2O \rightarrow$

$CO + Na_2O_2 \rightarrow$

$NH_4HCO_3 \xrightarrow{t}$

$CH_4 + O_2 \rightarrow$

$CO_2 + C \xrightarrow{t}$

$(CuOH)_2CO_3 \xrightarrow{t}$

$K[Al(OH)_4] + CO_2$(изб.) $\rightarrow$

$CO + O_2 \rightarrow$

$Na_2SiO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow$

$CO_2 + Ba(OH)_2$(изб.) $\rightarrow$

$Mg + CO_2 \xrightarrow{t}$

$SiO_2 + CaO \xrightarrow{t}$

$CaCO_3 \xrightarrow{t}$

$CO + H_2O \xrightarrow{t}$

$SiO_2 + Mg \rightarrow$

$CO + NaOH \xrightarrow{t,\ p}$

$SiO_2 + Na_2O \xrightarrow{t}$

$Ca(ClO)_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow$

$CO + Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$

$SiO_2 + HF$(изб.) $\xrightarrow{t}$

$CO + Fe_3O_4 \xrightarrow{t}$

$CO_2 + Na_2O_2 \rightarrow$

$SiO_2 + Ba(OH)_2 \xrightarrow{t}$

$NaHCO_3 + Ba(OH)_2 \rightarrow$

$CO + NH_3 \xrightarrow{t,\ k}$

Упражнение 47. Химические превращения между соединениями углерода и кремния.

124. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

1) $CO_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$;
2) $Si \rightarrow Mg_2Si \rightarrow SiH_4$;
3) $Na_2SiO_3 \rightarrow CaSiO_3 \rightarrow H_2SiO_3$;
4) $H_2SiO_3 \rightarrow SiO_2 \rightarrow SiF_4$;
5) $CaO \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaSiO_3$;
6) $CO \rightarrow CO_2 \rightarrow MgO$;
7) $SiH_4 \rightarrow SiO_2 \rightarrow Si$;
8) $NH_4HCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow CO$;
9) $NaHCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow (NH_4)_2CO_3$;
10) $CaCl_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$;
11) $MgCl_2 \rightarrow MgSiO_3 \rightarrow H_2SiO_3$;
12) $H_2SiO_3 \rightarrow SiO_2 \rightarrow Si$;
13) $CO_2 \rightarrow CO \rightarrow Cu$;
14) $CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3$;

15) $Ca_2Si \rightarrow SiH_4 \rightarrow SiO_2$;

16) $KHCO_3 \rightarrow K_2CO_3 \rightarrow CO_2$;

17) $CH_4 \rightarrow CO_2 \rightarrow NaHCO_3$;

18) $H_2SiO_3 \rightarrow SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3$.

125. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

1) $NaOH \rightarrow NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 \rightarrow NaHCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow CO$;

2) $Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaSiO_3 \rightarrow H_2SiO_3$;

3) $Na_2CO_3 \rightarrow BaCO_3 \rightarrow BaO \rightarrow Ba(OH)_2 \rightarrow Ba(HCO_3)_2 \rightarrow$
$\rightarrow BaCO_3 \rightarrow CO_2$;

4) $SiO_2 \rightarrow Si \rightarrow Mg_2Si \rightarrow SiH_4 \rightarrow SiO_2 \rightarrow SiF_4$;

5) $CaO \rightarrow CaC_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CO_2 \rightarrow KHCO_3 \rightarrow KNO_3$;

6) $NH_4HCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow CO \rightarrow Fe \rightarrow Fe_2O_3 \xrightarrow{+C} X$;

7) $CO_2 \rightarrow CO \rightarrow CO_2 \xrightarrow{+Mg} X \rightarrow CaC_2$;

8) $SiO_2 \rightarrow Si \rightarrow Na_2SiO_3 \rightarrow H_2SiO_3 \rightarrow SiO_2 \rightarrow CO_2$;

9) $C \xrightarrow{+H_2O} A \rightarrow CO_2 \rightarrow A \rightarrow CH_3OH$.

126. Напишите уравнения четырёх возможных реакций между веществами:

1) кремний, хлороводород, гидроксид натрия, гидрокарбонат натрия;

2) углерод, водород, серная кислота, дихромат калия;

3) карбонат кальция, графит, азотная кислота, оксид меди (I);

4) углерод, азотная кислота концентрированная, оксид железа (II), медь;

5) оксид кремния (IV), хлор, раствор фтороводорода, гидроксид натрия;

6) карбонат калия, оксид алюминия, раствор серной кислоты, углерод;

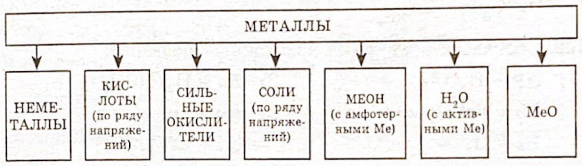
7) кремний, нитрит натрия, хлорид аммония, гидроксид натрия, хлорид железа (II);

8) кокс, оксид меди (II), сернистый газ, медь.

6. Металлы

Упражнение 48. Уравнения реакций с участием металлов.

- Металлы — восстановители. Если химические реакции металлов протекают в растворах, то восстановительная активность металлов определяется их положением в электрохимическом ряду напряжений.



- Со щелочами реагируют: Al, Sn, Zn, Be, Pb и др.
- Металлы, высшие оксиды которых амфотерны, реагируют со щелочными расплавами окислителей.
- Если металлы реагируют с кислотами с выделением водорода, то, как правило, образуются соединения низших степеней окисления.
- Более активные металлы вытесняют менее активные из растворов их солей. Правило не распространяется на активные металлы.

127. Составьте уравнения реакций, характеризующих общие химические свойства металлов:

1) $Na + P \rightarrow$
$Fe + S \xrightarrow{t}$
$K + H_2O \rightarrow$
$Zn + H_2SO_4(р\text{-}р) \rightarrow$
$HNO_3(к) + Ag \rightarrow$
$Zn + Br_2 \xrightarrow{t}$
$H_2SO_4(к) + Hg \rightarrow$
$H_2SO_4(к) + Al \xrightarrow{t}$
$HNO_3(р\text{-}р) + Na \rightarrow$

2) $Ba + N_2 \rightarrow$
$Ca + H_2 \rightarrow$
$CdSO_4 + Zn \rightarrow$
$Ba + H_2O \rightarrow$
$HNO_3(к) + Ca \rightarrow$
$Cu + O_2 \rightarrow$
$HNO_3(р\text{-}р) + Cu \rightarrow$
$Mg + Fe_2O_3 \xrightarrow{t}$
$Na + H_3PO_4 \rightarrow$

$WO_3 + Al \xrightarrow{t}$

$Al + NaOH + H_2O \rightarrow$

$Cr + O_2 \xrightarrow{t}$

$Al + C \xrightarrow{t}$

$Fe + CuSO_4 \rightarrow$

$AgNO_3 + Ni \rightarrow$

$Co + HCl \rightarrow$

$H_2SO_4(к) + Zn \rightarrow$

$V_2O_5 + Ca \xrightarrow{t}$

$Fe + KNO_3 + KOH \rightarrow$

$TiCl_4 + Mg \xrightarrow{t}$

$Zn + H_2O \xrightarrow{t}$

$HNO_3(к) + K \rightarrow$

$Al + CuO \xrightarrow{t}$

$Ag + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$

128. Составьте уравнения возможных реакций:

1) $Ag + H_2O \rightarrow$

$Pb + FeSO_4 \rightarrow$

$Ba + O_2 \rightarrow$

$MgCl_2 + Fe \rightarrow$

$Be + NaOH + H_2O \rightarrow$

$Cu + H_2SO_4(р\text{-}р) \rightarrow$

2) $Zn + Hg(NO_3)_2 \rightarrow$

$Au + O_2 \rightarrow$

$Cu + CrCl_3 \rightarrow$

$CuSO_4 + Ni \rightarrow$

$Mg + Pb(NO_3)_2 \rightarrow$

$Na + H_2O \rightarrow$

$Ni + HCl \rightarrow$

Упражнение 49. Уравнения реакций взаимодействия металлов с растворами гидролизующихся солей.

В растворе соли в присутствии металла возможны следующие реакции:

1) гидролиз соли;
2) взаимодействие металла с продуктом гидролиза (кислотой или щёлочью);
3) вытеснение менее активного металла более активным.

129. Составьте уравнения реакций, протекающих при взаимодействии:

1) раствора хлорида алюминия с цинком

$AlCl_3 + H_2O \rightleftarrows ... + HCl$

$Zn + HCl \rightarrow ... + ...$

$AlCl_3 + H_2O + Zn \rightarrow AlOHCl_2 + ... + H_2\uparrow$

2) раствора хлорида железа (II) с магнием

$FeCl_2 + H_2O \rightleftarrows FeOHCl + ...$

$Mg + ... \rightarrow ... + H_2\uparrow$

$FeCl_2 + Mg \rightarrow ... + ...$

$FeCl_2 + Mg + H_2O \rightarrow FeOHCl + ... + Fe + ...$

3) раствора карбоната натрия с алюминием

$Al + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow Na[Al(OH)_4] + ... + H_2\uparrow$

4) раствора нитрата магния с железом

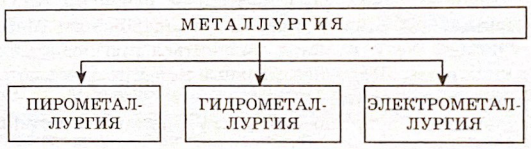
$Fe + Mg(NO_3)_2 + H_2O \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO + ...$

5) раствора сульфида калия с алюминием

$Al + K_2S + H_2O \rightarrow ... + ... + ...$

Упражнение 50. Уравнения реакций получения металлов.

Металлургия — наука о способах получения металлов.



130. Напишите уравнения реакций получения металлов:

1) $FeO + CO \xrightarrow{t}$

$PbO + C \xrightarrow{t}$

$ZnSO_4 + Mg \rightarrow$

$Cr_2O_3 + H_2 \xrightarrow{t}$

$BeO + CO \xrightarrow{t}$

$MgO + Si \xrightarrow{t}$

$Cr_2O_3 + Al \xrightarrow{t}$

2) $WO_3 + Al \xrightarrow{t}$

$Cu_2O + C \xrightarrow{t}$

$TiCl_4 + Mg \rightarrow$

$Fe_3O_4 + CO \xrightarrow{t}$

$SnO_2 + C \xrightarrow{t}$

$SrO + Al \xrightarrow{t}$

$MoO_3 + H_2 \xrightarrow{t}$

3) $PbO_2 + H_2 \xrightarrow{t}$

$FeO + C \xrightarrow{t}$

$CuSO_4 + Fe \rightarrow$

$CdSO_4 + Zn \rightarrow$

$BeF_2 + Mg \xrightarrow{t}$

$RbCl + Ca \xrightarrow{t}$

$GeO_2 + H_2 \xrightarrow{t}$

131. Приведите уравнения реакций: а) восстановления водородом оксида железа (II); б) восстановления коксом оксида марганца (IV); в) кальцийтермического получения

ванадия из оксида ванадия (V); г) магнийтермического восстановления ванадия из хлорида ванадия (III); д) получения кадмия из раствора сульфата кадмия (II) с помощью цинковой пыли.

132. Составьте уравнения реакций, протекающих при электролизе расплавов: а) хлорида калия, бромида кальция; б) растворов хлорида натрия, нитрата меди (II).

7. Щелочные, щёлочноземельные металлы, магний и их соединения

Упражнение 51. Уравнения реакций с участием активных металлов и их соединений.

- Щелочные и щёлочноземельные металлы — сильные восстановители, реагируют с неорганическими и органическими веществами.
- Преимущественный продукт окисления кислородом лития — оксид Li_2O, натрия — пероксид Na_2O_2, калия, рубидия и цезия — надпероксиды MeO_2. Оксиды Na и K могут получиться при недостатке кислорода. Щёлочноземельные металлы окисляются до оксидов MeO.
- Элементы могут образовывать озониды по реакции с озоном.
- Гидриды металлов — активные восстановители за счёт водорода в низшей степени окисления −1.
- Все озониды, пероксиды, надпероксиды — сильные окислители и разлагаются водой.
- Оксиды и гидроксиды активных металлов — основные, проявляют все их характерные свойства. Оксиды натрия и калия получают косвенным путём.

133. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства активных металлов:

1) $K + S \rightarrow$
$Cs + O_2 \rightarrow$
$Mg + Br_2 \rightarrow$

2) $Na + O_2 \rightarrow$
$Na + Cl_2 \rightarrow$
$Ca + H_2 \rightarrow$

$K + KOH \rightarrow$
$K + O_3 \rightarrow$
$Na + HC{\equiv}CH \rightarrow$
$Na + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$K + H_2SO_4(р\text{-}р) \rightarrow$
$Ca + V_2O_5 \xrightarrow{t}$
$K + O_2 \rightarrow$
$Ca + C \rightarrow$
$Na + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$

$Mg + SiO_2 \xrightarrow{t}$
$Na + CH_3Cl \xrightarrow{t}$
$Na + CH_3OH \rightarrow$
$Mg + MoO_3 \xrightarrow{t}$
$Ca + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$Mg + CO_2 \xrightarrow{t}$
$Na + C_6H_5OH \rightarrow$
$Na + CH_3COOH \rightarrow$
$Na + HNO_3(к) \rightarrow$

134. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства оксидов, гидроксидов и солей активных металлов:

1) $Na_2O + Al_2O_3 \xrightarrow{t}$
$NaNO_3 + Zn + NaOH + H_2O \rightarrow$
$K_2O + H_2O \rightarrow$
$CaO + C \xrightarrow{t}$
$Na_2O + SO_3 \rightarrow$

2) $CaCO_3 + C \xrightarrow{t}$
$MgO + H_2O + CO_2 \rightarrow$
$Na_2O + H_2SO_4(р\text{-}р) \rightarrow$
$NaNO_3 + Na \xrightarrow{t}$

135. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства лития и его соединений:

По химическим свойствам Li отличается от щелочных металлов, как и его соединения.
- С азотом реагирует без нагревания.
- С кислородом образует оксид как основной продукт реакции.
- Гидроксид, карбонат и нитрат разлагаются при нагревании.
- Подобно соединениям магния, малорастворимы в воде LiF, Li_2CO_3, Li_3PO_4.

1) $Li + N_2 \rightarrow$
$Li + Si \rightarrow$
$Li + NH_3 \rightarrow$
$LiNO_3 \xrightarrow{t}$

2) $Li + C \rightarrow$
$Li + H_2 \rightarrow$
$LiOH \xrightarrow{t}$
$Li_2O + Al \xrightarrow{t}$

$Li + O_2 \rightarrow$

$Li_2CO_3 \xrightarrow{t}$

$Li + H_2SO_4(к) \rightarrow$

$LiCl \xrightarrow{эл.\ ток}$

136. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства гидридов, пероксидов и надпероксидов активных металлов:

1) $NaH + H_2O \rightarrow$
$Na_2O_2 + Na \rightarrow$
$KH + Cl_2 \rightarrow$
$Na_2O_2 + H_2O \rightarrow$
$CaH_2 + H_2O \rightarrow$
$BaO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$SO_2 + LiH \rightarrow$
$KO_2 + CO_2 \rightarrow$
$Na_2O_2 + C \rightarrow$
$NaH + O_2 \rightarrow$
$Na_2O_2 + SO_2 \rightarrow$
$KO_2 + H_2O \xrightarrow{t}$

2) $KH + HCl \rightarrow$
$Na_2O_2 + CO_2 \rightarrow$
$BaO_2 + CO_2 \rightarrow$
$CaH_2 + O_2 \rightarrow$
$Na_2O_2 + CO \rightarrow$
$BaH_2 + HCl \rightarrow$
$BaO_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow$
$KO_2 + K \rightarrow$
$Na_2O_2 \xrightarrow{t}$
$Na_2O_2 + S \rightarrow$
$NaH + C_2H_5OH \rightarrow$
$Na_2O + O_2 \rightarrow$

137. Составьте уравнения реакций:

1) $Na_2O_2 + KI + H_2SO_4 \rightarrow$
$Na_2O_2 + Fe(OH)_2 + H_2O \rightarrow$
$BaO_2 + H_2SO_4 + FeSO_4 \rightarrow$

2) $Na_2O_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$Na_2O_2 + Na_3[Cr(OH)_6] \rightarrow$
$Na_2O_2 + H_2SO_4 + FeSO_4 \rightarrow$

138. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) $Na \rightarrow Na_2O_2 \rightarrow NaOH \rightarrow Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow NaCl \rightarrow Na \rightarrow NaH$;
2) $K \rightarrow KO_2 \rightarrow K_2O \rightarrow KOH \rightarrow KCl \rightarrow KNO_3 \rightarrow KHSO_4 \rightarrow K_2SO_4 \rightarrow BaSO_4$;
3) $Li \rightarrow Li_2O \rightarrow LiOH \rightarrow Li_2O \rightarrow Li_2SO_3 \rightarrow Li_2SO_4 \rightarrow LiCl \rightarrow Li \rightarrow LiNO_3$;
4) $Mg \rightarrow MgSO_4 \rightarrow MgCl_2 \rightarrow (MgOH)Cl \rightarrow MgCl_2 \rightarrow Mg(NO_3)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 \rightarrow Mg_3(PO_4)_2$;

5) $Ca \rightarrow CaH_2 \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaCl_2 \rightarrow Ca(NO_3)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 \rightarrow CaHPO_4$;
6) $Mg(OH)_2 \rightarrow MgO \rightarrow MgSiO_3 \rightarrow MgCl_2 \rightarrow Mg(NO_3)_2 \rightarrow MgO$;
7) $CO_2 \rightarrow C \rightarrow CaC_2 \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaO \rightarrow CaC_2$;
8) натрий $\xrightarrow{+O_2} X \xrightarrow{+CO_2} Y \xrightarrow{+SO_2} Z \rightarrow K_2SO_4 \xrightarrow{+CaCl_2} D$.

8. Алюминий и его соединения

Упражнение 52. Уравнения реакций с участием алюминия и его соединений.

- Алюминий — активный металл с выраженными восстановительными свойствами, но при обычных условиях инертен, так как покрыт защитной плёнкой оксида. Активно вступает в реакции после снятия оксидной плёнки.
- Для алюминия и его соединений характерны амфотерные свойства.
- Пассивируется на холоду кислотами-окислителями.

139. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства алюминия:

1) $Al + Br_2 \xrightarrow{t}$
$Al + O_2 \xrightarrow{t}$
$Al + H_2O \rightarrow$
$Al + H_2SO_4(к) \xrightarrow{t}$
$Al + KClO_3 \rightarrow$
$Al + HNO_3(к) \xrightarrow{t}$
$Al + S \xrightarrow{t}$
$Al + C \xrightarrow{t}$
$Al + NaOH + H_2O \rightarrow$

2) $Al + I_2 \rightarrow$
$Al + N_2 \xrightarrow{t}$
$Al + H_2SO_4(р\text{-}р) \rightarrow$
$Al + Fe_2O_3 \xrightarrow{t}$
$Al + Na_2O_2 \xrightarrow{t}$
$Al + CuSO_4 \rightarrow$
$Al_2O_3 + HCl \rightarrow$
$NH_3 + Al \rightarrow$
$Al + HNO_3(оч.разб.) \rightarrow$

140. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства соединений алюминия:

1) $Al_2O_3 + NaOH + H_2O \rightarrow$
$Al_2S_3 + H_2O \rightarrow$
$Na[Al(OH)_4] \xrightarrow{t}$
$AlCl_3 + Na[Al(OH)_4] \rightarrow$
$Al_2O_3 + KHSO_4 \rightarrow$
$AlCl_3 + K_2S + H_2O \rightarrow$
$Al(OH)_3 + NaOH_{(р\text{-}р)} \rightarrow$
$K[Al(OH)_4] + HCl \rightarrow$
$AlCl_3 + NaOH_{(изб.)} \rightarrow$
$AlBr_3 + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow$
$Al_2(SO_4)_3 \xrightarrow{t}$
$K[Al(OH)_4] + SO_2 \rightarrow$
$Al_2O_3 \xrightarrow{эл.\ ток}$
$Al_2O_3 + CaO \xrightarrow{t}$

2) $KAlO_2 + H_2O \rightarrow$
$Al(NO_3)_3 \xrightarrow{t}$
$Na[Al(OH)_4] + CO_2 \rightarrow$
$Al_2O_3 + N_2O_5 \rightarrow$
$Al(OH)_3 \xrightarrow{t}$
$Al_2O_3 + K_2CO_3 \xrightarrow{t}$
$Al(OH)_3 + HNO_3 \rightarrow$
$Al(NO_3)_3 + NaOH \rightarrow$
$Al_2O_3 + KOH \xrightarrow{t}$
$AlCl_3 + NH_3 + H_2O \rightarrow$
$KAlO_2 + HCl_{(изб.)} \rightarrow$
$Al(OH)_3 + NaOH \xrightarrow{t}$
$Al_2O_3 + K_2S_2O_7 \xrightarrow{t}$

141. Составьте уравнения реакций, расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $KMnO_4 + Al + KOH \rightarrow$
$KNO_3 + Al + KOH + H_2O \rightarrow$
$KClO_4 + Al + H_2SO_{4(р\text{-}р)} \rightarrow$

2) $Al_2S_3 + HNO_{3(к)} \rightarrow$
$KMnO_4 + Al +$
$+ H_2SO_{4(р\text{-}р)} \rightarrow$

9. Марганец и его соединения

Упражнение 53. Уравнения реакций с участием марганца.

- Марганец при комнатной температуре малоактивен, покрыт оксидной плёнкой, которая разрушается при измельчении металла и нагревании.
- Легко растворяется в растворах кислот.
- Реагирует со щелочными расплавами окислителей.
- Восстанавливает оксиды многих металлов.

142. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства марганца:

1) $Mn + N_2 \xrightarrow{t}$
$Mn + Si \xrightarrow{t}$
$Mn + O_2 \xrightarrow{t}$
$Mn + H_2SO_{4(р\text{-}р)} \rightarrow$
$Mn + H_2SO_{4(к)} \xrightarrow{t}$
$Mn + HNO_{3(к)} \rightarrow$

2) $Mn + H_2O \xrightarrow{t}$
$Mn + HCl \rightarrow$
$Mn + Fe_2O_3 \xrightarrow{t}$
$Mn + KClO_3 + KOH \xrightarrow{t}$
$Mn + S \xrightarrow{t}$
$Mn + I_2 \xrightarrow{t}$

Упражнение 54. Уравнения реакций с участием соединений марганца (II).

- Оксид марганца (II) и гидроксид марганца (II) являются основными.
- Растворимые соли марганца (II) проявляют все общие свойства солей.
- В окислительно-восстановительных реакциях соединения марганца (II) проявляют окислительно-восстановительную двойственность с преобладанием восстановительных свойств (см. *Приложение № 6*).

143. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства соединений марганца (II):

1) $MnO + HCl \rightarrow$
$Mn(OH)_2 + SO_3 \rightarrow$
$MnSO_4 + H_2O \rightarrow$
$MnCl_2 + Mg \rightarrow$
$MnO + N_2O_5 \rightarrow$
$Mn(OH)_2 + HCl \rightarrow$
$Mn(NO_3)_2 + PbO_2 +$
$+ HNO_3 \rightarrow$

2) $MnO + H_2SO_4 \rightarrow$
$Mn(OH)_2 + O_2 + H_2O \rightarrow$
$MnSO_4 + BaCl_2 \rightarrow$
$Mn(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$
$MnCl_2 + KOH \rightarrow$
$MnCl_2 + NaNO_3 + Na_2CO_3 \rightarrow$
$MnSO_4 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$
$MnSO_4 + KClO_3 + KOH \rightarrow$

Упражнение 55. Уравнения реакций с участием соединений марганца (IV).

- Оксид марганца (IV) и гидроксид марганца (IV) являются амфотерными, хотя как основные, так и кислотные свойства выражены слабо.
- Соли марганца (IV) неустойчивы, их нельзя выделить, они подвергаются окислительно-восстановительному разложению.
- В окислительно-восстановительных реакциях соединения марганца (IV) проявляют как окислительные, так и восстановительные свойства (см. *Приложение № 6*).

144. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства соединений марганца (IV):

1) $MnO_2 + Si \rightarrow$
$MnO_2 + H_2 \xrightarrow{t}$
$MnO_2 + CO \xrightarrow{t}$
$Mn(OH)_4 + CaO \xrightarrow{t}$
$MnO_2 + HCl \rightarrow$
$MnO_2 + H_2SO_4(к) \xrightarrow{t}$
$MnO_2 + KOH \xrightarrow{t}$

2) $MnO_2 + PbO_2 + HNO_3 \rightarrow$
$MnO_2 + KClO_3 + KOH \xrightarrow{t}$
$MnO_2 + KNO_3 + KOH \xrightarrow{t}$
$MnO_2 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$MnO_2 + KClO_3 + K_2CO_3 \xrightarrow{t}$
$MnO_2 + KOH + O_2 \rightarrow$
$MnO_2 + FeCl_2 + HCl \rightarrow$

Упражнение 56. Уравнения реакций с участием соединений марганца (VI, VII).

- Оксид марганца (VII) — кислотный оксид, неустойчив, как и марганцевая кислота.
- Соединения марганца (VII) — сильные окислители (см. *Приложение № 6*).

145. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства соединений марганца (VII):

1) $KMnO_4 \xrightarrow{t}$
$KMnO_4 + H_2SO_4(к) \rightarrow$

2) $KMnO_4 + MnSO_4 + H_2O \rightarrow$
$KMnO_4 + K_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$

$Mn_2O_7 + H_2O \rightarrow$
$HMnO_4 \rightarrow$
$KMnO_4 + H_2O \rightarrow$
$Mn_2O_7 + CaO \rightarrow$
$KMnO_4 + KOH \rightarrow$
$K_2MnO_4 + H_2O \rightarrow$
$K_2MnO_4 + Cl_2 \rightarrow$
$Mn_2O_7 + KOH \rightarrow$
$K_2MnO_4 + HCl \rightarrow$
$KMnO_4 + SO_2 + KOH \rightarrow$
$KMnO_4 + K_2SO_3 + H_2O \rightarrow$
$KMnO_4 + K_2SO_3 + KOH \rightarrow$
$KMnO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$KMnO_4 + H_2O_2 \rightarrow$
$KMnO_4 + HBr \rightarrow$
$KMnO_4 + KBr + H_2SO_4 \rightarrow$
$KMnO_4 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$KMnO_4 + Ca_3P_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$KMnO_4 + AsH_3 + H_2SO_4 \rightarrow$

10. Хром и его соединения

Упражнение 57. Уравнения реакций с участием хрома.

- Хром при комнатной температуре малоактивен, покрыт оксидной плёнкой, которая разрушается при нагревании.
- Пассивируется на холоду кислотами-окислителями.
- Реагирует со щелочными расплавами окислителей.

146. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства хрома:

1) $Cr + Br_2 \xrightarrow{t}$
$Cr + S \xrightarrow{t}$
$Cr + N_2 \xrightarrow{t}$
$Cr + O_2 \xrightarrow{t}$
$Cr + HCl + O_2 \rightarrow$
$Cr + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$
$Cr + CuSO_4 \rightarrow$
$Cr + Cl_2 \xrightarrow{t}$

2) $Cr + HCl \rightarrow$
$Cr + H_2O \xrightarrow{t}$
$Cr + HNO_3(к) \xrightarrow{t}$
$Cr + H_2SO_4(к) \xrightarrow{t}$
$Cr + H_2SO_4(р\text{-}р) \rightarrow$
$Cr + KClO_3 + KOH \xrightarrow{t}$
$Cr + Na_2CO_3 + O_2 \rightarrow$

Упражнение 58. Уравнения реакций с участием оксидов и гидроксидов хрома (II), (III).

- Оксид и гидроксид хрома (II) являются основными и проявляют все характерные свойства основных оксидов и гидроксидов.
- В окислительно-восстановительных реакциях соединения хрома (II) выступают в роли восстановителей, легко окисляясь в соединения хрома (III) (см. *Приложение № 6*).

- Оксид хрома (III) амфотерен, растворяется в кислотах, сплавляется с оксидами, гидроксидами и карбонатами щелочных металлов, реагирует с кислыми солями.
- Гидроксид хрома (III) как амфотерный гидроксид легко растворяется как в кислотах, так и в щелочах.
- В окислительно-восстановительных реакциях соединения хрома (III) проявляют как окислительные, так и восстановительные свойства (см. *Приложение № 6*).

147. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства соединений хрома:

1) $Cr_2O_3 + Ba(OH)_2 \xrightarrow{t}$
$Cr(OH)_2 + HCl \rightarrow$
$CrO + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$Cr(OH)_2 + O_2 + H_2O \rightarrow$
$Cr(OH)_3 + NaOH(р\text{-}р) \rightarrow$
$Cr_2O_3 + KHSO_4 \rightarrow$
$Cr_2O_3 + CaCO_3 \xrightarrow{t}$
$Cr(OH)_2 \xrightarrow{t}$

2) $CrO \xrightarrow{t}$
$Cr_2O_3 + CaO \xrightarrow{t}$
$Cr_2O_3 + Al \xrightarrow{t}$
$Cr_2O_3 + HCl \rightarrow$
$Cr_2O_3 + KNO_3 + KOH \rightarrow$
$Cr_2O_3 + KClO_3 + KOH \rightarrow$
$Cr_2O_3 + Br_2 + NaOH \rightarrow$
$Cr(OH)_3 + K_2O \ ^{t}$

$CrO + O_2 \rightarrow$
$CrO + H_2SO_4(р\text{-}р) \rightarrow$
$CrO + H_2 \xrightarrow{t}$
$Cr(OH)_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
$Cr_2O_3 + KNO_3 + Na_2CO_3 \rightarrow$

Упражнение 59. Уравнения реакций с участием солей хрома (II), (III).

- В окислительно-восстановительных реакциях соли хрома (II) выступают в роли восстановителей, легко окисляясь в соединения хрома (III) (см. *Приложение № 6*).
- В окислительно-восстановительных реакциях соли хрома (III) проявляют как окислительные, так и восстановительные свойства (см. *Приложение № 6*).
- Растворимые соли хрома проявляют все общие свойства солей.

148. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства соединений хрома:

1) $NaCrO_2 + H_2O \rightarrow$
$CrCl_2 + NaOH \rightarrow$
$Cr_2(SO_4)_3 + KOH \rightarrow$
$Cr_2S_3 + H_2O \rightarrow$
$NaCrO_2 + HCl(изб.) \rightarrow$
$CrSO_4 + BaCl_2 \rightarrow$
$NaCrO_2 + HCl(нед.) \rightarrow$
$Cr(NO_3)_3 \xrightarrow{t}$
$CrCl_2 + AgNO_3 \rightarrow$

2) $Cr_2(SO_4)_3 + NH_3 \cdot H_2O \rightarrow$
$K_3[Cr(OH)_6] + Br_2 + KOH \rightarrow$
$Cr_2(SO_4)_3 + K_2FeO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$CrCl_3 + H_2O_2 + KOH \rightarrow$
$CrCl_2 + HCl + O_2 \rightarrow$
$Na_3[Cr(OH)_6] + Na_2O_2 \rightarrow$
$Cr_2O_3 + KNO_3 + Na_2CO_3 \rightarrow$
$Cr(NO_3)_3 + H_2O_2 + NaOH \rightarrow$
$Na_3[Cr(OH)_6] + CO_2 \rightarrow$

Упражнение 60. Уравнения реакций с участием соединений хрома (VI).

- Оксид хрома (VI) — типичный кислотный оксид.
- Все соединения хрома (VI) — сильные окислители. Продукты восстановления соединений хрома (VI) в разных средах (см. *Приложение № 6*).
- Хроматы обратимо переходят в дихроматы:

$$CrO_4^{2-} \underset{\text{щелочная среда}}{\overset{\text{кислая среда}}{\rightleftarrows}} Cr_2O_7^{2-}$$

149. Допишите уравнения реакций:

1) $C + CrO_3 \rightarrow$
$CrO_3 + KOH \rightarrow$
$(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t}$
$Na_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$CrO_3 + S \xrightarrow{t}$
$K_2Cr_2O_7 + S \xrightarrow{t}$
$CrO_3 + H_2O \rightarrow$

2) $Na_2Cr_2O_7 + NaOH \rightarrow$
$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t}$
$CrO_3 + K_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
$K_2Cr_2O_7 + C \xrightarrow{t}$
$K_2Cr_2O_7 + HCl \rightarrow$

150. Допишите уравнения реакций, расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $K_2CrO_4 + (NH_4)_2S + KOH + H_2O \rightarrow$
2) $CrO_3 + C_2H_6O + H_2SO_4 \rightarrow$
3) $K_2Cr_2O_7 + NaNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
4) $K_2Cr_2O_7 + Fe + H_2SO_4 \rightarrow$
5) $K_2CrO_4 + H_2S + H_2O \rightarrow$
6) $K_2Cr_2O_7 + SO_2 + HCl \rightarrow$
7) $K_2CrO_4 + (NH_4)_2S + H_2O \rightarrow$
8) $K_2Cr_2O_7 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
9) $K_2Cr_2O_7 + K_2SO_3 + H_2O \rightarrow$
10) $K_2Cr_2O_7 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
11) $Na_2Cr_2O_7 + Na_2S + H_2O \rightarrow$
12) $K_2Cr_2O_7 + K_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$

Упражнение 61. Взаимные превращения соединений хрома.

151. С помощью каких реакций можно осуществить превращения?

1) $Cr^0 \rightarrow Cr^{+2}$
$Cr^0 \rightarrow Cr^{+3}$
$Cr^{+3} \rightarrow Cr^0$
$Cr^{+6} \rightarrow Cr^{+3}$
$Cr^{+3} \rightarrow Cr^{+6}$

2) $(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow Cr_2O_3 \rightarrow Na_2CrO_4$
$CrO_3 \rightarrow K_2CrO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7$
$Na_3[Cr(OH)_6] \rightarrow Cr(OH)_3 \rightarrow K_2CrO_4$
$CrO \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow K_3[Cr(OH)_6]$
$CrCl_2 \xrightarrow{+KOH} X1 \xrightarrow{+H_2SO_4(к)} X2$

152. С помощью каких реакций можно осуществить превращения?

1) $Cr \rightarrow K_2CrO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow CrCl_3 \rightarrow$
$\rightarrow K_2CrO_4$;

2) $Cr(OH)_3 \xrightarrow{+Cl_2 + NaOH} X1 \rightarrow CrCl_3 \rightarrow Cr(OH)_3 \rightarrow$
$\rightarrow Na_3[Cr(OH)_6] \rightarrow Cr(OH)_3$;

3) $Cr_2(SO_4)_3 \xrightarrow{+Na_2CO_3,\ H_2O} X1 \rightarrow K_2CrO_4 \xrightarrow{+H_2SO_4} X2$
$\xrightarrow{+KI,\ H_2SO_4} \rightarrow X3$.

11. Железо и его соединения

Упражнение 62. Уравнения реакций с участием железа.

- При обычных условиях железо малоактивно, но активизируется при нагревании и измельчении. Относится к металлам средней активности.
- Пассивируется на холоду кислотами-окислителями.
- Реагирует со щелочными расплавами окислителей.
- Во влажном воздухе постепенно окисляется (ржавеет).

153. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства железа:

1) $Fe + Cl_2 \xrightarrow{t}$
$Fe + Br_2 \xrightarrow{t}$
$Fe + S \xrightarrow{t}$
$Fe + I_2 \xrightarrow{t}$
$Fe + O_2 + H_2O \xrightarrow{t}$
$Fe + Fe(NO_3)_3 \rightarrow$
$Fe + HCl \rightarrow$
$Fe + H_2SO_4(к) \xrightarrow{t}$
$Fe + CuSO_4 \rightarrow$

2) $Fe + HNO_3(к) \xrightarrow{t}$
$Fe + C \xrightarrow{t}$
$Fe + O_2 \xrightarrow{t}$
$Fe + H_2O \xrightarrow{t}$
$Fe + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$
$Fe + Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow$
$Fe + KClO_3 + KOH \xrightarrow{t}$
$Fe + Hg(NO_3)_2 \rightarrow$
$Fe + KOH + KNO_3 \rightarrow$

Упражнение 63. Уравнения реакций с участием соединений железа (II).

- Оксид железа (II) и гидроксид железа (II) являются основными.
- Соли железа (II) проявляют все характерные свойства солей. Также могут образовывать двойные соли с солями щелочных металлов и аммония.
- В окислительно-восстановительных реакциях соединения железа (II) проявляют выраженные восстановительные свойства, преобладающие над окислительными (см. *Приложение № 6*).

154. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства соединений железа (II):

1) $FeO + HCl \rightarrow$
$FeO + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$FeO + CO \xrightarrow{t}$
$Fe(OH)_2 + HNO_3(к) \rightarrow$
$FeS_2 + O_2 \xrightarrow{t}$
$FeSO_4 + NaOH \rightarrow$
$FeS_2 + H_2SO_4(к) \xrightarrow{t}$
$FeSO_4 + CuSO_4 \rightarrow$

2) $FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow$
$Fe(OH)_2 + O_2 + H_2O \rightarrow$
$FeSO_4 + H_2O \rightarrow$
$FeO + HNO_3(к) \rightarrow$
$Fe(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$
$FeSO_4 + BaCl_2 \rightarrow$
$FeS + O_2 \xrightarrow{t}$
$FeCl_2 + HNO_3(к) \rightarrow$

$FeSO_4 \xrightarrow{t}$
$FeCl_2 + Cl_2 \rightarrow$
$Fe(OH)_2 + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$FeSO_4 + K_3[Fe(CN)_6] \rightarrow$

$FeSO_4 + Mg \rightarrow$
$FeSO_4(р\text{-}р) \xrightarrow{эл.\ ток}$
$Fe(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow$
$Fe(NO_3)_2 + Na_2S \rightarrow$

155. Составьте уравнения реакций, расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $FeSO_4 + KNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$
$FeSO_4 + Br_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$FeSO_4 + O_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$FeCl_2 + NaNO_2 + HCl \rightarrow$
$FeCl_2 + NaOH + O_2 + H_2O \rightarrow$

2) $FeSO_4 + KClO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
$FeSO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$FeCl_2 + O_2 + H_2O \rightarrow$
$FeSO_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$FeCl_2 + KMnO_4 + HCl \rightarrow$
$FeS + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$

Упражнение 64. Уравнения реакций с участием соединений железа (III) и (VI).

- Оксид железа (III) и гидроксид железа (III) проявляют слабоамфотерные свойства с преобладанием основных.
- Соли железа (III) проявляют все характерные свойства солей.
- В окислительно-восстановительных реакциях соединения железа (III) проявляют окислительно-восстановительную двойственность с преобладанием окислительных свойств. Восстановительные свойства проявляются в реакциях со щелочными расплавами окислителей (см. *Приложение № 6*).
- Соли железа (VI) — ферраты — очень сильные окислители.

156. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства соединений железа:

1) $Fe_2O_3 + CO \xrightarrow{t}$
$Fe(OH)_3 + NaOH(к) \xrightarrow{t}$
$Fe(OH)_3 \xrightarrow{t}$
$FeCl_3 + Fe \xrightarrow{t}$
$FeCl_3 + Cu \rightarrow$
$FeCl_3 + H_2 \xrightarrow{t}$
$K_2FeO_4 + NH_3 \cdot H_2O \rightarrow$
$Fe_2O_3 + Fe \xrightarrow{t}$
$FeCl_3 + Na_2S \rightarrow$
$FeBr_3 + K_2S + KOH \rightarrow$
$Fe_2(SO_4)_3 + BaCl_2 \rightarrow$
$Fe(OH)_3 + NaOH + Br_2 \rightarrow$
$Fe_2(SO_4)_3 + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow$
$Fe_2O_3 + KOH + KNO_3 \xrightarrow{t}$
$FeCl_3 + K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow$
$Fe_2O_3 + H_2S \rightarrow$
$NaFeO_2 + H_2O \rightarrow$

2) $FeCl_3 + KI \rightarrow$
$Fe_2O_3 + NaOH \xrightarrow{t}$
$FeCl_3 + NH_4SCN \rightarrow$
$FeCl_3 + H_2S \rightarrow$
$FeCl_3 + H_2O \rightarrow$
$Fe_2O_3 + Na_2CO_3 \xrightarrow{t}$
$K_2FeO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$Fe_2O_3 + HCl \rightarrow$
$FeCl_3(р\text{-}р) \xrightarrow{эл.\ ток}$
$Fe(NO_3)_3 + Zn \rightarrow$
$NaFeO_2 + NaNO_3 + NaOH \rightarrow$
$K_2FeO_4 + KI + H_2SO_4 \rightarrow$
$FeCl_3 + NaOH \rightarrow$
$FeCl_3 + CH_3COOAg \rightarrow$
$Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{t}$
$K_2FeO_4 + HCl \rightarrow$

Упражнение 65. Уравнения реакций с участием оксида железа (II, III).

> Fe_3O_4 — двойной солеобразующий оксид ($FeO \cdot Fe_2O_3$). Проявляет химические свойства как соединений железа (II), так и соединений железа (III).

157. Составьте уравнения реакций:

1) $Fe_3O_4 + CO \xrightarrow{t}$
$Fe_3O_4 + HCl \rightarrow$
$Fe + Fe_3O_4 \xrightarrow{t}$
$Fe_3O_4 + H_2SO_4(р\text{-}р) \rightarrow$
$Fe_3O_4 + HI \rightarrow$
$Fe_3O_4 + Al \xrightarrow{t}$

2) $Fe_3O_4 + HNO_3(к) \rightarrow$
$Fe_3O_4 + C \xrightarrow{t}$
$Fe_3O_4 + H_2 \xrightarrow{t}$
$Fe_3O_4 + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$
$Fe_3O_4 + O_2(воздух) \xrightarrow{t}$
$Fe_3O_4 + H_2SO_4(к) \rightarrow$

Упражнение 66. Взаимные превращения соединений железа.

158. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:

1) $Fe^0 \rightarrow Fe^{+2}$
$Fe^0 \rightarrow Fe^{+3}$
$Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$
$Fe^{+2} \rightarrow Fe^0$
$Fe^{+3} \rightarrow Fe^{+2}$
$Fe_2O_3 \xrightarrow{X} Fe \xrightarrow{Y} FeSO_4$
$Fe_2O_3 \xrightarrow{Al} X1 \xrightarrow{+H_2SO_4(р\text{-}р)} X2$
$Fe_2O_3 \xrightarrow{X} Fe \xrightarrow{Y} FeSO_4$
$FeCl_2 \xrightarrow{+KOH} X1 \xrightarrow{+H_2SO_4(к)} X2$
$FeCl_3 \xrightarrow{+H_2} X \xrightarrow{+Cl_2} FeCl_3$

2) $Fe_2O_3 \rightarrow X \rightarrow FeCl_2$
$Fe \xrightarrow{X} FeCl_3 \xrightarrow{Y} FeCl_2$
$Fe \xrightarrow{+HCl} X \xrightarrow{Y} Fe(OH)_2$
$FeCl_3 \rightarrow X1 \rightarrow X2 \rightarrow Fe(OH)_2$
$Fe \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow FeCl_2$

159. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:

1) $Fe \rightarrow FeCl_2 \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(OH)_3$;

2) $Fe \rightarrow FeSO_4 \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe \rightarrow FeSO_4 \rightarrow FeCl_2 \rightarrow FeCl_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Na[Fe(OH)_4]$;

3) $Fe \rightarrow FeCl_3 \rightarrow FeCl_2 \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow FeO \rightarrow Fe(NO_3)_3 \rightarrow$
$\rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow K_2FeO_4$;

4) $Fe \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeI_2 \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow Fe(NO_3)_3 \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow$
$\rightarrow Fe$.

12. Цинк и его соединения

Упражнение 67. Уравнения реакций с участием цинка.

- Цинк — достаточно активный металл с амфотерными свойствами, растворяется в кислотах и щелочах.
- Растворяется в водном растворе аммиака.

160. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства цинка:

1) $Zn + O_2 \rightarrow$
$Zn + P \xrightarrow{t}$
$Zn + S \xrightarrow{t}$
$Zn + Cl_2 \rightarrow$
$Zn + SO_2 \xrightarrow{t}$
$Zn + H_2S \rightarrow$
$Zn + SiCl_4 \rightarrow$
$Zn + HBr \rightarrow$
$Zn + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$Zn + HNO_3(к) \rightarrow$

2) $Zn + CO_2 \xrightarrow{t}$
$Zn + NH_3 \xrightarrow{t}$
$Zn + NaOH + H_2O \rightarrow$
$Zn + NH_3 + H_2O \rightarrow$
$Zn + H_2O \xrightarrow{t}$
$Zn + CdSO_4 \rightarrow$
$Zn + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$
$Zn + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$
$Zn + KNO_3 + KOH + H_2O \rightarrow$
$Zn + NaNO_3 + HCl \rightarrow$

Упражнение 68. Уравнения реакций с участием соединений цинка.

- Оксид и гидроксид цинка являются амфотерными соединениями.
- Для соединений цинка окислительные свойства не характерны.
- Соли цинка проявляют все общие химические свойства солей.

161. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства соединений цинка:

1) $BaZnO_2 + HCl(изб.) \rightarrow$
$Zn(OH)_2 + KOH \xrightarrow{t}$
$ZnO + C \xrightarrow{t}$
$CaZnO_2 + HCl \rightarrow$
$ZnSO_4 + H_2O \rightarrow$
$Zn(OH)_2 + HCl \rightarrow$
$Na_2[Zn(OH)_4] + HCl \rightarrow$
$ZnS + O_2 \xrightarrow{t}$
$ZnS + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$ZnO + KOH \xrightarrow{t}$
$ZnO + CO \xrightarrow{t}$
$Zn(OH)_2 + CaO \xrightarrow{t}$
$Zn(OH)_2 + NH_3 \rightarrow$
$ZnSO_4 \xrightarrow{t}$

2) $ZnO + NaOH + H_2O \rightarrow$
$Na_2[Zn(OH)_4] + CO_2 \rightarrow$
$ZnO + BaCO_3 \xrightarrow{t}$
$Na_2ZnO_2 + H_2O \rightarrow$
$Zn(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$
$ZnO + H_2SO_4 \rightarrow$
$Zn(NO_3)_2 + KOH(изб.) \rightarrow$
$Zn(OH)_2 + SiO_2 \xrightarrow{t}$
$ZnS + HNO_3(к) \rightarrow$
$ZnSO_4 + BaCl_2 \rightarrow$
$Zn(OH)_2 + KOH(р\text{-}р) \rightarrow$
$Zn(OH)_2 + CO_2 \rightarrow$
$ZnS + NaOH + Br_2$

162. С помощью каких реакций можно осуществить превращения:

1) $Zn(NO_3)_2 \rightarrow X \rightarrow Na_2ZnO_2$
$Zn(NO_3)_2 \rightarrow Y \rightarrow Na_2ZnO_2$
$ZnO \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow ZnO$

2) $Na_2ZnO_2 \xrightarrow{X} ZnCl_2 \xrightarrow{Y} AgCl$
$Zn \rightarrow X \rightarrow Zn(NO_3)_2$
$ZnS \rightarrow X \rightarrow ZnSO_4$

163. С помощью каких реакций можно осуществить превращения?

1) $ZnS \rightarrow ZnO \xrightarrow{+KOH} X1 \xrightarrow{+H_2SO_4(р\text{-}р)} X2 \xrightarrow{+NH_3} X3$;
2) $Zn \xrightarrow{+KOH} X1 \xrightarrow{+H_2SO_4(р\text{-}р)} X2 \xrightarrow{+KOH} X3 \xrightarrow{+HCl} X4$;
3) $Zn \xrightarrow{+HNO_3} X1 \xrightarrow{+KOH(изб.)} X2 \xrightarrow{+SO_2,\ H_2O} X3$;
4) $ZnO \rightarrow ZnCl_2 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] \rightarrow ZnSO_4$.

13. Медь и её соединения

Упражнение 69. Уравнения реакций с участием меди.

> Металлическая медь — слабый восстановитель, реагирует с сильными окислителями при нагревании.
>
> С кислотами-неокислителями реагирует только в присутствии кислорода воздуха.

164. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства меди:

1) $Cu + O_2 \xrightarrow{t}$
$Cu + Cl_2 \xrightarrow{t}$
$Cu + Br_2 \xrightarrow{t}$
$Cu + HCl + O_2 \rightarrow$
$Cu + NO_2 \xrightarrow{t}$
$Cu + H_2SO_4(к) \rightarrow$
$CuCl_2 + Cu \xrightarrow{t}$
$Cu + FeCl_3 \rightarrow$

2) $Cu + O_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$Cu + O_2 + H_2O + CO_2 \rightarrow$
$Cu + HNO_3(к) \rightarrow$
$Cu + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$
$Cu + HNO_3 + HCl \rightarrow$
$Cu + SO_2 \xrightarrow{t}$
$Hg(NO_3)_2 + Cu$

Упражнение 70. Уравнения реакций с участием соединений меди.

> - Оксид меди (I) обладает основными свойствами, его гидроксид неустойчив и распадается при комнатной температуре.
> - Многие соли меди (I) не получены. Соединения меди (I) проявляют окислительно-восстановительную двойственность.
> - Комплексные соединения меди (I) устойчивы.
> - Оксид меди (II) и гидроксид меди (II) обладают слабоамфотерными свойствами.

165. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства соединений меди:

1) $Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$
$Cu(OH)_2 + NH_3 \rightarrow$

2) $CuCl + HNO_3(к) \rightarrow$
$Cu(OH)_2 + NaOH(к) \rightarrow$

$CuO + H_2 \xrightarrow{t}$
$CuOH \xrightarrow{t}$
$Cu_2O + CO \xrightarrow{t}$
$CuO \xrightarrow{t}$
$Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$
$Cu_2O \xrightarrow{t}$
$CuCl \xrightarrow{H_2O}$
$Cu_2SO_4 \xrightarrow{H_2O}$
$CuCl_2 + AgNO_3 \rightarrow$
$CuO + NH_3 \xrightarrow{t}$
$CuSO_4 + Zn \rightarrow$
$CuSO_4 + H_2O \rightarrow$
$CuSO_4 + KI \rightarrow$
$Cu_2O + HCl \rightarrow$
$Cu_2O + H_2SO_4(р\text{-}р) \rightarrow$
$Cu_2O + H_2SO_4(к) \rightarrow$

$(CuOH)_2CO_3 \xrightarrow{t}$
$CH_3CHO + Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$
$Cu_2O + NH_3 + H_2O \rightarrow$
$C_2H_2 + [Cu(NH_3)_2]OH \rightarrow$
$CuCl + O_2 + HCl \rightarrow$
$CuO + HCl \rightarrow$
$CuO + Na_2O \xrightarrow{t}$
$C_2H_2 + [Cu(NH_3)_2]Cl \rightarrow$
$CuSO_4(р\text{-}р) \xrightarrow{эл.\ ток}$
$CuS + HNO_3(к) \rightarrow$
$CuCl + NH_3 \rightarrow$
$CuO + Cu \xrightarrow{t}$
$Cu_2O + HI \rightarrow$
$Cu(NO_3)_2 + NaOH \rightarrow$
$CuCl_2 + Cu \rightarrow$
$CuS + O_2 \xrightarrow{t}$

166. Составьте уравнения реакций:

1) $CuI + H_2SO_4 + MnO_2 \rightarrow$
$CuCl_2 + KI \rightarrow$
$CuCl_2 + Na_2SO_3 + NaOH \rightarrow$

2) $CuBr_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$CuSO_4 + Na_2SO_3 + H_2O \rightarrow$
$Na_2[Cu(OH)_4] + HCl \rightarrow$

167. С помощью каких реакций можно осуществить превращения?

1) $CuSO_4 \rightarrow X \rightarrow CuO$
2) $CuSO_4 \xrightarrow{+KOH} X1 \xrightarrow{t} X2$
3) $X \rightarrow CuO \rightarrow Cu$
4) $CuO \rightarrow X \rightarrow CuS$

14. Серебро, ртуть и их соединения

Упражнение 71. Уравнения реакций с участием серебра и его соединений.

Серебро — малоактивный металл. Устойчиво к воздействию кислорода. Исключение — взаимодействие с серой и сероводородом на воздухе.

Оксид серебра (I) — основный, неустойчив. Гидроксид серебра (I) практически не существует в растворах, сразу разлагается на оксид и воду.

Оксид и хлорид серебра растворяются в аммиаке, образуя комплексные соединения.

168. Допишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства серебра и его соединений:

1) $Ag + H_2S + O_2 \rightarrow$
$AgNO_3 + NaOH \rightarrow$
$AgCl + NH_3 \rightarrow$
$Ag_2O + H_2O_2 \rightarrow$
$Ag + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$
$AgNO_3 + Cu \rightarrow$
$Ag_2CO_3 \xrightarrow{t}$
$AgBr + Na_2S_2O_3 \rightarrow$

2) $Ag + O_3 \rightarrow$
$Ag_2O \xrightarrow{t}$
$Ag_2O + HNO_3 \rightarrow$
$AgNO_3 \xrightarrow{t}$
$AgBr \xrightarrow{h\nu}$
$Ag + HNO_3(к) \rightarrow$
$AgNO_3 + NaCl \rightarrow$
$AgNO_3 + K_2CrO_4 \rightarrow$

3) $Ag + Na_2SO_3 + NaOH \rightarrow$
$C_2H_2 + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow$
$CH_3CHO + [Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t}$
$Ag_2O + NH_3 + H_2O \rightarrow$
$AgNO_3 + P_2O_3 + H_2O \rightarrow$
$Ag + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$AgNO_3 + H_2O_2 + KOH \rightarrow$
$AgNO_3 + PH_3 + H_2O \rightarrow$

169. С помощью каких реакций можно осуществить превращения:

1) $Ag_2O \rightarrow AgNO_3 \rightarrow Ag \rightarrow AgNO_3 \xrightarrow{+KOH} X1 \xrightarrow{+HCl} X2$;

2) $AgNO_3 \rightarrow Ag_2O \xrightarrow{+NH_3} X1 \rightarrow Ag \rightarrow Ag_2SO_4$.

Упражнение 72. Уравнения реакций с участием ртути и её соединений.

Ртуть — малоактивный металл. $Hg + (Si, P, N_2) \neq$

Единственный металл, образующий катион Hg_2^{2+}, устойчивый в водном растворе.

Для ртути неизвестны гидроксиды.

В окислительно-восстановительных реакциях соединения ртути (I) проявляют двойственность, а соединения ртути (II) являются окислителями.

170. Допишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства ртути и её соединений:

1) $Hg + O_2 \xrightarrow{t}$
$HgO \xrightarrow{t}$
$Hg + Cl_2 \rightarrow$
$Hg + S \rightarrow$
$Hg + HNO_3(к) \rightarrow$
$HgCl_2 + Hg \rightarrow$
$Hg_2(NO_3)_2 + NaOH \rightarrow$
$HgCl_2 + SO_2 + H_2O \rightarrow$
$Hg(NO_3)_2 + Cu \rightarrow$

2) $Hg + H_2SO_4(к) \xrightarrow{t}$
$Hg_2(NO_3)_2 + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$
$HgCl_2 + KOH \rightarrow$
$Hg(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$
$HgI_2 + KI \rightarrow$
$HgSO_4 + H_2O \rightarrow$
$Hg_2(NO_3)_2 \rightarrow$
$HgO + HCl \rightarrow$
$Hg + HNO_3(р\text{-}р) \rightarrow$

Раздел II

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Глава 1

ТИПЫ ОРГАНИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

1. Уравнения химических реакций замещения для органических веществ

Упражнение 73. Уравнения реакций галогенирования алканов (замещение атома водорода атомом галогена).

> Условием для протекания реакции хлорирования является ультрафиолетовое излучение (hν). Например: $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$. Хлорирование метана идёт с последовательным замещением в его молекуле всех атомов водорода на хлор.
>
> Бромирование протекает при освещении и нагревании. Фторирование алканов сопровождается разрывом углерод-углеродной связи, и из любого алкана образуется в основном тетрафторметан. Йодирование алканов проходит с трудом.

171. Допишите уравнения реакций:

1) $CH_3Cl + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_2Cl_2 + \ldots$
2) $CH_4 + 4Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$
3) $CH_2Cl_2 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} \ldots + HCl$
4) $CH_3{-}CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$
5) $CHCl_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} \ldots + HCl$
6) $CH_3{-}CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu,\ t}$
7) $CH_4 + 2Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$
8) $CH_3{-}CH_2Br + Br_2 \xrightarrow{h\nu,\ t}$
9) $CH_4 + 3Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$
10) $CH_3{-}CH_3 + 3Br_2 \xrightarrow{h\nu,\ t}$

172. Составьте уравнения реакций галогенирования алканов:

> *Правило замещения.* Замещение атомов водорода в молекулах предельных соединений, прежде всего, происходит у третичного атома углерода, затем у вторичного и, в последнюю очередь, у первичного.

1) $CH_3{-}CH_2{-}CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$

2) $H_3C{-}\underset{}{\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}}{-}CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$

3) $H_3C{-}\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}{-}CH_2{-}CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu,\ t}$

4) $CH_3{-}\overset{CH_3}{\underset{CH_3}{C}}{-}CH_2{-}CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$

5) $CH_3{-}\overset{CH_3}{\underset{CH_3}{C}}{-}CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu,\ t}$

6) $CH_3{-}\underset{CH_3}{CH}{-}\underset{CH_3}{CH}{-}CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$

Упражнение 74. Уравнения реакций нитрования алканов (замещение атома водорода на нитрогруппу — NO_2).

> При нитровании происходит взаимодействие с азотной кислотой HNO_3 ($HO{-}NO_2$). В состав нитрующей смеси входит концентрированная серная кислота, которая играет роль катализатора и водоотнимающего вещества.
>
> Например: $H_3C{-}\overset{H}{\underset{H}{C}}{-}CH_3 + HO{-}NO_2 \xrightarrow{t^\circ}$
>
> пропан
>
> $\rightarrow H_3C{-}\overset{NO_2}{C}H{-}CH_3 + H_2O$
>
> 2-нитропропан

173. Составьте уравнения реакций нитрования, используя структурные формулы веществ:

1) $CH_4 + HO{-}NO_2 \xrightarrow{H_2SO_4(к)}$

2) $CH_3{-}CH_3 + HO{-}NO_2 \xrightarrow{H_2SO_4(к)}$

3) $CH_3{-}CH_2{-}CH_3 + HO{-}NO_2 \xrightarrow{H_2SO_4(к)}$

4) $H_3C{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}{-}CH_3 + HO{-}NO_2 \xrightarrow{H_2SO_4(к)}$

5) $H_3C{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}{-}CH_2{-}CH_3 + HO{-}NO_2 \xrightarrow{H_2SO_4(к)}$

6) $H_3C{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}{-}CH_3 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4(к)}$

Упражнение 75. Уравнения реакций сульфирования алканов (замещение атома водорода на сульфогруппу $-SO_3H$).

> При сульфировании происходит взаимодействие с концентрированной серной кислотой H_2SO_4 ($HO{-}SO_3H$) при небольшом нагревании. В результате образуются сульфокислоты.
>
> Например: $CH_4 + HO{-}SO_3H(к) \xrightarrow{t} CH_3{-}SO_3H + H_2O$.

174. Составьте уравнения реакций сульфирования алканов, используя структурные формулы веществ:

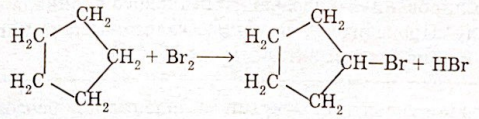
1) $CH_3{-}CH_2{-}CH_3 + HO{-}SO_3H(к) \xrightarrow{t}$

2) $CH_3{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}{-}CH_2{-}CH_3 + HO{-}SO_3H(к) \xrightarrow{t}$

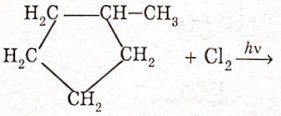
3) $H_3C{-}\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}{-}CH_3 + H_2SO_4(к) \xrightarrow{t}$

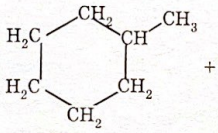
4) $CH_3{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}{-}CH_3 + H_2SO_4(к) \xrightarrow{t}$

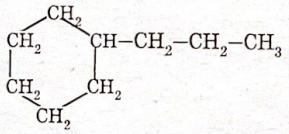
Упражнение 76. Уравнения реакций замещения для циклоалканов.

> Реакции замещения характерны для циклоалканов с пятью и более углеродными атомами (большие циклы). Например:
>
> 
>

175. Составьте уравнения реакций замещения, используя структурные формулы веществ:

1)  $+ Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$

2)  $+ Br_2 \xrightarrow{h\nu}$

3)  $+ HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4(к)}$

4) $+ Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$

5) $+ HNO_3 \xrightarrow{\sim 140\ °C}$

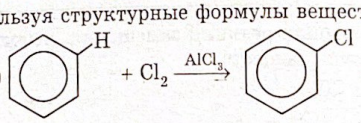
6) $+ Br_2 \xrightarrow{h\nu}$

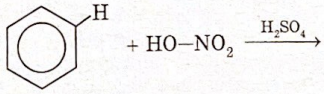
Упражнение 77. Уравнения реакций замещения для бензола.

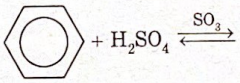
Происходит замещение атома водорода при углероде бензольного кольца. При галогенировании по бензольному кольцу используется катализатор.

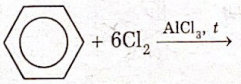
Алкилирование — введение алкильного радикала в молекулу. Проводится с помощью галогеналкана или алкена в присутствии катализатора ($FeCl_3$).

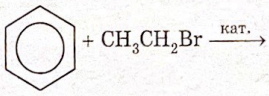
176. Составьте уравнения реакций замещения для бензола, используя структурные формулы веществ:

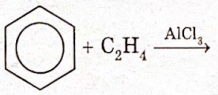
1) 

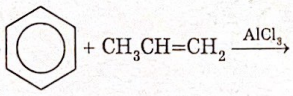
2) 

3) 

4) 

5) 

6) 

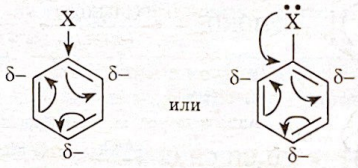
7) 

8)
$+ CH_3CH_2CH_2Cl \xrightarrow{AlCl_3}$

9)
$+ CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2Cl \xrightarrow{AlCl_3}$

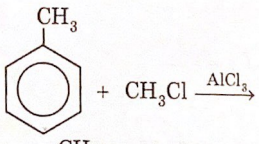
Упражнение 78. Уравнения реакций замещения для ароматических соединений (введение второго заместителя в бензольное кольцо).

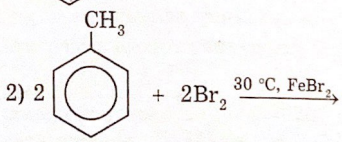
Заместители I рода, обладающие электронодонорным эффектом (см. *Приложение № 7*), увеличивают электронную плотность бензольного кольца в орто- и параположениях, что облегчает реакции электрофильного замещения и приводит второй заместитель именно в эти положения бензольного кольца. Распределение электронной плотности в молекуле бензола при наличии донорного заместителя можно изобразить схемой:

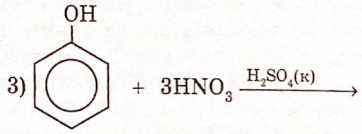


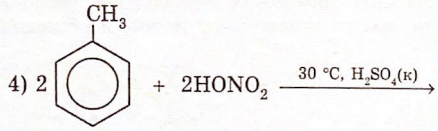
Заместители II рода, обладающие электроноакцепторным эффектом (см. *Приложение № 7*) приводят второй заместитель в метаположения бензольного кольца. Распределение электронной плотности в молекуле бензола при наличии акцепторного заместителя можно изобразить схемой:

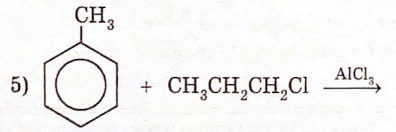
177. Составьте уравнения реакций замещения для ароматических соединений, используя правило ориентации в бензольном кольце:

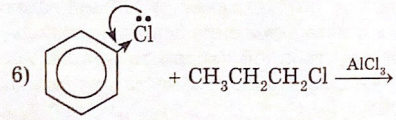
1) 

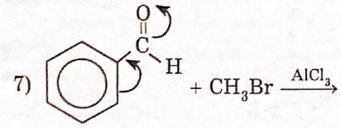
2) 

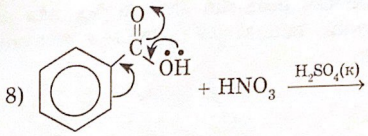
3) 

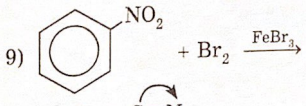
4) 

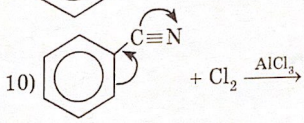
5) 

6) 

7) 

8) 

9) 

10) 

178. Составьте следующие уравнения реакций замещения в бензольное кольцо: 1) бромирование изобутилбензола; 2) нитрование пропилбензола; 3) хлорирование бензола; 4) нитрование метилизопропилфенилметана.

Упражнение 79. Уравнения реакций замещения для ароматических соединений (введение третьего заместителя в бензольное кольцо).

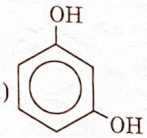
В случае нахождения в кольце двух заместителей, нужно рассматривать их совместное действие на вступающий в кольцо третий заместитель.

Если оба находящиеся в кольце заместителя ориентируют вступление третьего в одно и то же положение, такая ориентация называется согласованной, если в разные положения — это несогласованная ориентация.

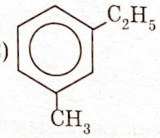
В случае несогласованной ориентации заместителями разного рода место вступления третьего заместителя определяет заместитель 1-го рода, так как он активирует бензольное кольцо к электрофильной атаке.

Если же оба ориентанта одного рода, то место вступления определяет более сильный заместитель (см. *Приложение № 7*).

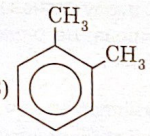
179. Составьте уравнения реакций замещения для ароматических соединений, используя правило ориентации в бензольном кольце.

1) 

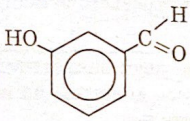
$+ HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4(к)}$

2) 

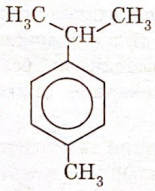
$+ Br_2 \xrightarrow{FeBr_3}$

3) 

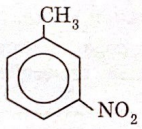
$+ CH_3Br \xrightarrow{AlCl_3}$

4) 

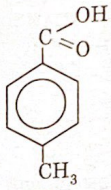
$+ HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4(к)}$

5) 

$+ H_2SO_4(к) \xrightarrow{t}$

6) 

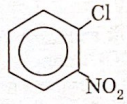
$+ CH_3CH_2Br \xrightarrow{AlCl_3}$

7) 

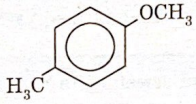
$+ Cl_2 \xrightarrow{AlCl_3}$

8)

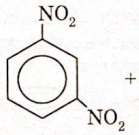
$+ H_2SO_4(к) \xrightarrow{t}$

9) 

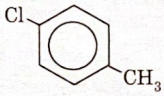
$+ CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3}$

10) 

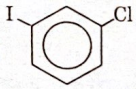
$+ HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4(к)}$

11) 

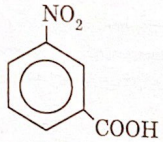
$+ CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2Cl \xrightarrow{AlCl_3}$

12) 

$+ CH_3CH_2CH_2Cl \xrightarrow{AlCl_3}$

13) 

$+ (CH_3)_2CHCl \xrightarrow{AlCl_3}$

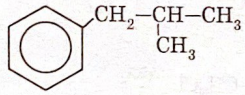
14) 

$+ Br_2 \xrightarrow{FeBr_3}$

Упражнение 80. Уравнения реакций замещения для аренов по боковой цепи.

> Бензольное кольцо оказывает влияние на реакционную способность алкильного радикала, связанного с ним. Это влияние выражается в том, что при радикальном галогенировании (S_R) замещение атома водорода происходит по α-углеродному атому (ближайшему к бензольному кольцу) боковой цепи.
>
> При действии на толуол разбавленной азотной кислоты при высокой температуре (~150 °C) происходит нитрование по цепному радикальному механизму в боковую цепь (по Коновалову). Гомологи бензола с более длинной боковой цепью в этих условиях нитруются в α-положение.

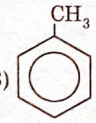
180. Составьте уравнения реакций замещения для аренов по боковой цепи:

1) 

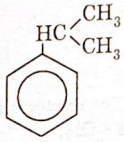
$+ Br_2 \xrightarrow{h\nu}$

2)

$+ Cl_2 \xrightarrow{свет}$

3) 

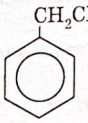
$+ Cl_2 \xrightarrow{110\ °C,\ свет}$

4) 

$+ HNO_3(р\text{-}р) \xrightarrow{150\ °C}$

5)

$+ HNO_3(р\text{-}р) \xrightarrow{150\ °C}$

6) 

$+ HNO_3(р\text{-}р) \xrightarrow{150\ °C}$

181. Составьте следующие уравнения реакций замещения в боковую цепь: 1) бромирование изопропилбензола; 2) хлорирование бутилбензола; 3) нитрование амилбензола.

Упражнение 81. Уравнения реакций замещения для алкинов.

> В молекулах алкинов атомы водорода, связанные с *sp*-гибридизованными атомами углерода, могут замещаться атомами металлов, в результате чего образуются соли — ацетилениды. Гомологи ацетилена получают из ацетиленидов при помощи галогеналкилов.

182. Составьте уравнения реакций замещения, характеризующие слабые кислотные свойства алкинов:

1) $HC{\equiv}CH + 2Na \xrightarrow{NH_3}$
2) $NaC{\equiv}CNa + 2CH_3I \rightarrow$
3) $CuC{\equiv}C{-}CH_3 + CH_3Br \rightarrow$
4) $HC{\equiv}C{-}CH_3 + NaNH_2 \rightarrow$
5) $CuC{\equiv}C{-}CH_3 + HCl \rightarrow$
6) $HC{\equiv}CH + [Cu(NH_3)_2]Cl \rightarrow$

7) $HC{\equiv}CH + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow$

8) $HC{\equiv}C{-}CH_3 + CH_3CH_2Cl \xrightarrow{Pd^{2+}}$

Упражнение 82. Уравнения реакций замещения для гидроксильных соединений по группе –OH.

Спирты вступают в реакции замещения гидроксильного водорода, проявляя слабые кислотные свойства. Кислотные свойства спирты проявляют при взаимодействии с активными металлами (щелочными и щёлочноземельными) с выделением водорода и образованием алкоголятов (веществ с ионной связью между кислородом и металлом).

Фенолы реагируют с активными металлами аналогично спиртам.

$$2RO{-}H + 2Na \rightarrow 2RO{-}Na + H_2$$

В молекулах спиртов возможно замещение гидроксильной группы в результате реакции нуклеофильного замещения. Реагентами чаще всего выступают галогеноводороды или их концентрированные растворы. Для облегчения отщепления гидроксильной группы используют в качестве катализатора концентрированную серную кислоту.

$$R{-}OH + HBr \xrightarrow{H^+} R{-}Br + H_2O$$

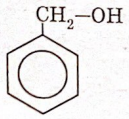
183. Составьте уравнения реакций замещения:

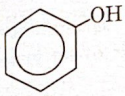
1) $C_2H_5OH + HBr \rightarrow$

2) $C_2H_5OH + Na \rightarrow$

3) $CH_2{=}CH{-}CH_2OH + Na \rightarrow$

4) $\underset{OH}{CH_2}{-}\underset{OH}{CH_2} + HCl \rightarrow$

5)  $+ K \rightarrow$

6)  $+ Na \rightarrow$

7) $CH_3{-}\underset{OH}{CH}{-}CH_3 + Ca \rightarrow$

8) $CH_2{=}CH{-}CH_2OH + HCl \rightarrow$

9) $\begin{array}{l} CH_2{-}OH \\ | \\ CH{-}OH \\ | \\ CH_2{-}OH \end{array} + 3HCl \rightarrow$

10) $H_2\underset{OH}{C}{-}\underset{OH}{CH}{-}CH_3 + 2Na \rightarrow$

Упражнение 83. Уравнения реакций замещения для карбоновых кислот по атому водорода гидроксильной группы.

Карбоновые кислоты проявляют выраженные кислотные свойства, что делает их похожими на минеральные кислоты. Они взаимодействуют с активными металлами, основными оксидами и гидроксидами, солями летучих кислот.

184. Составьте уравнения реакций:

1) $C_2H_5COOH + K \rightarrow$

2) $HCOOH + Mg \rightarrow$

3) $CH_3COOH + CaO \rightarrow$

4) $CH_3COOH + Na_2CO_3 \rightarrow$

5) $CH_3COOH + Cu(OH)_2 \rightarrow$

6) $CH_3COOH + Na_2S \rightarrow$

7) $CH_2{=}CH{-}COOH + KOH \rightarrow$

8) $\underset{OH}{CH_2}{-}COOH + 2Na \rightarrow$

9) $CH_2{=}\underset{CH_3}{C}{-}COOH + Na_2O \rightarrow$

10) $\underset{COOH}{COOH} + NaOH \rightarrow$

Упражнение 84. Уравнения реакций замещения для альдегидов, кетонов и карбоновых кислот по углеводородному радикалу.

Атомы водорода, находящиеся у соседнего с карбонильной группой атома углерода (α-углеродного атома) в молекулах альдегидов и кетонов, легче, чем другие, замещаются на атомы галогенов. Реакция происходит при кислотном или щелочном катализе, а также при ультрафиолетовом освещении.

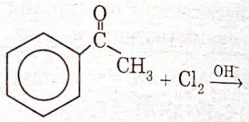
α-водородные атомы карбоновых кислот легче, чем другие, замещаются на галогены. Прямое галогенирование карбоновых кислот происходит на свету, при этом возможно замещение атомов водорода в α-положении. В присутствии красного фосфора реакция идет более энергично.

$$R{-}CH_2COOH + Br_2 \xrightarrow{P_{кр}} R{-}\underset{\underset{Br}{|}}{CH}COOH + HBr$$

185. Составьте уравнения реакций:

1) $CH_3{-}C(=O){-}H + 3Cl_2 \xrightarrow{H^+}$ 2) $CH_3{-}CH_2{-}C(=O){-}H + Br_2 \xrightarrow{УФ}$

3) $R{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}CH_3 + 3Cl_2 \xrightarrow{OH^-}$

4) 

Упражнение 85. Уравнения реакций этерификации.

Реакции этерификации — реакции образования сложного эфира из органической или неорганической кислородосодержащей кислоты и спирта.

$$R{-}C(=O){-}\boxed{OH} + R'{-}\overset{18}{O}H \overset{H^+}{\rightleftarrows} R{-}C(=O){-}\overset{18}{O}R' + H_2O$$

186. Составьте уравнения реакций этерификаци:

1) $HCOOH + C_2H_5OH \rightarrow$

2) $C_3H_7COOH + CH_3OH \rightarrow$

3) $CH_2{=}CHCOOH + CH_3OH \rightarrow$

4) $C_2H_5OH + HNO_3 \rightarrow$

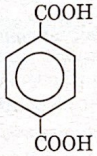
5) $C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightarrow$

6) $\underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}{-}COOH + CH_3OH \xrightarrow{H^+}$

7) $\underset{\underset{COOH}{|}}{COOH} + CH_3OH \rightarrow$

8) $\underset{\underset{COOH}{|}}{COOH} + 2CH_3OH \rightarrow$

9) $+ C_2H_5OH \overset{H^+}{\rightleftarrows}$

10)  $+ 2CH_3OH \overset{H^+}{\rightleftarrows}$

11) $C_2H_5OH + H_3C{-}C(=O){-}OH \rightarrow$

12) $\underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}{-}\underset{\underset{OH}{|}}{CH}{-}\underset{\underset{OH}{|}}{CH_2} + 3HNO_3 \rightarrow$

13) $\begin{array}{l} CH_2{-}OH \\ | \\ CH{-}OH \\ | \\ CH_2{-}OH \end{array} + 2HO{-}NO_2 \xrightarrow{H_2SO_4}$

14) $\begin{array}{l} CH_2{-}OH \\ | \\ CH{-}OH \\ | \\ CH_2{-}OH \end{array} + \begin{array}{l} HO{-}CO{-}C_{17}H_{35} \\ HO{-}CO{-}C_{17}H_{35} \\ HO{-}CO{-}C_{17}H_{35} \end{array} \rightarrow$

15) $\begin{array}{l} CH_2{-}OH \\ | \\ CH{-}OH \\ | \\ CH_2{-}OH \end{array} + 3C_{15}H_{31}COOH \rightarrow$

16) $\begin{array}{l} CH_2{-}OH \\ | \\ CH{-}OH \\ | \\ CH_2{-}OH \end{array} + \begin{array}{l} C_{17}H_{33}COOH \\ C_3H_7COOH \\ C_{17}H_{35}COOH \end{array} \rightarrow$

187. Составьте уравнения реакций этерификаци для следующих веществ:

1) пропионовая кислота и бутиловый спирт;
2) уксусная кислота и амиловый спирт;
3) муравьиная кислота и изопропиловый спирт;
4) масляная кислота и метанол;
5) щавелевая кислота и этанол.

Упражнение 86. Закрепление навыков составления реакций замещения.

188. Составьте уравнения реакций:

1) бромирование 2,3-диметилбутана;
2) нитрование 2,2-диметилбутана;
3) сульфирование 2,2,3,3-тетраметилбутана;
4) бромирование 1,1-диметил-2-этилциклопентана;
5) сульфирование 2-метилбутана;
6) хлорирование 2,2-диметилпропана;
7) нитрование циклогексана;
8) каталитическое бромирование бензола;
9) алкилирование бензола хлорметаном;
10) каталитическое хлорирование этилбензола;
11) взаимодействие п-ксилола с бромом (2 моль) на свету.

2. Химические реакции присоединения для органических веществ

В реакции присоединения могут вступать соединения, содержащие двойные или тройные связи, а также циклы.

Присоединение происходит по месту разрыва π-связи. При разрыве этой связи освобождаются 2 свободные валентности, к которым присоединяются атомы реагента. Кратность связи уменьшается.

Например:

$$CH_2{=}CH{-}CH_3 + Br_2 \longrightarrow \underset{Br}{\underset{|}{CH_2}}{-}\underset{Br}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3$$

2.1. Реакции гидрирования

Упражнение 87. Уравнения реакций гидрирования непредельных углеводородов.

Гидрирование — присоединение молекулы водорода по месту разрыва π-связи или по месту разрыва малого цикла. Образуются предельные соединения.

Условия реакции гидрирования — t, Ni/Pt (катализаторы).

189. Составьте уравнения реакций гидрирования алкенов и алкинов, используя структурные формулы веществ:

1) $CH_3{-}HC{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$
2) $CH_2{=}\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}{-}CH_3 + H_2 \xrightarrow{Pt,\ t}$
3) $HC{\equiv}CH + 2H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$
4) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3 + H_2 \xrightarrow{Pt,\ t}$
5) $HC{\equiv}CH + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$
6) $H_3C{-}CH_2{-}C{\equiv}CH + 2H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$

190. Составьте уравнения реакций гидрирования алкадиенов, используя структурные формулы веществ:

> Присоединение 1 молекулы реагента у сопряжённых алкадиенов чаще всего происходит в положении 1,4 с образованием новой двойной связи в центре молекулы. Затем может присоединяться вторая молекула реагента.

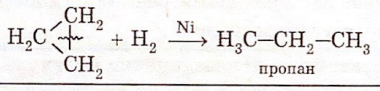
1) $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{(кат.)}$

2) $CH_2{=}C{=}CH_2 + 2H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$

3) пентадиен-1,3 + водород (2 моль)

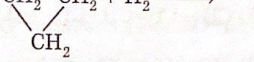
4) гидрирование изопрена (2-метилбутадиена-1,3)

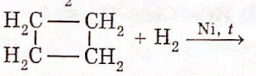
Упражнение 88. Уравнения реакций гидрирования циклических углеводородов.

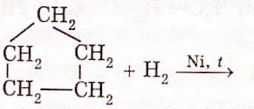
> У циклоалканов с *малыми* циклами (C3, C4) присоединение происходит по месту разрыва цикла. При этом образуются алканы.
>
> 
>

191. Составьте уравнения реакций гидрирования циклоалканов, используя структурные формулы веществ:

1)

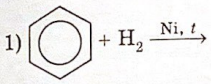
2) 

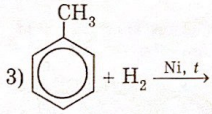
3) 

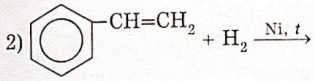
4) 

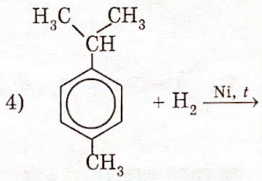
192. Составьте уравнения реакций гидрирования ароматических углеводородов, используя структурные формулы:

> При каталитическом гидрировании бензола и его производных происходит разрушение ароматической системы и образуются преимущественно циклоалканы.

1) 

3) 

2) 

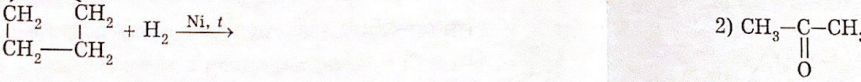
4) 

Упражнение 89. Уравнения реакций гидрирования карбонильных соединений.

> - Термин «гидрирование» применительно к альдегидам и кетонам имеет синоним — «восстановление».
> - При взаимодействии с водородом в присутствии катализатора альдегиды дают первичные спирты, а кетоны — вторичные спирты. Например, этаналь становится этанолом, пропанон — пропанолом-2.

193. Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ:

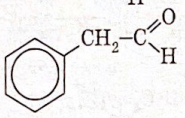
1)

2) 

3) $H_3C-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$

4) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$

5) $CH_2=CH-C(=O)H + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$

6) 

$+ H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$

7) $H-C(=O)-C(=O)-H + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$

8) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-C(=O)H + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$

Упражнение 90. Уравнения реакций гидрирования кислородосодержащих органических веществ.

194. Составьте уравнения реакций гидрирования органических веществ, используя структурные формулы:

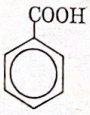
1) $CH_2=CH-CH_2OH + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$

2) $HOOCHC=CHCOOH + H_2 \rightarrow$

3)
$-OH + 3H_2 \xrightarrow[Ni]{t,\ p}$

4) $CH_2=CH-COOH + H_2 \rightarrow$

5) $CH_2=CH-O-CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$

6) 

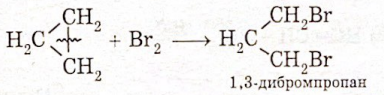
$+ 3H_2 \xrightarrow{t,\ k}$

195. Какие вещества получаются при полном гидрировании (без раскрытия цикла): 1) стирола; 2) этилбензола; 3) изопропилбензола; 4) фенилацетилена? Составьте уравнения реакций.

2.2. Реакции галогенирования

Упражнение 91. Уравнения реакций галогенирования.

Галогенирование — присоединение молекулы галогена по месту разрыва π-связи в молекуле непредельного соединения или по месту раскрытия малого цикла в молекуле циклоалкана. При этом образуются дигалогенпроизводные.

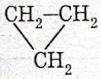


1,3-дибромпропан

Бромирование является качественной реакцией на кратную связь и происходит с водным раствором брома — бромной водой, которая в результате реакции обесцвечивается.

196. Составьте уравнения реакций галогенирования, используя структурные формулы веществ:

1) $H_2C=CH-CH_3 + Br_2 \xrightarrow{H_2O}$

2) 

$+ Br_2 \rightarrow$

3) $CH_2=CH_2 + Br_2 \xrightarrow{H_2O}$

4) $CH_2=\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}-CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{CCl_4}$

5) $HC\equiv C-CH_2-CH_3 + 2Cl_2 \xrightarrow{CCl_4}$

6)
$+ Cl_2 \xrightarrow{t\ >\ 100\ ^\circ C}$

7) $CH_2{=}CH{-}CH_2OH + Br_2 \xrightarrow{H_2O}$

8) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3 + Br_2 \xrightarrow{H_2O}$

9) $HC{\equiv}C{-}CH_3 + 2Br_2 \xrightarrow{H_2O}$

10) $+ 3Cl_2 \xrightarrow{h\nu,\ t}$

11) $H_2C{=}CH{-}CH{=}CH_2 + Br_2 \xrightarrow{H_2O}$

12) $CH_2{=}CH{-}C{<}^{O}_{H} + Cl_2 \xrightarrow{CCl_4}$

13) $HC{\equiv}CH + 2Br_2 \xrightarrow{H_2O}$

14) $H_2C{=}CH{-}COOH + Br_2 \xrightarrow{H_2O}$

2.3. Реакции гидрогалогенирования

Упражнение 92. Уравнения реакций гидрогалогенирования симметричных соединений.

> Гидрогалогенирование — присоединение молекулы галогеноводорода по месту разрыва π-связи в молекуле непредельного соединения или по месту раскрытия малого цикла в молекуле циклоалкана.

197. Составьте уравнения реакций гидрогалогенирования симметричных соединений, используя структурные формулы веществ:

1) $CH_2{=}CH_2 + HCl \rightarrow$

2) $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + HBr \rightarrow$

3) $+ HCl \rightarrow$

4) $H_2C{-}CH_2$ / $H_2C{-}CH_2$ $+ HBr \rightarrow$

5) $CH_3{-}C(CH_3){=}C(CH_3){-}CH_3 + HCl \rightarrow$

6) $CH_3{-}CH(CH_3){-}C{\equiv}C{-}CH(CH_3){-}CH_3 + HBr \rightarrow$

7) $CH_3{-}CH(CH_3){-}C{\equiv}C{-}CH_3 + HI \rightarrow$

8) $+ HBr \rightarrow$

9) $HC{\equiv}CH + HCl \rightarrow$

10) $HC{\equiv}CH + 2HCl \rightarrow$

Упражнение 93. Уравнения реакций гидрогалогенирования несимметричных соединений.

198. Составьте уравнения реакций гидрогалогенирования несимметричных соединений, используя структурные формулы веществ:

> Несимметричные непредельные (циклические) соединения вступают в реакции присоединения с реагентами типа HX **согласно правилу Марковникова.**
>
> Атом водорода присоединяется к тому атому углерода, при двойной связи который более гидрирован (то есть более богат водородом). Например:
>
> $$CH_3{-}CH{=}CH_2 + H{:}Cl \rightarrow CH_3{-}CH(Cl){-}CH_2(H)$$

1) $CH_3{-}CH{=}CH_2 + HBr \rightarrow$

2) $CH_3{-}CH_2{-}CH{=}CH_2 + HCl \rightarrow$

3) $CH_3{-}CH(CH_3){-}CH{=}CH_2 + HCl \rightarrow$

4) $CH_2{=}CH{-}CH_3 + HCl \rightarrow$

5) $CH_2{=}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{-}CH_3 + HBr \rightarrow$

6) $\underset{\displaystyle CH_2{-}CH_2}{\underset{|}{CH_2}}{-}\underset{|}{CH}{-}CH_3 + HI \rightarrow$

7) $CH{\equiv}C{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3 + HCl \rightarrow$

8) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH \\ / \quad \backslash \\ H_2C{-}CH_2 \end{array} + HBr \rightarrow$

9) $CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}C{\equiv}C{-}CH_3 + HI \rightarrow$

> При наличии в молекуле заместителей типа $-NO_2$, $-COOH$ или атомов галогена присоединение идёт ***против*** **правила Марковникова.** Атом водорода присоединяется к тому атому углерода при двойной связи, который менее гидрирован.

199. Составьте уравнения реакций гидрогалогенирования несимметричных соединений, используя структурные формулы веществ:

1) $\overset{\delta+}{CH_2}{=}CH{-}C\begin{array}{l} \nearrow \overset{\delta-}{O} \\ \searrow H \end{array} + \overset{\delta+}{H}{-}\overset{\delta-}{Br} \rightarrow$

2) $Cl{\leftarrow}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{\downarrow}{\overset{\displaystyle Cl}{\overset{\uparrow}{C}}}}{\leftarrow}\overset{\delta-}{CH}{=}\overset{\delta+}{CH_2} + \overset{\delta+}{H}{-}\overset{\delta-}{Cl} \rightarrow$

3) $\overset{\delta+}{CH_2}{=}\overset{\delta-}{CH}{-}\overset{\delta+}{C}\begin{array}{l} \nearrow \overset{\delta-}{O}: \\ \searrow OH \end{array} + HCl \rightarrow$

4) $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}NO_2 + HI \rightarrow$

5) $CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{=}CH{-}COOH + HBr \rightarrow$

2.4. Реакции гидратации

Упражнение 94. Уравнения реакций гидратации непредельных соединений.

> Гидратация — присоединение молекулы воды к непредельным соединениям по месту разрыва π-связи. В результате реакции образуются спирты (гидроксильные соединения). Обратите внимание на применение правила Марковникова. Условия реакции — присутствие кислот: H_2SO_4, H_3PO_4.
>
> $$\underset{\text{этилен}}{CH_2{=}CH_2} + H_2O \xrightarrow{H^+} \underset{\text{этиловый спирт}}{\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{CH_2}}{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}}$$

200. Составьте уравнения реакции гидратации, учитывая особенности строения веществ:

1) $CH_2{=}CH{-}CH_3 + H_2O \rightarrow$

2) $CH_2{=}CH{-}CH_2OH + H_2O \rightarrow$

3) $CH_2{=}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{-}CH_2{-}CH_3 + H_2O \rightarrow$

4) $CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{=}CH_2 + H_2O \rightarrow$

5) $CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{=}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{-}CH_3 + H_2O \rightarrow$

6) $CH_2{=}CH{-}C\begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow OH \end{array} + H_2O \rightarrow$

Упражнение 95. Уравнения реакций гидратации алкинов.

> *Реакция Кучерова.*
>
> При гидратации ацетилена образуется этаналь (уксусный альдегид), а при гидратации остальных алкинов образуются кетоны. Условия реакции: присутствие солей ртути (II), кислая среда.

201. Составьте уравнения реакций гидратации алкинов, используя структурные формулы веществ:

1) $HC{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow[H^+]{Hg^{2+}}$

2) $HC{\equiv}C{-}CH_3 + H_2O \xrightarrow[H^+]{Hg^{2+}}$

3) $CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_3 + H_2O \xrightarrow[H^+]{Hg^{2+}}$

4) $CH{\equiv}C{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}{-}CH_3 + H_2O \xrightarrow[H^+]{Hg^{2+}}$

5) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}{-}CH_3 + H_2O \xrightarrow[H^+]{Hg^{2+}}$

Упражнение 96. Закрепление навыков составления реакций присоединения.

202. Составьте уравнения реакций присоединения, учитывая особенности химического строения веществ, участвующих в них:

1) взаимодействие пентадиена-1,3 и водорода (2 моль);
2) неполное гидрирование изопрена (2-метилбутадиена-1,3);
3) гидрирование метилциклобутана;
4) взаимодействие ацетилена с хлором (1 моль);
5) взаимодействие 3-метилбутина-1 с бромной водой (2 моль);
6) неполное бромирование бутадиена-1,3;
7) хлорирование циклопропана;

8) взаимодействие пропеновой кислоты с хлором;
9) гидрохлорирование бутена-2;
10) взаимодействие бутадиена-1,3 и хлороводорода (1 моль);
11) взаимодействие циклопропана с иодоводородом;
12) гидробромирование бутена-1;
13) взаимодействие 2-метилбутена-2 с бромоводородом;
14) присоединение хлороводорода к метилциклопропану;
15) гидратация пентена-1;
16) взаимодействие пропеновой кислоты и иодоводорода;
17) гидрохлорирование 3,3-дифторпропена;
18) взаимодействие 3-нитропропена и хлороводорода;
19) взаимодействие 3-метилбутен-2-овой кислоты с бромоводородом.

3. Реакции отщепления (элиминирования)

> По своему характеру эти реакции обратны реакциям присоединения. Две связи, освободившиеся при отщеплении двух атомов, объединяются в одну. Происходит увеличение кратности связи.

Упражнение 97. Уравнения реакций дегидрирования.

> - Дегидрирование — процесс отщепления водорода от молекулы органического соединения. Дегидрирование протекает при высокой температуре в присутствии катализатора (Pt, Ni, Cr_2O_3 и др.). Протеканию дегидрирования способствует повышение температуры и понижение давления.
> - Отщепление водорода от высших алканов или циклических насыщенных соединений, в ходе которого образуются ароматические соединения, называется дегидроароматизацией (дегидроциклизацией).

203. Составьте уравнения реакций дегидрирования, используя структурные формулы веществ:

1) $CH_3{-}CH_3 \xrightarrow{Ni,\ t}$

2) $CH_3{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{Ni,\ t}$

3) $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{Ni,\ t}$

4) $CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{Ni,\ t}$

5) $CH_3{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{\underset{CH_2}{|}}CH{-}\underset{CH_3}{|}CH{-}CH_3 \xrightarrow{Ni,\ t}$

6) $CH_3{-}\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{Ni,\ t}$

7) $H_3C{-}\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}{-}CH_3 \xrightarrow{Ni,\ t}$

8) $H_3C{-}\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{Ni,\ t}$

9) $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3 \xrightarrow[Cr_2O_3]{450\text{–}500\ ^\circ C}$

10) $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3 \xrightarrow[Cr_2O_3]{450\text{–}500\ ^\circ C}$

204. Напишите уравнения реакций получения ароматических углеводородов ряда бензола путём каталитической дегидроциклизации или дегидрирования: 1) циклогексана; 2) 1,2-диметилциклогексана; 3) 2-метилгексана; 4) 4-метилгептана; 5) н-нонана.

Упражнение 98. Уравнения реакций дегалогенирования.

Реакции удаления галогена из молекулы органического вещества или замена его на атом водорода. Удаление (отщепление, или элиминирование) атомов галогена может происходить у одного атома углерода, у двух соседних или у двух более удалённых атомов и др. Условия реакции — нагревание вещества с активными металлами (например цинковая или магниевая пыль).

205. Составьте уравнения реакций дегалогенирования, используя структурные формулы веществ:

1) $CH_3{-}\underset{Br}{|}CH{-}\underset{Br}{|}CH{-}CH_3 + Zn \xrightarrow{t}$

2) $\underset{Cl}{\underset{|}{CH_2}}{-}\underset{Cl}{\underset{|}{CH_2}} + Mg_{(порошок)} \xrightarrow{t^\circ}$

3) $\underset{Cl}{\underset{|}{CH_2}}{-}\underset{Cl}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3 + Zn_{(пыль)} \xrightarrow{t^\circ}$

4) $CH_3{-}\overset{\overset{Br}{|}}{\underset{\underset{Br}{|}}{C}}{-}\overset{\overset{Br}{|}}{\underset{\underset{Br}{|}}{C}}{-}CH_3 + 2Zn \xrightarrow{t^\circ}$

5) $CH_2{<}^{CH_2Br}_{CH_2Br} + Zn \xrightarrow{t}$

6) $\underset{CH_2{-}CH_2{-}Br}{\underset{|}{CH_2{-}CH_2{-}Br}} + 2Na \xrightarrow{t}$

7) $\underset{Br}{\underset{|}{CH_2}}{-}\underset{CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_2{-}\underset{CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}\underset{Br}{\underset{|}{CH_2}} + Zn \xrightarrow{t}$

206. Используя структурные формулы, составьте уравнения реакций дегалогенирования для перечисленных веществ: 1) 1,2-дибромпропан; 2) 2,3-дихлорбутан; 3) 2,3-дибромпентан; 4) 1,1,2,2-тетрабромпентан.

Упражнение 99. Уравнения реакций дегидрогалогенирования.

Дегидрогалогенирование — отщепление молекулы галогеноводорода от органической молекулы с образованием кратной связи или цикла. Реактивом является спиртовой раствор щёлочи. Например:

$$CH_3{-}CH_2Cl + NaOH_{(спирт.)} \rightarrow CH_2{=}CH_2 + NaCl + H_2O$$

При дегидрогалогенировании дигалогеналканов образуются алкины.

Направление реакций отщепления определяется *правилом Зайцева:* атом водорода отщепляется от наименее гидрогенизированного атома углерода.

207. Составьте уравнения реакций взаимодействия галогенопроизводных со спиртовым раствором щёлочи:

1) $CH_2{-}CH_2 + KOH$(спирт.) $\xrightarrow{t^\circ}$ (H, Cl)

2) $CH_3{-}CH(I){-}CH_3 + NaOH$(спирт.) $\xrightarrow{t^\circ}$

3) $CH_3{-}CH(Br){-}CH_3 + KOH$(спирт.) $\xrightarrow{t^\circ}$

4) $CH_3{-}CH(H){-}C(CH_3)(Cl){-}CH_3 + KOH$(спирт.) $\xrightarrow{t^\circ}$

5) $CH_3{-}CH(Br){-}CH(Br){-}CH_3 + KOH$(спирт.) $\xrightarrow{t^\circ}$

6) $CH_3{-}CH{=}C(Br){-}CH_3 + KOH$ (спирт.) $\xrightarrow{t^\circ}$

208. Используя структурные формулы, составьте уравнения реакций дегидрогалогенирования для перечисленных веществ. Назовите продукты реакции:

1) 2-хлор-2-метилпентан;
2) 2-бром-2,3-диметилпентан;
3) 2-бром-3-метилгексан;
4) 3-иод-2,2-диметилпентан;
5) 2,3-дибромпентан;
6) 1,2-дибромбутан;
7) 2,3-дихлор-4,4-диметилгексан;
8) 4-метил-2,2-дихлорпентан.

Упражнение 100. Уравнения реакций дегидратации.

- Дегидратация — отщепление молекулы воды от одной или нескольких молекул органического вещества. Осуществляется при высокой температуре или в присутствии водоотнимающих средств.
- Существует внутримолекулярная и межмолекулярная дегидратация.
- Для спиртов: *межмолекулярная дегидратация.* Температура <140 °С, продукты реакции — простые эфиры.
  Внутримолекулярная дегидратация. Температура >140 °С, продукты реакции — алкены.

209. Составьте уравнения реакций: 1) внутримолекулярной; 2) межмолекулярной дегидратации следующих спиртов:

1) $H{-}C(H){-}C(H){-}H$ (H, OH)

2) $CH_3{-}CH(OH){-}CH_3$

3) $H_3C{-}C(CH_3)(CH_3){-}CH(OH){-}CH_3$

4) $CH_3{-}C(OH)(CH_3){-}CH_3$

5) $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}OH$

6) $CH_3{-}CH(CH_3){-}CH_2{-}OH$

210. Используя структурные формулы, составьте уравнения реакций дегидратации для перечисленных спиртов: а) бутанол-2; б) 2,3-диметилбутанол-2; в) 2-метилпентанол-3. Назовите продукты реакции.

4. Реакции окисления

Под реакциями окисления в органической химии подразумевают реакции введения в молекулу атома кислорода или удаления атома водорода.

Упражнение 101. Уравнения реакций горения.

- Реакция горения — жёсткое окисление кислородом, протекающее с выделением тепла и света.
- Правила горения сложных веществ (см. в упражнении 130).
- Уравнения реакций горения органических веществ лучше записывать в молекулярном виде.

211. Напишите уравнения реакций горения в кислороде следующих веществ: бензол, метан, этилбензол, пропен, пропин, этиламин, пропанол, метаналь, пропанон.

Упражнение 102. Уравнения реакций окисления алканов.

- **Реакции окисления алканов** — реакции, протекающие с изменением степеней окисления углерода в молекулах алканов.
- При обычной температуре алканы не вступают в реакции даже с сильными окислителями. При внесении в открытое пламя алканы горят. При этом в избытке кислорода происходит их окисление до углекислого газа и воды.
- Частичное каталитическое окисление алканов используется для получения ценных продуктов: карбоновых кислот, альдегидов, кетонов, спиртов.
- Окисление гомологов метана часто сопровождается разрушением углеродной цепочки примерно на две равные части. Например, неполным окислением бутана получают уксусную кислоту.
- Высшие алканы при окислении превращаются в смесь карбоновых кислот.

212. Используя молекулярные формулы, составьте уравнения реакций горения алканов в избытке кислорода:

$C_4H_{10} + O_2 \rightarrow$ $\quad$ $C_3H_8 + O_2 \rightarrow$

$C_7H_{16} + O_2 \rightarrow$ $\quad$ $C_{12}H_{26} + O_2 \rightarrow$

213. Запишите уравнения реакций каталитического окисления алканов кислородом воздуха:

$CH_4 + O_2 \xrightarrow{t,\ k}$ $\quad$ $C_{30}H_{62} + O_2 \xrightarrow{t,\ k}$

$C_{36}H_{74} + O_2 \xrightarrow{t,\ k}$

Упражнение 103. Реакции окисления алкенов.

Реакции каталитического окисления алкенов кислородом воздуха — окисление, при котором π-связь алкенов разрывается, при этом, в зависимости от катализатора, образуются разные продукты. Так, окисление этилена над серебряным катализатором при ~250 °C приводит к образованию органического оксида — этиленоксида. Каталитическое окисление этилена в присутствии влажной смеси двух солей — хлорида палладия и хлорида меди (II) — приводит к получению уксусного альдегида.

Реакции окисления алкенов растворами сильных окислителей в разных средах

- При пропускании алкенов через водный раствор $KMnO_4$ образуются двухатомные спирты — диолы, содержащие две гидроксильные группы. Окислитель для упрощения записи условно обозначают [O].
- Окисление в «жестких» условиях (подкисленными растворами перманганата калия, дихромата калия) приводит к разрыву углеродной цепи в месте нахождения двойной связи («деструктивное» окисление). При этом продуктами окисления линейных алкенов являются карбоновые кислоты.
- Если двойная связь находится у первого атома углерода, образуется углекислый газ. Разветвлённые алкены в аналогичных условиях дают кетоны и карбоновые кислоты.
- Если использовать водный концентрированный раствор перманганата калия, полученные продукты дают соответствующие соли с образующимся в ходе реакции гидроксидом калия (т. е. вместо

CH_3COOH пишем CH_3COOK, вместо CO_2 пишем K_2CO_3 или $KHCO_3$ в зависимости от соотношения кислоты и щелочи). Эти реакции используются для установления положения двойной связи в молекуле алкена по продуктам окисления.

- *Полные уравнения реакций окисления алкенов сильными окислителями в разных средах* (см. в упражнении 133).

214. Составьте уравнения реакций каталитического окисления алкенов кислородом воздуха:

1) $CH_2{=}CH_2 + O_2 \xrightarrow[Ag]{t^\circ}$ 2) $CH_2{=}CH_2 + O_2 \xrightarrow{PdCl_2/CuCl_2}$

215. Допишите схемы реакций окисления алкенов водным раствором перманганата калия (реакция Вагнера). Назовите полученные двухатомные спирты:

1) $CH_3{-}CH{=}CH_2 + [O] + H_2O \rightarrow$

2) $CH_3{-}CH_2{-}CH{=}CH_2 + [O] + H_2O \rightarrow$

3) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3 + [O] + H_2O \rightarrow$

4) $CH_2{=}CH_2 + [O] + H_2O \rightarrow$

216. Допишите схемы реакций деструктивного окисления алкенов подкисленным раствором перманганата калия:

1) $CH_3{-}CH{=}CH_2 + [O] \xrightarrow{H^+}$ 2) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3 + [O] \xrightarrow{H^+}$

3) $CH_3{-}C(CH_3){=}CH_2 + [O] \xrightarrow{H^+}$ 4) $CH_3{-}C(CH_3){=}CH{-}CH_3 + [O] \xrightarrow{H^+}$

217. Допишите схемы реакций деструктивного окисления алкенов раствором перманганата калия в щелочной среде. Назовите продукты реакции:

1) $CH_3{-}CH{=}CH_2 + [O] \xrightarrow{KOH}$ 2) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3 + [O] \xrightarrow{KOH}$

3) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_3 + [O] \xrightarrow{KOH}$ 4) $CH_3{-}CH_2{-}CH{=}CH_2 + [O] \xrightarrow{KOH}$

218. Определите структуру алкена, подвергшегося деструктивному окислению, если основными продуктами реакции являются:

1) CH_3COOH, C_2H_5COOH 3) CH_3COOH

2) CH_3COCH_3, CO_2 4) CH_3COCH_3

219. Составьте уравнения реакций получения циклогексанона из циклогексена.

Упражнение 104. Уравнения реакций окисления алкинов.

- При действии сильных окислителей в кислой среде ацетилен окисляется до щавелевой кислоты COOH—COOH или углекислого газа.
- В водном растворе перманганат калия окисляет ацетилен до оксалата калия.
- Если окисление ацетилена водным раствором перманганата калия происходит при нагревании, образуется гидрокарбонат калия.
- Остальные алкины окисляются с разрывом молекулы *по тройной связи* с образованием соответствующих по числу атомов карбоновых кислот. Например, пропин при окислении даёт уксусную и муравьиную кислоты. В щелочной и нейтральной среде образуются соответствующие соли.
- *Полные уравнения реакций окисления алкинов сильными окислителями в разных средах* (см. в упражнении 134).

220. Допишите схемы реакций окисления алкинов подкисленным раствором перманганата калия. Назовите полученные карбоновые кислоты:

1) $HC{\equiv}CH + [O] \xrightarrow{H^+}$ 2) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3 + [O] \xrightarrow{H^+}$

3) $CH_3{-}CH_2{-}C{\equiv}C{-}CH_3 + [O] \xrightarrow{H^+}$

221. Допишите схемы реакций окисления алкинов водным раствором перманганата калия:

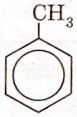
1) $HC{\equiv}CH + [O] \xrightarrow{H_2O}$ 2) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3 + [O]$ H_2O

3) $CH_3{-}CH_2{-}C{\equiv}C{-}CH_3 + [O] \xrightarrow{H_2O}$

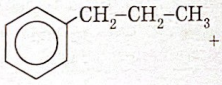
Упражнение 105. Уравнения реакций окисления аренов.

- Гомологи бензола окисляются легко. Мягкие окислители типа MnO_2 окисляют боковую цепь до альдегидной группы.
- Сильные окислители в кислой среде окисляют связанную с бензольным ядром боковую цепь по α-углеродному атому, которая превращается в карбоксильную группу (C_6H_5–COOH) независимо от длины углеводородного радикала. Число образовавшихся карбоксильных групп равно числу боковых цепей в исходном арене.
- Если боковая цепь содержит больше одного атома углерода, то происходит разрыв цепи на 2 части (после 1 углерода). Отщепившаяся часть окисляется до CO_2 или карбоновой кислоты, в зависимости от длины цепи.
- В нейтральной среде арены превращаются в соли аренкарбоновых кислот.
- *Полные уравнения реакций окисления аренов сильными окислителями в разных средах* (см. в упражнении 135).

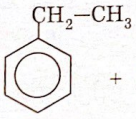
222. Составьте схемы реакций окисления ароматических углеводородов раствором сильного окислителя:

1) 

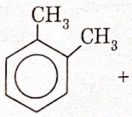
$+ [O] \xrightarrow{H^+}$

2) 

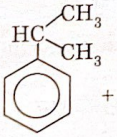
$+ [O] \xrightarrow{H^+}$

3) 

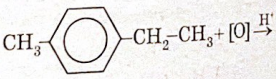
$+ [O] \xrightarrow{H^+}$

4) 

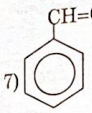
$+ [O] \xrightarrow{H^+}$

5) 

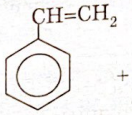
$+ [O] \xrightarrow{H^+}$

6) 

$+ [O] \xrightarrow{H^+}$

7) 

$+ [O] + H_2O \rightarrow$

8) 

$+ [O] \xrightarrow{H^+}$

Упражнение 106. Уравнения реакций окисления спиртов.

- В мягких условиях (нейтральные или щелочные растворы перманганата калия, хромовой смеси при температуре 40–50 °C) первичные спирты окисляются до альдегидов, при нагревании до более высокой температуры — до кислот или соответствующих солей.
- Вторичные спирты окисляются до кетонов.
- Третичные спирты устойчивы к окислению в щелочной и нейтральной среде, окисляются в присутствии кислоты в очень жестких условиях (например, хромовой смесью при температуре ~180 °C), что приводит к сложной смеси карбоновых кислот и кетонов.
- *Полные уравнения реакций окисления спиртов сильными окислителями в разных средах* (см. в упражнении 136).

223. Напишите уравнения реакций окисления следующих соединений:

1) $C_2H_5OH + CuO \xrightarrow{t}$

2) $CH_3OH + CuO \xrightarrow{t}$

3) $CH_3CH_2OH + [O] \xrightarrow{H^+,\ KMnO_4,\ t}$

4) $CH_3OH + [O] \xrightarrow{KMnO_4,\ H_2O}$

5) $CH_3CH_2OH + [O] \xrightarrow{KMnO_4,\ H_2O}$

6) $CH_3{-}\underset{\underset{OH}{|}}{CH}{-}CH_3 + [O] \xrightarrow{H^+}$

7) $C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{\text{ферменты}}$

Упражнение 107. Уравнения реакций окисления альдегидов.

- Альдегиды сильными окислителями в кислой среде окисляются до карбоновых кислот.
- В нейтральной и щелочной среде образуются смеси кислот и солей соответствующих кислот.
- В качестве окислителя могут выступать: аммиачный раствор оксида серебра $[Ag(NH_3)_2]OH$ (реактив Толленса), свежеосажденный гидроксид меди (II). Например, реакции «серебряного зеркала» и «светофор»:

$$R-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix} + 2Ag(NH_3)_2OH \xrightarrow{t}$$

$$\rightarrow R-C\begin{matrix}O\\ONH_4\end{matrix} + 3NH_3 + H_2O + 2Ag\downarrow$$

$$R-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix} + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} R-C\begin{matrix}O\\OH\end{matrix} + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$$

- Метаналь в реакции «серебряного зеркала» превращается в карбонат аммония.
- Кетоны окисляются достаточно в жёстких условиях ($KMnO_4$ или $K_2Cr_2O_7$ в кислой или щелочной среде при нагревании), продуктами реакции является смесь карбоновых кислот.
- В результате реакции окисления циклических кетонов образуются дикарбоновые кислоты.
- *Полные уравнения реакций окисления альдегидов сильными окислителями в разных средах* (см. в упражнении 137).

224. Составьте уравнения реакций окисления альдегидов:

1) $H-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix} + Ag_2O \xrightarrow{NH_3,\ t}$

2) $CH_3-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix} + Ag_2O \xrightarrow{NH_3,\ t}$

3) $CH_3-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix} + Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$

4) $CH_2=CH-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix} + Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$

5) $CH_3-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix} + [Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t}$

6) $H-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix} + [Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t}$

225. Напишите уравнения реакций окисления: 1) аммиачным раствором оксида серебра и 2) свежеосаждённым гидроксидом меди (II) при нагревании следующих соединений: пропаналь, 2,3-диметилбутаналь.

226. Составьте уравнения реакций получения адипиновой кислоты из циклогексанона с помощью реакции окисления.

Упражнение 108. Закрепление навыков работы с разными типами реакций.

227. Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:

1) циклобутан → бутан→ бутен-2

2) 2-хлор, 2-метилпропан $\xrightarrow{+KOH(спирт.)}$ А $\xrightarrow{+H_2O}$ Б

3) 2-хлор, 2-метилпентан $\xrightarrow{+KOH(спирт.)}$ А $\xrightarrow{+H_2}$ Б $\xrightarrow{+Cl_2,\ h\nu}$ В

4) $CH_3-CH_2-CH_2-OH \rightarrow C_3H_6 \xrightarrow{+Br_2} A \rightarrow C_3H_4$

5) $C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Br \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_4Cl_2 \rightarrow C_2H_2$

6) $C_2H_4 \rightarrow HC\equiv CH \rightarrow CH_3CHO \rightarrow CH_3COOH$

7) этин → этан → этен → этандиол

8) $C_2H_4 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow CH_3CHO \xrightarrow{+Ag_2O,\ NH_3,\ t} X$

9) пропан → пропен → пропанол-2 → пропанон

10) $C_6H_6 \rightarrow C_6H_5{-}CH_3 \rightarrow C_6H_5COOH$

228. Осуществите превращения и укажите тип химической реакции по различным классификациям:

1) $C_3H_8 \rightarrow C_3H_7NO_2$
2) $C_6H_6 \rightarrow C_7H_8$
3) $C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_5OH$
4) $C_2H_4O \rightarrow C_2H_4O_2$
5) $C_3H_6Cl_2 \rightarrow C_3H_6$
6) $C_4H_{10} \rightarrow C_2H_4$
7) $C_2H_5NO_2 \rightarrow C_2H_5NH_2$
8) $C_6H_{12} \rightarrow C_6H_6$
9) $C_5H_{12} \rightarrow C_5H_{12}$
10) $C_3H_8O \rightarrow C_3H_6O$
11) $C_4H_9Cl \rightarrow C_4H_8$
12) $C_2H_4 \rightarrow C_2H_4Br_2$

Глава 2

ОБОБЩЕНИЕ СВЕДЕНИЙ О РАЗЛИЧНЫХ КЛАССАХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Химические реакции органических соединений разных классов

Упражнение 109. Уравнения реакций для углеводородов разных классов.

229. Составьте уравнения реакций:

1) сульфирование 2-метилбутана;
2) взаимодействие стирола с бромной водой;
3) полимеризация ацетилена;
4) каталитическое бромирование бензола;
5) горение 2-метилпентана;
6) гидратация 2,3-диметилпентена-1;
7) полимеризация 2-хлорбутена-2;
8) дегалогенирование 1,2-дибромпропана;
9) дегидрирование бутена-1 (катализатор Cr_2O_3);
10) дегалогенирование 1,1,2,2-тетрабромпентана;
11) димеризация ацетилена;
12) хлорирование 2,2-диметилпропана;
13) дегидрирование метилциклогексана до толуола;
14) алкилирование бензола хлорметаном;
15) дегалогенирование 2,3-дихлорбутана;
16) гидрохлорирование 2-метилбутена-1;
17) дегидроциклизация гептана;
18) взаимодействие п-ксилола с бромом (2 моль) на свету;
19) гидратация 3-метилпентина-1;
20) дегидратация бутанола-1;

21) изомеризация циклопентана;
22) бромирование бутена-2;
23) нитрование 2,3-диметилбутана;
24) циклотримеризация этина;
25) гидрохлорирование этилциклобутана;
26) нитрование циклогексана;
27) гидрирование 1,1-диметилциклопропана;
28) горение этилциклопентана;
29) взаимодействие циклопентена с водородом (1 моль);
30) взаимодействие 1-бром, 4-метил циклогексана с раствором щёлочи: а) водным, б) спиртовым;
31) каталитическое хлорирование этилбензола;
32) дегидрирование изопропилбензола;
33) полимеризация α-метилстирола;
34) дегидрирование этилбензола;
35) циклотримеризация пропина;
36) изомеризация пентана;
37) гидрирование 2,3-диметилбутена-2.

Упражнение 110. Уравнения реакций для кислородсодержащих и азотсодержащих органических соединений.

230. Составьте следующие уравнения реакций:

1) окисление 2-метилбутанола-1 оксидом меди (II);
2) гидролиз ацетата натрия;
3) восстановление 2-метилпентанона-3;
4) электролиз раствора пропионата калия;
5) взаимодействие хлорида фосфора (V) с метилэтилкетоном;
6) взаимодействие бензойной кислоты с гидрокарбонатом натрия;
7) получение цианопроизводного бутаналя;
8) декарбоксилирование 3,3-диметилбутирата натрия;
9) присоединение гидросульфита натрия к формальдегиду;

10) взаимодействие фенола с гидроксидом бария;
11) щелочной гидролиз этилбензоата;
12) восстановление нитробензола;
13) аммонолиз пропанола-2;
14) гидролиз глицилаланина;
15) нитрование фенола;
16) бромирование анилина;
17) полимеризация стирола;
18) пиролиз ацетата кальция.

231. Запишите уравнения реакций бромирования: пропана, бутена-2, циклопропана, бутадиена-1,3, пропина, бензола (кат.), толуола (кат.), этилбензола (на свету), нитробензола, фенола, акриловой кислоты, анилина, пропионовой кислоты.

2. Химические свойства и способы получения алканов

АЛКАНЫ ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

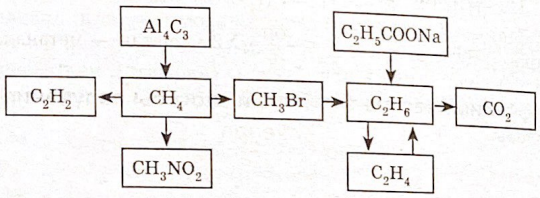
РЕАКЦИИ ЗАМЕЩЕНИЯ	ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ	РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ
Нитрование	Дегидрирование	Горение
Галогенирование	Пиролиз	Каталитическое окисление
Сульфирование	Изомеризация	
	Крекинг	
	Ароматизация	

Для алканов типичны реакции радикального замещения (S_R).

Упражнение 111. Химические превращения с участием алканов.

232. Составьте уравнения реакций каталитической ароматизации следующих алканов: октан, 2-метилгексан, 2,3,4-триметилгексан, 2,4-диметилгептан, метилэтилпропилметан, изопропилвторбутилметан.

233. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия их протекания.

234. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

1) $CH_4 \rightarrow CH_3Cl \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_4H_{10}$
2) $CH_3COONa \rightarrow CH_4 \rightarrow CH_3Br \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_4$
3) $C_2H_5Cl \rightarrow C_4H_{10} \rightarrow C_2H_6 \rightarrow CO_2 \rightarrow CaCO_3$
4) $C_3H_6 \rightarrow C_3H_8 \rightarrow C_3H_7Cl \rightarrow C_6H_{14} \rightarrow C_6H_{14} \rightarrow C_6H_6$

235. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

1) этан → хлорэтан → бутан → метилпропан → 2-метил-2-нитропропан;
2) октан → бутан → этан → этен → этан → углекислый газ;
3) бутен-2 → бутан → оксид углерода (IV) → оксид углерода (II) → метан → метановая кислота;
4) пропионат натрия → этан → бромэтан → бутан → этановая кислота.

236. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

1) $CH_4 \xrightarrow{+X1} A \xrightarrow{+X2} B \xrightarrow{+X1} C \xrightarrow{+X2} C_4H_{10}$
2) $Al \rightarrow Al_4C_3 \xrightarrow{+H_2O} X1 \xrightarrow{+Br_2,\ h\nu} X2 \xrightarrow{+Na} X3 \xrightarrow{+SO_2 + Cl_2} X4$
3) $CH_3{-}CH_2{-}COONa \xrightarrow{\text{эл. ток}} X1 \xrightarrow{\text{крекинг}} X2 \xrightarrow{+Br_2,\ h\nu} X3 \xrightarrow{+C_3H_7Mg-Br} X4 \rightarrow C_5H_{10}$
4) $C_2H_5I \xrightarrow{+HI} X \rightarrow CO \rightarrow CH_4 \rightarrow CH_3OH$
5) бутан $\xrightarrow{+O_2,\ \text{кат.}}$ X1 $\xrightarrow{+NaOH}$ X2 → метан → метаналь

3. Химические свойства и способы получения алкенов

АЛКЕНЫ ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ	РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ
Гидрирование	Горение
Галогенирование	Каталитическое окисление
Гидрогалогенирование	Окисление сильными окислителями в разных средах
Гидратация	
Полимеризация	

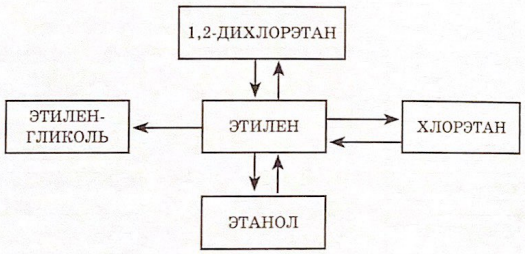
- Реакции присоединения алкенов чаще всего являются реакциями электрофильного присоединения (A_E).
- Полимеризация алкенов может осуществляться по ионному или радикальному механизму.
- Наряду с реакцией присоединения галогенов может происходить реакция замещения атомов водорода на галоген (S_R). Условия реакции — облучение или высокая температура (450–500 °C).

Упражнение 112. Химические превращения с участием алкенов.

237. С помощью каких реактивов можно осуществить следующие превращения? Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия протекания реакций:

1) $C_2H_4 \rightarrow C_2H_4Cl_2$
2) $C_3H_6 \rightarrow C_3H_6Br_2$
3) $C_4H_8 \rightarrow C_4H_6$
4) $C_3H_6 \rightarrow C_3H_8O$
5) $C_3H_7Cl \rightarrow C_3H_6$
6) $C_2H_4Br_2 \rightarrow C_2H_4$
7) $C_4H_{10}O \rightarrow C_4H_8$
8) $C_3H_8 \rightarrow C_3H_6$

238. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия их протекания.

239. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

1) $CH_2{=}CH{-}CH_3 \rightarrow CH_3{-}\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}{-}CH_3 \rightarrow CH_2{=}CH{-}CH_3$

2) $CH_2{=}CH{-}CH_3 \rightarrow CH{\equiv}C{-}CH_3 \rightarrow CH_2{=}CH{-}CH_3$

3) $CH_2{=}CH{-}CH_3 \rightarrow \overset{\overset{Cl}{|}}{CH_2}{-}\overset{\overset{Cl}{|}}{CH}{-}CH_3 \rightarrow CH_2{=}CH{-}CH_3$

4) $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3 \rightarrow$
$\rightarrow CH_3{-}\underset{\underset{OH}{|}}{CH}{-}CH_2{-}CH_3 \rightarrow CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3$

5) $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3 \rightarrow CH_3{-}CH_2{-}\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}{-}CH_3 \rightarrow$
$\rightarrow CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3$

Укажите условия протекания реакций.

240. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

1) этилен → 1,2-дибромэтан → этилен → уксусный альдегид;
2) 3,4-дибромбутен-1 → 1,2-дибромбутан → бутен-1 → → бутандиол-1,2;
3) 2-метилпентен-1 → 2-метилпентанол-2 → 2-метилпентен-2 → 2,3-дихлор-2-метилпентан.

Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия их протекания.

241. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения? Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия протекания реакций.

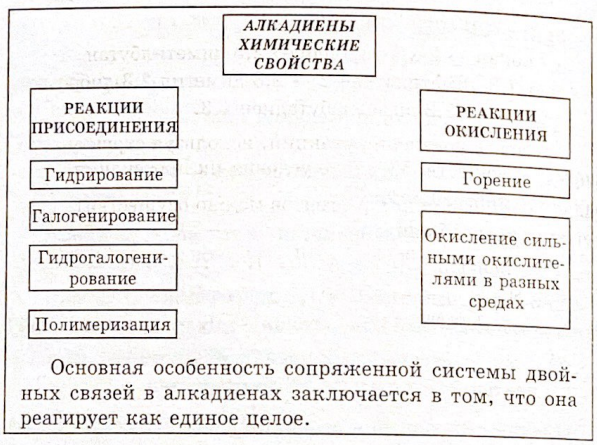
1) 2-хлор-2-метилбутан $\xrightarrow{+KOH(спирт.)}$ X $\xrightarrow{+H_2O}$ $\rightarrow$ Y $\rightarrow$ X $\xrightarrow{+KMnO_4(H_2O)}$ Z

2) пентанол-2 $\xrightarrow{H_2SO_4(к),\ t}$ X $\xrightarrow{+Br_2(р\text{-}р)}$ Y $\rightarrow$ $\rightarrow$ X $\xrightarrow{+KMnO_4(H_2O)}$ Z

3) пропан $\xrightarrow[-H_2]{}$ X $\xrightarrow{+Cl_2}$ Y $\rightarrow$ X $\xrightarrow{+O_2(Ag)}$ Z

4) $CH_3{-}CHCl{-}CH_3 \xrightarrow{+KOH\ (спирт.)}$ X $\xrightarrow{+HBr(R_2O_2)}$ Y $\rightarrow$ $н\text{-}C_6H_{14}$

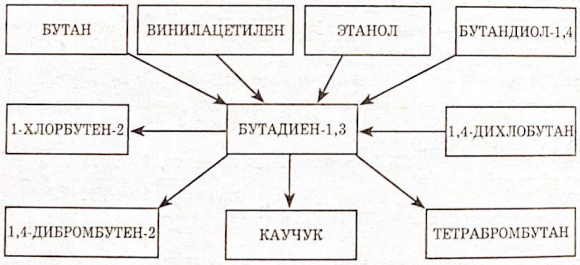
4. Химические свойства и способы получения алкадиенов



Основная особенность сопряженной системы двойных связей в алкадиенах заключается в том, что она реагирует как единое целое.

Упражнение 113. Химические превращения с участием алкадиенов.

242. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



243. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

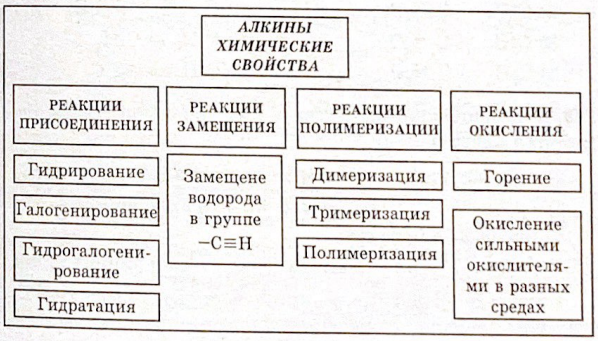
1) пентадиен-1,3 → пентан→ метилбутан → изопрен → → 1,4-дихлор-2-метилбутен-2;
2) пропан → 2-хлорпропан → 2,3-диметилбутан → → 2,3-диметилбутен-2 → 2,3-диметил-2,3-дибромбутан → 2,3-диметилбутадиен-1,3.

Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия их протекания.

244. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

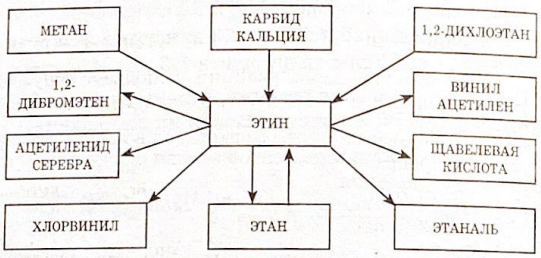
1) Бутадиен-1,3 $\xrightarrow{+Br_2(р\text{-}р)}$ А $\xrightarrow{+H_2}$ Б $\xrightarrow{+KOH\ вод}$ С $\xrightarrow{+H_2SO_4(к),\ t}$ → C_4H_6;
2) Бутан $\xrightarrow{крекинг}$ А → этанол → Б → дивиниловый каучук;
3) $CH_4 \xrightarrow{t}$ X1 $\xrightarrow{+H_2}$ X2 $\xrightarrow{+H_2O}$ X3 → C_4H_6 $\xrightarrow{+Cl_2\ (2\ моль)}$ X4;
4) $CH_3Br \xrightarrow{+CH_3CH_2CH_2MgBr}$ X1 → C_4H_6 $\xrightarrow{+H_2}$ X2 $\xrightarrow{+KMnO_4(H_2O)}$ → X3;
5) 2-метилбутан $\xrightarrow{+Br_2,\ свет}$ X1 $\xrightarrow{+KOH(спирт.)}$ X2 $\xrightarrow{+Cl_2(CCl_4)}$ → X3 $\xrightarrow{+2KOH(спирт.)}$ изопрен.

5. Химические свойства и способы получения алкинов



Упражнение 114. Химические превращения с участием алкинов.

245. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия их протекания.

246. Какие гомологи бензола можно получить в результате циклотримеризации следующих алкинов: метилацетилен, изопропилацетилен, бутин-1?

247. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения в одну стадию? Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия протекания реакций.

1) $C_2H_2 \rightarrow C_2H_4Cl_2$
2) $C_3H_4 \rightarrow C_3H_4Br_4$
3) $C_2H_2 \rightarrow C_2H_4O$
4) $C_4H_6 \rightarrow C_4H_8O$
5) $C_3H_4Br_4 \rightarrow C_3H_4$
6) $C_4H_8Cl_2 \rightarrow C_4H_6$
7) $C_3H_8 \rightarrow C_3H_4$
8) $C_2H_2 \rightarrow Ag_2C_2$

248. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

1) бутират натрия → пропан → пропин → пропанон;
2) бутен-2 → бутин-2 → 2,2,3,3-тетрахлорбутан → бутин-2 → бутанон;
3) бензол ← этин → винилхлорид → поливинилхлорид.

Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия их протекания.

249. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

1) $C_2H_2 \rightarrow X \rightarrow C_2H_4$;
2) бутин-1 → X → бутин-2;
3) этин → циклогексан;
4) $C_2H_2 \rightarrow X \rightarrow$ бутин-2;
5) $C_2H_2 \rightarrow X \rightarrow C_3H_4$;
6) бутанол-1 → бутин-2.

Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия их протекания.

250. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

1) $CH_3COONa \xrightarrow{\text{эл. ток}} X1 \rightarrow C_2H_4 \xrightarrow{+Br_2} X2 \xrightarrow{+2KOH(\text{спирт.})} \rightarrow X3 \rightarrow$ оксалат калия;
2) $CaC_2 \rightarrow X1 \xrightarrow{+2H_2} X2 \rightarrow C_2H_4 \xrightarrow{+HCl} X3 \xrightarrow{+NaC\equiv CH} X4$;
3) $Al_4C_3 \xrightarrow{+H_2O} X1 \xrightarrow{t} X2 \rightarrow Ag_2C_2 \rightarrow X2 \rightarrow C_6H_6$;
4) бутен-1 $\xrightarrow{t,\ \text{кат.}} X1 \xrightarrow{+Na(NH_3)} X2 \xrightarrow{+CH_3Cl} C_5H_8 \xrightarrow{+H_2O} X3$;
5) $CO \rightarrow CH_4 \xrightarrow{+Cl_2} X1 \xrightarrow{+NaC\equiv C-CH_3} X2 \rightarrow CH_3COOH$;
6) 2,2-дихлорпропан → пропин → метилацетиленид натрия → бутин-2 → метилэтилкетон.

Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия их протекания.

6. Химические свойства и способы получения циклоалканов

- Для малых циклов характерны реакции присоединения, для нормальных и больших — реакции замещения.
- Для циклических соединений при окислении характерно образование двухосновных кислот с тем же числом атомов углерода в молекуле.
- Для шестичленных циклов характерны реакции каталитического дегидрирования.

Упражнение 115. Химические превращения с участием циклоалканов.

251. Составьте уравнения реакций получения аренов из соответствующих циклопарафинов: этилбензол, м-диметилбензол, п-ксилол, симм.триэтилбензол.

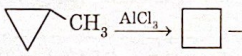
252. Составьте уравнения следующих реакций:

1) гидрохлорирование этилциклобутана;
2) нитрование циклогексана;
3) гидрирование 1,1-диметилциклопропана;
4) горение этилциклопентана;
5) изомеризация циклопентана;
6) дегидрирование метилциклогексана до толуола;
7) взаимодействие циклопентена с водородом (1 моль);
8) взаимодействие 1-бром, 4-метилциклогексана с раствором щёлочи: а) водным; б) спиртовым.

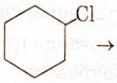
253. С помощью каких реакций можно осуществить превращения:

1) метилциклопропан → циклобутан;
2) циклогексан → циклогексен;
3) циклогексен → циклогексан;
4) хлорциклобутан → циклобутен.

254. С помощью каких реакций можно осуществить превращения:

1) 1,4-дибромбутан → циклобутан → н-бутан → уксусная кислота;
2) $H_3C{-}\underset{\underset{CH_2Br}{|}}{CH}{-}CH_2Br \xrightarrow{+Zn}$  $\xrightarrow{AlCl_3}$ $\xrightarrow{+H_2}$
   $\rightarrow CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$;
3) циклопропан → 1,3-дихлорпропан → циклопропан → → 1-хлорпропан → гексан;
4) циклогексан → циклогексен → 1,2-дибромциклогексан → 1,6-дибромгексан;
5) ацетилен → бензол → циклогексан → хлорциклогексан → циклогексен.

255. С помощью каких реакций можно осуществить превращения:

1) $OH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}OH \xrightarrow{+2HCl} X1 \xrightarrow{+Zn} X2 \xrightarrow{+Br_2} X3$;
2) $C_2H_2 \xrightarrow{C,\ акт.\ t} X1 \xrightarrow{+3H_2} X2 \xrightarrow{+HNO_3} X3$;
3) 1,3-дибромпропан $\xrightarrow{+Mg} X1 \xrightarrow{+HCl} X2 \xrightarrow{+KOH(спирт.)} X3$;
4) $CH_4 \xrightarrow{t} X1 \xrightarrow{C,\ акт} X2 \xrightarrow{+H_2} X3 \rightarrow$  $\rightarrow$
   $\rightarrow$ $\xrightarrow{+KMnO_4(H_2SO_4)} X4$.

7. Химические свойства и способы получения ароматических углеводородов

- Бензол устойчив к термическому воздействию, действию окислителей. Склонен к реакциям замещения. Реакции присоединения протекают с трудом.

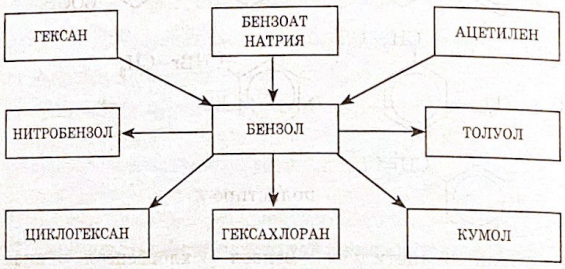
БЕНЗОЛ
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

РЕАКЦИИ ЗАМЕЩЕНИЯ	РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ	РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ
Нитрование	Гидрирование	Горение
Галогенирование	Хлорирование	Бензол + $KMnO_4$ ≠
Сульфирование		Толуол реагирует
Алкилирование		
Ацилирование		

- Арены проявляют как все свойства бензола, так и свойства алканов (реакции радикального замещения по боковой цепи).
- Ароматические углеводороды подвергаются действию сильных окислителей по боковой цепи, окисляясь до бензойной кислоты.

Упражнение 116. Химические превращения с участием ароматических углеводородов.

256. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия их протекания.

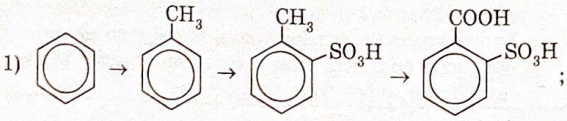
257. Какие вещества образуются при действии металлического натрия на смесь следующих галогенпроизводных? Составьте уравнения реакций:

1) бромбензол и бромистый изопропил;
2) п-бромтолуол и бромистый этил;
3) хлорбензол и хлористый этил;
4) бромбензол и циклогексилбромид.

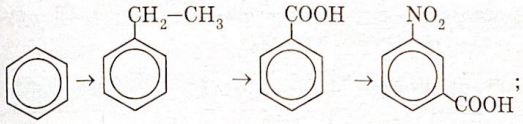
258. Составьте уравнения реакций алкилирования: 1) бензола, 2) кумола следующими веществами: этилхлорид, изобутилбромид, пропилен, пропилхлорид, бутен-1.

259. Составьте уравнения реакций гидрирования и окисления следующих ароматических соединений: о-ксилол, гексаметилбензол, винилбензол, третбутилбензол, аллилбензол.

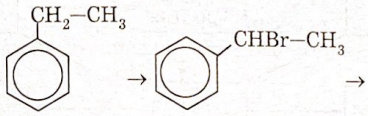
260. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

1) 

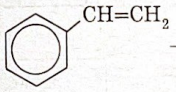
;

2) 

;

3) C_8H_{18} → 

→

→ 

→ полистирол;

4) метан → ацетилен → бензол → хлорбензол → дифенил;

5) 1,2-дибромэтан → этин → бензол → толуол → бромфенилметан → этилбензол → п-нитроэтилбензол;

6) пропен → 1,2-дибромпропан → пропин → 1,3,5-триметилбензол → углекислый газ.

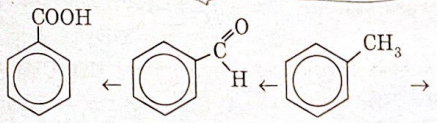
Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия их протекания.

261. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

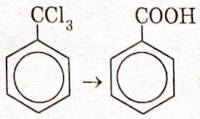
1) $C_2H_6 \xrightarrow{t,\ Ni} A \xrightarrow{+C_6H_6(AlCl_3)} Б \xrightarrow{t,\ Pt} В \xrightarrow{+Br_2(H_2O)} Г$;

2) $CH_3{-}CH_2{-}CH_2Br \rightarrow н\text{-}C_6H_{14} \xrightarrow{Cr_2O_3} C_6H_6 \xrightarrow{FeBr_3}$

$\rightarrow C_6H_5Br \rightarrow C_6H_5MgBr \rightarrow C_6H_5CH_2CH_2CH_3$;

3) 

→

→ 

;

4) этилбензол $\xrightarrow{t,\ k}$ X1 $\xrightarrow{+HBr}$ X2 $\xrightarrow{+KOH(спирт.)}$ X1 → бутадиен-стирольный каучук;

5) CH_3Cl → толуол $\xrightarrow{+KMnO_4,\ H_2O}$ X1 $\xrightarrow{+KOH,\ t}$ X2 $\xrightarrow{+3Cl_2,\ свет}$ → X3.

Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия их протекания.

8. Химические свойства и способы получения спиртов

СПИРТЫ ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

РЕАКЦИИ ЗАМЕЩЕНИЯ	РЕАКЦИИ ДЕГИДРАТАЦИИ	РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ
–H в группе OH–	Внутримолекулярная	Горение
группы OH–	Межмолекулярная	Окисление сильными окислителями
Сульфирование		

Упражнение 117. Химические превращения с участием спиртов.

262. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства предельных одноатомных спиртов:

1) $C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4,\ 170\ °C}$

2) $CH_3-C(=O)-OH$ + $+ HO-CH_2-CH_3 \rightarrow$

3) $C_2H_5OH + HBr \rightarrow$

4) $CH_3-CH_2OH + HONO_2 \rightarrow$

5) $C_2H_5OH + NH_3 \rightarrow$

6) $C_2H_5OH + Na \rightarrow$

7) $CH_3OH + CuO \xrightarrow{t}$

8) $C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4,\ 140\ °C}$

9) $CH_3-CH(OH)-CH_3 + NH_3 \rightarrow$

10) $CH_3-CH(OH)-CH_3 + CuO \xrightarrow{t}$

11) $C_2H_5OH \xrightarrow{Cu,\ 300\ °C}$?

12) $C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{Cu,\ 300\ °C}$

263. Составьте уравнения реакций, характеризующих способы получения предельных одноатомных спиртов:

1) $H_2C=CH-CH_3 + H_2O \rightarrow$

2) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{дрожжи}$

3) $CH_3-CH(Br)-CH_3 + NaOH \xrightarrow{H_2O}$

4) $CH_3-C(=O)-CH_3 + H_2 \xrightarrow[Ni]{p,\ t°}$

5) $CO + H_2 \xrightarrow{t,\ k}$

6) $CH_3-CH_2Br + NaOH \xrightarrow{H_2O}$

7) $CH_3-C(=O)-H + H_2 \xrightarrow[Ni]{p,\ t°}$

8) $CH_3-C(=O)-OCH_2CH_3 + H_2O \rightarrow$

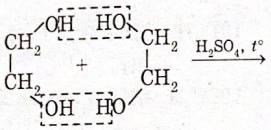
264. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства многоатомных спиртов:

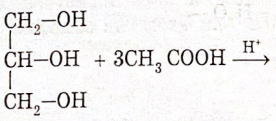
1) $CH_2(OH)-CH_2(OH) + HCl \rightarrow$

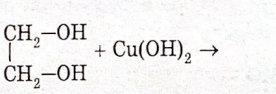
2) CH_2-OH / $CH-OH$ / CH_2-OH $+ Cu(OH)_2 \rightarrow$

3) CH_2-OH / $CH-OH$ / CH_2-OH $+ 3HNO_3 \rightarrow$

4) CH_2-OH / CH_2-OH $+ 2C_2H_5OH \rightarrow$

5) 

6) 

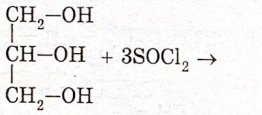
7) 

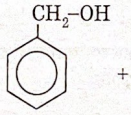
265. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства спиртов:

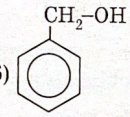
1) $CH_3{-}OH + SOCl_2 \rightarrow$

2) $CH_3CH_2OH + PCl_5 \rightarrow$

3) $CH_3CH_2OH + PCl_3 \rightarrow$

4) 

5)  $+ PCl_3 \rightarrow$

6)  $+ Na \rightarrow$

266. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства непредельных спиртов:

1) $CH_2{=}CH{-}CH_2OH + H_2 \rightarrow$

2) $CH_2{=}CH{-}CH_2OH + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$

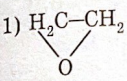
3) $CH_2{=}CH{-}CH_2OH + Na \rightarrow$

4) $CH_2{=}CH{-}CH_2OH + Br_2 \rightarrow$

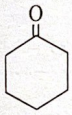
5) $CH_2{=}CH{-}CH_2OH + H_2O \rightarrow$

6) $CH_2{=}CH{-}CH_2OH + HCl \rightarrow$

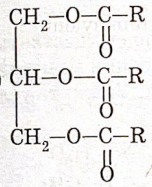
267. Составьте уравнения реакций, характеризующих способы получения спиртов:

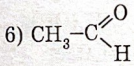
1) 

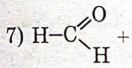
2)

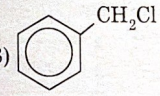
3)  $+ H_2 \rightarrow$

4) $CH_2{=}CH_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$

5) 

6)  $+ CH_3MgI + H_2O \rightarrow$

7)  $+ CH_3MgI + H_2O \rightarrow$

8)  $+ H_2O \rightarrow$

9) $CH_2{=}CH_2 + H_2O_2 \xrightarrow{K}$

10) $CH_3CH_2{-}NH_2 + HNO_2 \rightarrow$

268. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

1) $CH_3{-}\underset{OH}{CH}{-}CH_3 \rightarrow CH_3{-}\underset{Cl}{CH}{-}CH_3 \rightarrow CH_3{-}\underset{OH}{CH}{-}CH_3$;

2) $CH_3-C(OH)(CH_3)-CH_3 \rightarrow CH_2=C(CH_3)-CH_3 \rightarrow CH_3-C(OH)(CH_3)-CH_2(OH)$;

3) $CH_3CH_2OH \rightarrow C_2H_5-O-C_2H_5 \rightarrow C_2H_5I$;

4) $CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3-C(=O)-O-C_2H_5 \rightarrow CH_3CH_2OH$;

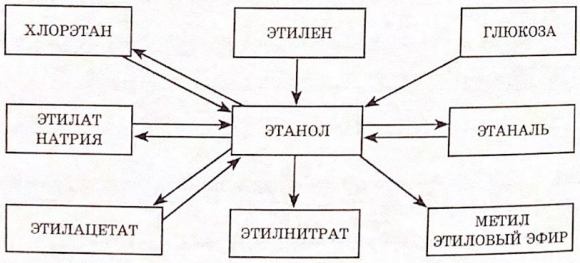
5) $CH_3-C(=O)H \rightarrow CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3CH_2O-NO_2$;

6) CH_2-CH_2 (O) $\rightarrow CH_2OH-CH_2OH \rightarrow CH_2-ONa-CH_2-OH$.

269. С помощью каких реактивов можно осуществить следующие превращения? Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия протекания реакций.

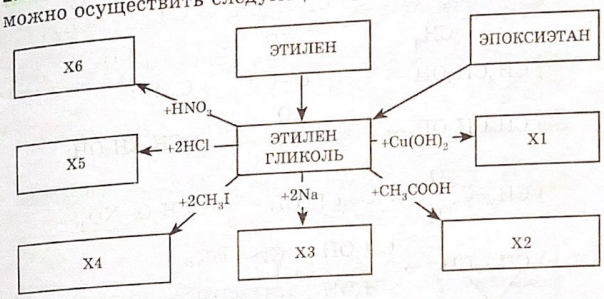
1) $C_2H_6O \rightarrow C_2H_4$
2) $C_2H_6O \rightarrow C_2H_4O$
3) $C_3H_8O \rightarrow C_3H_6O$
4) $CH_4O \rightarrow C_2H_6O$
5) $C_4H_{10}O \rightarrow C_4H_9Cl$
6) $C_3H_6O_2 \rightarrow C_2H_6O$
7) $C_3H_6 \rightarrow C_3H_6(OH)_2$
8) $C_2H_4Cl_2 \rightarrow C_2H_4(OH)_2$
9) $C_2H_6O \rightarrow C_2H_5ONa$
10) $C_3H_8O_3 \rightarrow C_3H_5O_3Na_3$

270. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Используйте структурные формулы веществ.

271. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Используйте структурные формулы веществ.

272. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) пропан → 2-хлорпропан → пропен → 2-бромпропан → → пропанол-2 → изопропиловый эфир уксусной кислоты;
2) пропанол-1 → пропен → пропин → ацетон → пропанол-2 → пропанон;
3) пропен → 3-хлорпропен → 1,2,3-трихлорпропан → → глицерин → динитрат глицерина;
4) бутанон → бутанол-2 → бутен-2 → бутандиол-2,3 → → сложный эфир бутандиола и уксусной кислоты.

273. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

1) $C_3H_6 \xrightarrow{+Cl_2\ (500°)} X1 \xrightarrow{+NaOH(H_2O)} X2 \xrightarrow{+Cl_2} X3 \xrightarrow{+2NaOH(H_2O)} X4 \xrightarrow{+Cu(OH)_2} X5$;

2) $X2 \longleftarrow X3 \xleftarrow{+2HBr} X2 \xleftarrow{+KMnO_4(H_2O)} X1 \xleftarrow{H_2SO_4(к),\ 180\ °C}$ ← пропанол-1 $\xrightarrow{H_2SO_4(к),\ 120\ °C} X4$;

3) X1 $\xrightarrow{Cu,\ t}$ ацетон $\xrightarrow{+H_2}$ X1 $\xrightarrow{H_2SO_4(к),\ 180\ °C}$ X2 $\xrightarrow{+H_2O}$ → X1 $\xrightarrow{+KMnO_4,\ H_2SO_4}$ пропанон;

4) бензол $\xrightarrow{+CH_3Cl}$ X1 $\xrightarrow{+Cl_2\ (h\nu)}$ X2 $\xrightarrow{+NaOH(H_2O)}$ X3 $\xrightarrow{+CH_3COOH}$ → X4;

5) пропилат натрия $\xrightarrow{+H_2O}$ X1 $\xrightarrow{H_2SO_4,\ 180\ °C}$ → X2 $\xrightarrow{+Cl_2,\ 500\ °C}$ X3 → пропен-2-ол-1 → щавелевая кислота.

9. Химические свойства и способы получения фенолов

Фенол — слабая кислота.

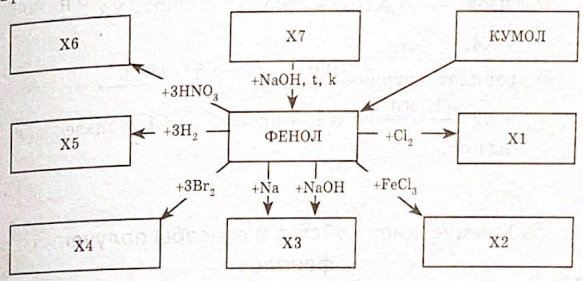
Химические свойства связаны с наличием гидроксильной группы и бензольного кольца.

ФЕНОЛ ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

РЕАКЦИИ ПО ГРУППЕ ОН–	РЕАКЦИИ ПО БЕНЗОЛЬНОМУ КОЛЬЦУ
С активными металлами	Галогенирование
Со щелочами	Нитрование
	Сульфирование
	Алкилирование
	Карбоксилирование
	Конденсация
	Гидрирование

Упражнение 118. Химические превращения с участием фенолов.

274. С помощью каких реакций можно осуществить превращения:



Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия их протекания.

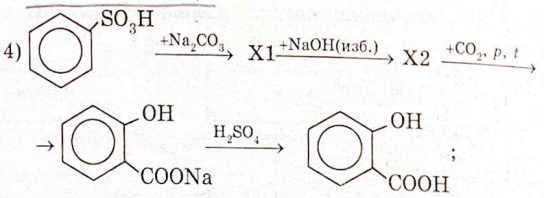
275. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

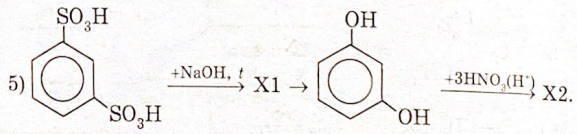
1) ацетилен → бензол → изопропилбензол → фенол → фенолят натрия → метилфениловый эфир;
2) бензол → сульфобензол → натриевая соль бензолсульфокислоты → фенол → фенолят калия → фенол → пикриновая кислота;
3) фенолят натрия → фенол → циклогексанол → циклогексен → циклогексан;
4) циклогексан → бензол → хлорбензол → фенолят натрия → фенилацетат;
5) фенол → 2-метилфенол → 2-метилфенолят натрия → → 2-метилфенол → 3,5-дибром-2-метилфенол.

276. С помощью каких реакций можно осуществить превращения:

1) бензоат калия $\xrightarrow{+\ KOH\ тв.}$ X1 $\xrightarrow{+CH_2=CH-CH_3}$ X2 → → фенол $\xrightarrow{+NaOH}$ X3 → фенилпропионат;
2) бензол $\xrightarrow{+C_2H_4(H^+)}$ X1 $\xrightarrow{+Cl_2(FeCl_3)}$ X2 $\xrightarrow{+NaOH(изб.)}$ → X3 $\xrightarrow{+HCl}$ X4;

3) бензол $\xrightarrow{+CH_3Cl}$ X1 → п-хлортолуол $\xrightarrow{+NaOH(изб.)}$ → X2 $\xrightarrow{+CH_3Cl}$ X3;

4) 

5) 

277. Составьте цепочку химических превращений, с помощью которых можно осуществить синтез по схеме:

1) углерод → ФФС;
2) ацетат натрия → пикриновая кислота;
3) 1-хлорпропан → п-крезол;
4) бензол → 2-метилциклогексанол.

10. Химические свойства и способы получения альдегидов и кетонов

АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ	РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ	РЕАКЦИИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ	РЕАКЦИИ ПОЛИКОНДЕНСАЦИИ	РЕАКЦИИ ЗАМЕЩЕНИЯ ПО УВ РАДИКАЛУ
H_2	Горение	Линейная		
HCN	Окисление сильными окислителями	Циклическая		
$NaHSO_3$				
R–OH				

Упражнение 119. Химические превращения с участием альдегидов и кетонов.

278. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства альдегидов и кетонов:

1) $CH_3-C(=O)H + H_2 \xrightarrow{t,\ кат.}$

2) $CH_3-\overset{\delta+}{C}(=\overset{\delta-}{O})H + H^+CN^- \rightarrow$

3) $CH_3-\overset{\delta+}{C}(=\overset{\delta-}{O})CH_3 + H-C\equiv N \rightarrow$

4) $CH_3-CH_2-C(=O)H + Br_2 \xrightarrow{УФ}$

5) $CH_3-C(=O)H + Ag_2O \xrightarrow{NH_3,\ t}$

6) $CH_3-C(=O)H + Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$

7) $CH_3-C(=O)-CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni}$

8) $CH_3-C(=O)H + NaHSO_3 \rightarrow$

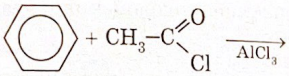
9) $CH_3-C(=O)H + 3Cl_2 \rightarrow$

10) $nCH_2=O \xrightarrow{H_2O}$

11) $H-C(=O)H + Ag_2O \xrightarrow{NH_3,\ t}$

279. Составьте уравнения реакций, характеризующих способы получения альдегидов и кетонов:

1) $HC\equiv CH + H_2O \rightarrow$
2) $CH_3CH_2CHCl_2 + NaOH \rightarrow$

3) 

4) $CH_4 + O_2 \xrightarrow{t,\ Ag}$

5) $CH_3-C(Cl)_2-CH_3 + 2NaOH \xrightarrow{H_2O}$

6) $CH_2=CH_2 + O_2 \xrightarrow{t,\ Pd^{2+}}$

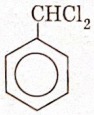
7) $C_2H_5OH \xrightarrow{t,\ Cu}$

8) $CH_3-C\equiv CH + H_2O \rightarrow$

9) $CH_3OH + CuO \rightarrow$

10) $CH_3-CH(OH)-CH_3 + CuO \rightarrow$

11) $CH_3OH + O_2 \xrightarrow{t,\ k}$

12)  $+ H_2O \xrightarrow[Fe]{100\ °C}$

13) $(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{t}$

14) $(CH_3CH_2COO)_2Ca \xrightarrow{t}$

280. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства альдегидов и кетонов:

1) $CH_3-C(=O)-H + PCl_5 \rightarrow$

2) $H_3C-C(=O)-CH_2-CH_3 + PCl_5 \rightarrow$

3) $H-C(=O)-H + HOH \rightarrow$

4) $Cl-C(Cl)_2-C(=O)-H + HOH \rightarrow$

5) $CH_3-C(=O)-H + C_2H_5OH \rightarrow$

6) $CH_3-\overset{\delta+}{C}(=\overset{\delta-}{O})-H + \overset{\delta-}{CH_3}\overset{\delta+}{Mg}Br + H_2O \rightarrow$

7) $CH_3-\overset{\delta+}{C}(=\overset{\delta-}{O})-CH_3 + \overset{\delta-}{CH_3}\overset{\delta+}{Mg}Br + H_2O \rightarrow$

8) $H-C(=O)-H + CH_3MgBr + H_2O \rightarrow$

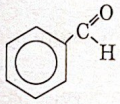
9) $CH_3-C(=O)-H + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow$

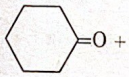
10) $CH_2=CH-C(=O)-H + Cu(OH)_2 \rightarrow$

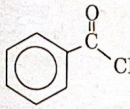
11) $\overset{\delta+}{CH_2}=CH-C(=\overset{\delta-}{O})-H + \overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{Br} \rightarrow$

12) $CH_2=CH-C(=O)-H + HCN \rightarrow$

13) $CH_2=CH-C(=O)-H + Cl_2 \xrightarrow{CCl_4}$

14)  $+ HNO_3 \rightarrow$

15)  $+ Br_2 \xrightarrow{h\nu}$

16)  $+ Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$

281. Составьте следующие уравнения реакций:

1) окисление 2-метилбутанола-1 оксидом меди (II);
2) восстановление 2-метилпентанона-3;
3) взаимодействие хлорида фосфора (V) с метилэтилкетоном;
4) получение цианопроизводного бутаналя;
5) присоединение гидросульфита натрия к формальдегиду.

282. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) $CH_3-C(=O)H \rightarrow CH_3-CH_2-OH \rightarrow CH_3-C(=O)H$

2) $CH_3-C(=O)-CH_3 \rightarrow CH_3-CH(OH)-CH_3 \rightarrow CH_3-C(=O)-CH_3$

3) $CH_3-CH_2-CHCl_2 \rightarrow CH_3CH_2-C(=O)H \rightarrow CH_3-CH_2-C(=O)OH$

4) $CH_3-CCl_2-CH_3 \rightarrow CH_3-C(=O)-CH_3 \rightarrow CH_3-CH(OH)-CH_3$

5) $CH_3-CH(Br)-CH_3 \rightarrow X1 \rightarrow CH_3-C(=O)-CH_3$

6) $CH_4 \rightarrow X2 \rightarrow CH_3-C(=O)H$

7) $CH_3CH_2Cl \rightarrow X_3 \rightarrow CH_3-C(=O)H$

283. С помощью каких реактивов можно осуществить следующие превращения:

1) 1,2-дихлорпропан → пропин → ацетон → пропанол-2;
2) метаналь → метанол → формальдегид → фенолоформальдегидная смола;
3) пропанол-1 → пропаналь → 2-хлорпропаналь → пропен-2-аль;
4) хлорфенилметан → бензиловый спирт → бензальдегид → бензойная кислота.

284. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения в одну стадию? Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия протекания реакций:

1) $C_2H_4O \rightarrow C_2H_4O_2$
2) $C_3H_6Cl_2 \rightarrow C_3H_6O$
3) $C_4H_8O \rightarrow C_4H_{10}O$
4) $C_3H_6O \rightarrow C_3H_9NO_2$
5) $C_2H_4O \rightarrow C_3H_5NO$
6) $C_7H_6O \rightarrow C_7H_8O$

285. С помощью каких реагентов можно осуществить превращения:

1) пропин → X1 → пропанон;
2) 2-бромпропан → X2 → ацетон;
3) хлорэтан → X3 → этаналь;
4) метан → X4 → уксусный альдегид;
5) уксусная кислота → X5 → диметилкетон.

Используйте структурные формулы веществ, укажите условия протекания реакций.

286. Предложите схему осуществления превращений, составьте необходимые уравнения реакций:

1) бутанол-1 → бутанон;
2) этин → бутанон;
3) пропандиол-1,2 → → пропанон;
4) этан → этаналь;
5) пропаналь → ацетон.

287. С помощью каких реактивов можно осуществить следующие превращения? Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия протекания реакций:

1) пропаналь $\xrightarrow{+KMnO_4\,(H_2O)}$ X1 $\xrightarrow{+KOH,\ t}$ X2 $\xrightarrow{t,\ Ni}$ → X3 $\xrightarrow{+O_2(Pd^{2+})}$ X4;

2) 3-метилбутин-1 $\xrightarrow{+H_2O}$ X1 $\xrightarrow{+H_2}$ → X2 $\xrightarrow{H_2SO_4(к),\ 180\ °C}$ X3 $\xrightarrow{+KMnO_4,\ H_2SO_4}$ → пропанон $\xrightarrow{+HCN}$ X4;

3) $C_2H_6 \xrightarrow{+Cl_2\ (h\nu)} X1 \xrightarrow{+NaOH\ (H_2O)} X2 \xrightarrow{+K_2Cr_2O_7,\ H_2SO_4}$
$\rightarrow X3 \rightarrow X2 \xrightarrow[-H_2,\ H_2O]{} X4$;

4) $C_2H_5OH \xrightarrow{+NH_3(изб.)} X1 \xrightarrow{+HNO_2} X2 \xrightarrow{+CuO,\ t}$
$\rightarrow X3 \xrightarrow{+KMnO_4,\ H_2O} X4$;

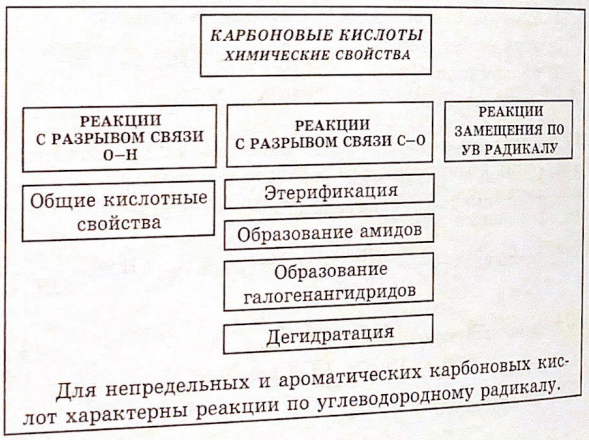
5) метилпропан $\xrightarrow{+Cl_2\ (h\nu)} X1 \xrightarrow{+NaOH(спирт.)}$
$\rightarrow X2 \xrightarrow{+KMnO_4,\ H_2SO_4} X3 \rightarrow$ пропанол-2 $\rightarrow X3$;

6) этин $\xrightarrow{+H_2O} X1 \xrightarrow{+[Ag(NH_3)_2]OH} X2 \xrightarrow{+NaOH} X3 \rightarrow$
$\rightarrow CH_4 \rightarrow$ метаналь;

7) пропин $\xrightarrow{+[Cu(NH_3)_2]Cl} X1 \xrightarrow{+HCl}$ пропин $\xrightarrow{+H_2O}$
$\rightarrow X2 \xrightarrow{+C_2H_5MgI} X3 \xrightarrow{+H_2O} X4$;

8) 1-хлорпропан $\xrightarrow{+Cl_2\ (h\nu)} X1 \xrightarrow{+NaOH\ (H_2O)}$
$\rightarrow X2 \xrightarrow{+Cu(OH)_2,\ t} X3 \xrightarrow{+H_2} X2 \xrightarrow{+NaHSO_3} X4$.

11. Химические свойства и способы получения карбоновых кислот



Для непредельных и ароматических карбоновых кислот характерны реакции по углеводородному радикалу.

Упражнение 120. Химические превращения с участием карбоновых кислот.

288. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства предельных одноосновных карбоновых кислот. Для уравнений, протекающих в растворе, составьте сокращённые ионно-молекулярные уравнения:

1) $C_2H_5COOH + K \rightarrow$
2) $CH_3COOH + Na_2CO_3 \rightarrow$
3) $CH_3COOH + Cu(OH)_2 \rightarrow$
4) $CH_3COOH + NaOH \rightarrow$
5) $CH_3COOH + Br_2 \xrightarrow{Pкр.}$
6) $C_3H_7COOH + Cl_2 \xrightarrow{Pкр.}$
7) $CH_3COOH + CaO \rightarrow$
8) $CH_3COOH \xrightarrow{H_2O}$
9) $CH_3COOH + NH_3 \rightarrow$
10) $CH_3COOH + Na_2S \rightarrow$
11) $C_3H_7COOH + O_2 \rightarrow$
12) $C_3H_7COOH + CH_3OH \rightarrow$

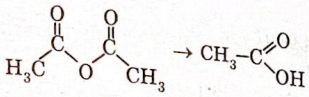
289. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства и способы получения муравьиной кислоты:

1) $HCOOH \xrightarrow{H_2O}$
2) $HCOOH + Mg \rightarrow$
3) $HCOOH \xrightarrow{H_2SO_4(к)}$
4) $HCOOH + Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$
5) $HCOOH + C_2H_5OH \rightarrow$
6) $HCOOH + NaHCO_3 \rightarrow$
7) $HCOOH + NH_3 \rightarrow$
8) $HCOOH + Ag_2O \xrightarrow{NH_3,\ t}$
9) $CH_4 + O_2 \xrightarrow{кат.,\ t}$
10) $HCOONa + HCl \rightarrow$
11) $HCN + 2H_2O \rightarrow$
12) $H_2C_2O_4 \xrightarrow{170\ °C,\ глицерин}$

290. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) $CH_3-CH_2-C(=O)OH \rightarrow CH_3-CH_2-C(=O)H \rightarrow CH_3-CH_2-C(=O)OH$

2) $CH_3-CH_2-C(=O)OH \rightarrow H_3C-CH(Cl)-C(=O)OH \rightarrow$
$\rightarrow CH_3-CH(Cl)-C(=O)O-C_2H_5$

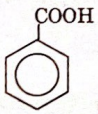
3) $CH_3-C(=O)OH \rightarrow$  $\rightarrow CH_3-C(=O)OH$

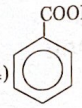
4) $CH_3-CHCl_2 \rightarrow CH_3-C(=O)H \rightarrow CH_3-C(=O)OH$

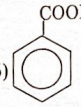
5) $CH_4 \rightarrow H-C(=O)OH \rightarrow HCOONa \rightarrow H-C(=O)OH$

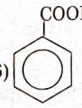
6) $CH_3-CCl_3 \rightarrow CH_3-C(=O)OH \rightarrow CH_3-C(=O)NH_2$

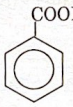
291. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства непредельных и ароматических карбоновых кислот:

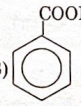
1) $CH_2=CH-COOH + H_2 \rightarrow$
2) $CH_3-CH=CH-COOH + H_2O \rightarrow$
3) $CH_2=CH-COOH + Br_2 \rightarrow$
4) $nCH_2=CH-COOH \rightarrow$
5) $CH_2=CH-COOH + HBr \rightarrow$
6) $CH_2=CH-COOH + H_2O \rightarrow$
7) $HOOC-CH=CH-COOH + H_2O \xrightarrow{H^+}$
8) $HOOC-CH=CH-COOH + Br_2 \rightarrow$
9) $CH_2=CHCOOH + CH_3OH \rightarrow$
10) $nCH_2=C(CH_3)-COOH \rightarrow$
11) $HOOC-CH=CH-COOH + H_2 \rightarrow$
12) $CH_2=CH-COOH + KOH \rightarrow$
13)  $+ C_2H_5OH \xrightleftharpoons{H^-}$

14)  $+ PCl_5 \rightarrow$

15)  $+ 3H_2 \xrightarrow{t,\ k}$

16)  $+ Br_2 \xrightarrow{t,\ k}$

17)  $+ HNO_3 \xrightarrow{t,\ H^+}$

18)  $\xrightarrow{t = 350^\circ}$

292. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства предельных многоосновных карбоновых кислот:

А) Общие кислотные свойства:

1) $COOH-COOH + NaOH \rightarrow$
2) $COOH-COOH + 2NaOH \rightarrow$
3) $COOH-COOH + CH_3OH \rightarrow$
4) $COOH-COOH + 2CH_3OH \rightarrow$

Б) Декарбоксилирование:

1) $COOH-COOH \xrightarrow{170^\circ}$
2) $H_2C(COOH)_2 \xrightarrow{140^\circ}$

В) Дегидратация:

1) $\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix} \xrightarrow{H_2SO_4,\ t}$

2) $H_2C\begin{matrix}CH_2-COOH\\CH_2-COOH\end{matrix} \xrightarrow{P_2O_5,\ t}$

3) $\begin{matrix}CH_2-COOH\\|\\CH_2-COOH\end{matrix} \xrightarrow{P_2O_5,\ t}$

293. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства гидроксикарбоновых кислот:

1) $\begin{matrix}CH_2-COOH\\|\\OH\end{matrix} + NaOH \rightarrow$

2) $\begin{matrix}CH_2-COOH\\|\\OH\end{matrix} + 2Na \rightarrow$

3) $\begin{matrix}CH_2-COOH\\|\\OH\end{matrix} + HBr \rightarrow$

4) $\begin{matrix}CH_2-COOH\\|\\OH\end{matrix} + 2PCl_5 \rightarrow$

5) $\begin{matrix}CH_2-COOH\\|\\OH\end{matrix} + CH_3OH \xrightarrow{H^+}$

6) $\begin{matrix}CH_2-COOH\\|\\OH\end{matrix} + 2CH_3OH \xrightarrow{H^+}$

7) $CH_3-\underset{OH}{CH}-\underset{H}{CH}-C\begin{matrix}O\\OH\end{matrix} \xrightarrow{H^+}$

8) $\begin{matrix}CH_2-COOH\\|\\OH\end{matrix} + KHCO_3 \rightarrow$

294. Составьте уравнения реакций, характеризующих способы получения карбоновых кислот:

1) $CH_3(CH_2)_2CH_3 + O_2 \xrightarrow{кат.}$

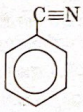
2) $CH_3COONa + H_2SO_4(к) \rightarrow$

3) $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_2H_5 + H_2O \rightarrow$

4) $H_3C-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix} \xrightarrow{[O]}$

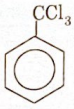
5) $CH_3CHO + O_2 \xrightarrow{t,\ k}$

6) $C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{ферменты}$

7) 

$+ 2H_2O \xrightarrow{H^+}$

8) $H_3C-\overset{Br}{\underset{Br}{C}}-Br + H_2O \rightarrow$

9) 

$+ H_2O \xrightarrow{t,\ k}$

10) $(CH_3CO)_2O + H_2O \rightarrow$

11) $H_3C-C\equiv N + 2H_2O \rightarrow$

12) $CH_3-CH_2-OH + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$

13) $H_3C-C\begin{matrix}O\\Cl\end{matrix} + NaOH \rightarrow$

14) $CH_3OH + CO \xrightarrow{t,\ k}$

15)

$+ K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \xrightarrow{t}$

16) $CH_3-CH(OH)-CN + H_2O + HCl \rightarrow$

17) $CH_2=CH-CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$

18) $CH_3-MgBr + CO_2 + H_2O \rightarrow$

19) $HOOC-\underset{Br}{CH}-CH_2-COOH + 3NaOH \xrightarrow{спирт}$

295. С помощью каких реактивов можно осуществить следующие превращения:

1) уксусная кислота → ацетат натрия → метан → → метаналь → метанол → муравьиная кислота;
2) этан → бромэтан → этанол → этаналь → → ацетат аммония → этановая кислота → ацетат бария → ацетон;
3) ацетат калия → метан → хлорметан → метилцианид → уксусная кислота → уксусный ангидрид → уксусная кислота → водород;
4) карбид алюминия → метан→ угарный газ → формиат натрия → муравьиная кислота → карбонат калия → пропионат калия;
5) парафин ($C_{36}H_{74}$) → стеариновая кислота → стеарат натрия → стеариновая кислота.

296. С помощью каких реакций можно осуществить превращения:

1) $CH_3CH_2Cl \xrightarrow{+Na,\ t} X1 \rightarrow CH_3COOH \xrightarrow{+Na} X2 \xrightarrow{+NaOH,\ t} \rightarrow X3 \rightarrow CO \xrightarrow{+NaOH,\ t,\ p} X4 \rightarrow HCOOH$;

2) $CH_3{-}CCl_2{-}CH_3 \xrightarrow{+NaOH,\ H_2O} X1 \xrightarrow{+HCN} X2 \xrightarrow{+H_2O(H^+)}$
$\rightarrow X3 \xrightarrow{H_2SO_4,\ 170\ ^\circ C} X4 \xrightarrow{+C_2H_5OH} X5;$

3) $CH_3{-}CHBr{-}CH_3 \xrightarrow{+KCN} X1 \xrightarrow{+H_2O(H^+)} X2 \xrightarrow{+PCl_5}$
$\rightarrow X3 \xrightarrow{+CH_3COONa} X4 \rightarrow X2;$

4) $C_7H_6O_2 \longleftarrow X4 \xleftarrow{+CH_3COCl} X3 \xleftarrow{+NaOH} C_6H_5COOH \rightarrow$
$\xrightarrow{+HNO_3} X1 \xrightarrow{+Br_2(Fe)} X2;$

5) $CH_4 \xrightarrow{t} C_2H_2 \xrightarrow{+KMnO_4,\ H_2O} X2 \xrightarrow{+HCl} X3 \rightarrow$
$\rightarrow HCOOH \xrightarrow{+C_2H_5OH} X4.$

12. Химические свойства и способы получения функциональных производных карбоновых кислот

Упражнение 121. Химические превращения с участием сложных эфиров.

СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА		
Гидролиз	Переэтерификация	Образование амидов
Кислотный		
Щелочной		
Ферментативный		

Для ненасыщенных жиров (сложных эфиров) харктерны реакции присоединения.

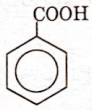
297. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства и способы получения сложных эфиров карбоновых кислот:

1) $CH_3{-}C(=O){-}O{-}C_2H_5 + 2H_2O \overset{H^-}{\rightleftarrows}$ 2) $CH_3{-}C(=O){-}OC_2H_5 + NaOH \rightarrow$

3) $CH_2{=}CH{-}C(=O){-}OC_2H_5 + Br_2 \rightarrow$ 4) $C_2H_5OH + H_3C{-}C(=O){-}OH \rightarrow$

5) $CH_3COONa + C_2H_5Cl \rightarrow$ 6) $CH_3{-}C(=O){-}Cl + C_2H_5ONa \rightarrow$

7) $C_2H_5OH + (H_3C{-}C(=O))_2O \rightarrow$ 8) $C_2H_5OH + H_3C{-}C(=O){-}Cl \rightarrow$

9) 

$+ CH_3OH \rightarrow$

298. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства и способы получения жиров.

1) $\begin{matrix} CH_2{-}OH \\ | \\ CH{-}OH \\ | \\ CH_2{-}OH \end{matrix} + \begin{matrix} HO{-}CO{-}C_{17}H_{35} \\ HO{-}CO{-}C_{17}H_{35} \\ HO{-}CO{-}C_{17}H_{35} \end{matrix} \rightarrow$

2) $\begin{matrix} CH_2{-}OH \\ | \\ CH{-}OH \\ | \\ CH_2{-}OH \end{matrix} + 3C_{15}H_{31}COOH \rightarrow$

3) $\begin{matrix} CH_2{-}OH \\ | \\ CH{-}OH \\ | \\ CH_2{-}OH \end{matrix} + \begin{matrix} C_{17}H_{33}COOH \\ C_3H_7COOH \\ C_{17}H_{35}COOH \end{matrix} \rightarrow$

4) $\begin{matrix} H_2C{-}ONa \\ | \\ HC{-}ONa \\ | \\ H_2C{-}ONa \end{matrix} + \begin{matrix} Cl{-}C(=O){-}(CH_2)_{14}{-}CH_3 \\ Cl{-}C(=O){-}(CH_2)_{14}{-}CH_3 \\ Cl{-}C(=O){-}(CH_2)_{14}{-}CH_3 \end{matrix} \rightarrow$

5) $\begin{matrix} CH_2{-}O{-}C(=O){-}C_{17}H_{33} \\ | \\ CH{-}O{-}C(=O){-}C_{17}H_{33} \\ | \\ CH_2{-}O{-}C(=O){-}C_{17}H_{33} \end{matrix} + 3H_2 \xrightarrow{Ni,\ t^\circ}$

6) $\begin{array}{l} CH_2-O-CO-C_{17}H_{33} \\ CH-O-CO-C_{17}H_{31} \\ CH_2-O-CO-C_{15}H_{31} \end{array} + 2H_2 \longrightarrow$

7) $\begin{array}{l} CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-CH_3 \\ CH-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-CH_3 \\ CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-CH_3 \end{array} + 3Br_2 \longrightarrow$

8) $\begin{array}{l} CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_{17}H_{35} \\ CH-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_{17}H_{35} \\ CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_{17}H_{35} \end{array} + 3NaOH \longrightarrow$

9) $\begin{array}{l} CH_2-O-COC_{17}H_{35} \\ CH-O-COC_{17}H_{33} \\ CH_2-O-COC_{17}H_{31} \end{array} + 3NaOH \longrightarrow$

10) $\begin{array}{l} CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_{17}H_{35} \\ CH-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_{17}H_{35} \\ CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_{17}H_{35} \end{array} + 3H_2O \xrightleftharpoons{H^+,\ t}$

299. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства сложных эфиров карбоновых и минеральных кислот:

1) $CH_3-C(=O)-OCH_3 + C_2H_5OH \xrightleftharpoons{NaOH}$

2) $n\ CH_2=CH(COOCH_3) \rightarrow$

3) $CH_3-C(=O)-O-CH_3 + CH_3CH_2CH_2CH_2OH \xrightleftharpoons{H^+}$

4) $n\ CH_2=C(CH_3)(COOCH_3) \rightarrow$

5) $CH_3-C(=O)-O-CH_2-CH_2-CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni}$

6) $H_3C-C(=O)-OCH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni}$

7) $CH_3-C(=O)-OC_2H_5 + NH_3 \rightarrow$

8) $\begin{array}{l} CH_2-OH \\ CH-OH \\ CH_2-OH \end{array} + 2HO-NO_2 \xrightarrow{H_2SO_4}$

9) $\begin{array}{l} CH_2-CH-CH_2 \\ OH\ \ OH\ \ OH \end{array} + 3HNO_3 \rightarrow$

10) $\begin{array}{l} CH_2-CH-CH_2 \\ ONO_2\ \ ONO_2\ \ ONO_2 \end{array} + 3H_2O \rightarrow$

11) $C_2H_5OH + HNO_3 \rightarrow$

12) $C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightarrow$

300. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) $CH_3-CH_2-C(=O)-O-CH_2-CH_3 \rightarrow CH_3CH_2COOH \rightarrow$
$\rightarrow C_2H_5-C(=O)-O-CH_3$

2) $H_3C-C(=O)-Cl \rightarrow CH_3-C(=O)-OC_2H_5 \rightarrow C_2H_5OH$

3) $(H_3C-C(=O))_2O \rightarrow CH_3-C(=O)-OC_2H_5 \rightarrow CH_3-C(=O)-O-CH(CH_3)-CH_3$

301. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) $C_4H_{10} \rightarrow C_2H_4O_2 \rightarrow C_3H_6O_2 \rightarrow C_2H_3O_2Na \rightarrow CH_4$
2) этилформиат → этанол →этилен → этиленгликоль → диацетат этиленгликоля.
3) глицерин → тристеарин → стеарат натрия → стеариновая кислота → диоксид углерода.
4) олеиновая кислота → триолеин → тристеарин → → глицерин → тринитроглицерин.

Упражнение 122. Химические превращения с участием ангидридов и галогенангидридов карбоновых кислот

Химические свойства ангидридов и галогенангидридов карбоновых кислот

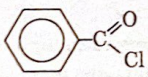
АНГИДРИДЫ И ГАЛОГЕНАНГИДРИДЫ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

- ГИДРОЛИЗ
- + АММИАК
- + СПИРТЫ
- + РЕАКТИВ ГРИНЬЯРА
- + СОЛИ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

- При взаимодействии галогенангидридов с реактивом Гриньяра вначале образуются кетоны, а затем при избытке реактива — третичные спирты.
- Галогенангидриды получают из кислот обработкой хлоридами фосфора, фосгеном, оксохлоридом серы.
- Ангидриды –продукты межмолекулярной дегидратации карбоновых кислот.

302. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства и способы получения ангидридов и галогенангидридов карбоновых кислот:

1) $CH_3-C(=O)-Cl + H_2O \rightarrow$

2)  $+ H_2O \rightarrow$

3) $CH_3-C(=O)-Cl + C_2H_5OH \rightarrow$

4) $CH_3C(=O)-Cl + NaO-C(=O)-CH_3 \rightarrow$

5) $CH_3-C(=O)-Cl + NH_3 \rightarrow$

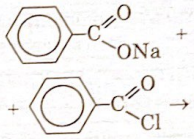
6) $CH_3COOH + PCl_5 \rightarrow$

7) $CH_3COOH + SOCl_2 \rightarrow$

8) $(CH_3-C(=O))_2O + H_2O \rightarrow$

9) $(CH_3-C(=O))_2O + C_2H_5OH \rightarrow$

10) $CH_3-C(=O)-Cl + CH_3MgCl \rightarrow$

11) 

12) $CH_3COOH + PCl_3 \rightarrow$

13) $C_2H_5COOH + SOCl_2 \rightarrow$

14) $(H_3C)_2CH-C(=O)-OH + PCl_3 \rightarrow$

15) $(CH_3-C(=O))_2O + NH_3 \rightarrow$

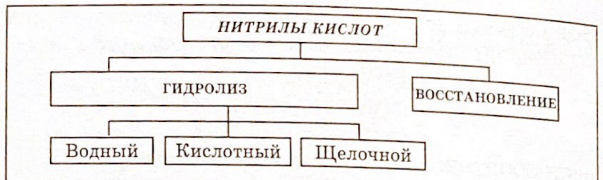
Упражнение 123. Химические превращения с участием амидов и нитрилов карбоновых кислот.

Амиды — нейтральные вещества. Они проявляют амфотерный характер.

АМИДЫ КИСЛОТ

- ГИДРОЛИЗ
  - Водный
  - Кислотный
  - Щелочной
- ДЕГИДРАТАЦИЯ
- ВОССТАНОВЛЕНИЕ
- HNO_2

- При обработке аммиаком карбоновые кислоты образуют соли аммония, которые при нагревании отщепляют молекулу воды и превращаются в амиды.
- При кипячении с минеральными кислотами или со щелочами амиды, как и нитрилы, гидролизуются до карбоновых кислот или их солей.



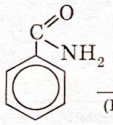
- Нитрилы получают из галогеноалканов и цианидов металлов.

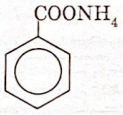
303. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства и способы получения амидов и нитрилов:

1) $CH_3-C(=O)Cl + NH_3 \rightarrow$

2) $NH_3 + (CH_3CO)_2O \rightarrow$

3) $CH_3-C\equiv N + H_2O + HCl \rightarrow$

4)  $\xrightarrow[(P_2O_5)]{t}$

5)  $\xrightarrow{t}$

6) $CH_3-C(=O)NH_2 + NaOH \rightarrow$

7) $CH_3-C\equiv N + H_2O + NaOH \rightarrow$

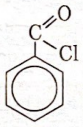
8) $CH_3-C(=O)OC_2H_5 + NH_3 \rightarrow$

9) $CH_3-C(=O)NH_2 + H_2O + HCl \rightarrow$

10) $CH_3Cl + NaCN \rightarrow$

11) $CH_3-C\equiv N + H_2 \xrightarrow{кат}$

12) $CH_3-C(=O)NH_2 + H_2 \rightarrow$

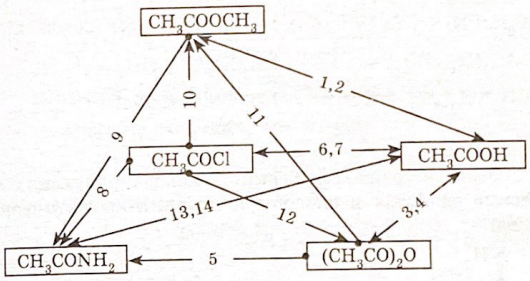
13)  $+ NH_3 \rightarrow$

14) $CH_3-C(=O)NH_2 + H_2O \rightarrow$

15) $CH_3-C\equiv N + H_2O \rightarrow$

16) $CH_3-C(=O)NH_2 + HNO_2 \rightarrow$

304. Составьте уравнения важнейших реакций функциональных производных карбоновых кислот:



13. Химические свойства и способы получения аминов

- Алифатические амины — сильные органические основания. По химическим свойствам амины похожи на аммиак.
- За счёт неподеленной пары электронов атома азота амины алкилируются галогеналканами.
- Реакция с азотистой кислотой — характерная качественная реакция на первичные амины.
- У анилина слабые основные свойства. Помимо реакций по аминогруппе характерны реакции замещения по бензольному кольцу.

Упражнение 124. Химические превращения с участием аминов.

305. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства и способы получения алифатических аминов:

1) $2CH_3NH_2 + H_2SO_4 \rightarrow$

2) $CH_3NH_2 + H_2SO_4 \rightarrow$

8) $[CH_3NH_3]Cl + NaOH \rightarrow$

9) $(CH_3)_2NH + HNO_3 \rightarrow$

3) $C_2H_5NH_2 + H_2O \rightarrow$

4) $C_2H_5NH_2 + HNO_2 \rightarrow$

5) $(C_2H_5)_3N + HCl \rightarrow$

6) $C_2H_5NH_2 + O_2 \rightarrow$

7) $[CH_3NH_3]_2SO_4 + NaOH \rightarrow$

10) $CH_3NH_2 + CH_3Br + NH_3 \rightarrow$

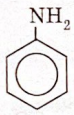
11) $CH_3CH_2NO_2 + H_2 \rightarrow$

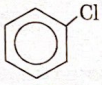
12) $C_2H_5OH + NH_3 \rightarrow$

13) $CH_3Br + NH_3 \rightarrow$

14) $(CH_3CH_2)_2NH + CH_3Br + NH_3 \rightarrow$

306. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства и способы получения ароматических аминов:

1)  $+ 3Br_2 \rightarrow$

2)  $+ 2NH_3 \xrightarrow[\text{кат.}]{p,\ t}$

3) $+ HCl \rightarrow$

4) $-NO_2 + 6H \xrightarrow[\text{(в момент выделения)}]{\text{кат.},\ t^\circ}$

5) $-NH_2 + H_2O \rightleftarrows$

6) $[C_6H_5NH_3]Cl + NaOH \rightarrow$

307. С помощью каких реактивов можно осуществить следующие превращения:

1) $CH_3Cl \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_5NO_2 \rightarrow C_2H_5NH_2 \rightarrow$
$\rightarrow C_2H_5NH_3Cl$;

2) $C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5NO_2 \rightarrow C_6H_5NH_2 \rightarrow$
$\rightarrow C_6H_5NH_3Br$;

3) $CH_3Br \rightarrow CH_3NH_2 \rightarrow [CH_3NH_3]Cl \xrightarrow{+\ NaOH}$
$\rightarrow X1 \xrightarrow{+HNO_2} \rightarrow X2$;

4) $C_2H_4 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5NH_2 \rightarrow C_2H_5NH_3Cl \rightarrow$
$\rightarrow C_2H_5NH_3NO_3 \rightarrow C_2H_5NH_2$;

5) циклогексен → бензол → толуол → п-нитротолуол → п-метиланилин → п-аминобензойная кислота.

308. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) $X1 \xrightarrow{+Br_2,\ h\nu} CH_3Br \xrightarrow{+NH_3} X2 \xrightarrow{+HNO_2} X3 \xrightarrow{+CuO,\ t}$
$\rightarrow H_2CO \xrightarrow{+KMnO_4(H^+)} CO_2$;

2) $CH_3CHCl_2 \rightarrow CH_3CHO \xrightarrow{+H_2} X1 \xrightarrow{+NH_3,\ 300^\circ,\ k}$
$\rightarrow C_2H_5NH_2 \xrightarrow{+CO_2 + H_2O} X2 \xrightarrow{t} X3$;

3) $CaC_2 \xrightarrow{+H_2O} X1 \xrightarrow{C,\ t} X2 \xrightarrow{+Cl_2,\ FeCl_3} X3 \xrightarrow{+NH_3,\ 300^\circ,\ k}$
$\rightarrow X4 \xrightarrow{+Br_2} X5$;

4) $C_3H_7COONa \xrightarrow{+NaOH,\ t} X1 \xrightarrow{+HNO_3} X2 \xrightarrow{+H_2} X3 \xrightarrow{+HCl}$
$\rightarrow X4 \xrightarrow{+NaOH} X5$;

5) $C_2H_6 \xrightarrow{+Cl_2,\ h\nu} X1 \xrightarrow{+KOH\ (H_2O)} X2 \xrightarrow{+NH_3,\ 300^\circ, k}$
$\rightarrow X3 \xrightarrow{+H_2SO_4} \rightarrow X4 \xrightarrow{+NaOH} X5$;

6) $C_2H_2 \xrightarrow{C,\ t} X1 \xrightarrow{+HNO_3} X2 \xrightarrow{+Zn + HCl} X3 \xrightarrow{+\ NaOH}$
$\rightarrow X4 \xrightarrow{+HCl} X5$.

309. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) углерод → анилин;
2) метан → нитратпропиламмония;
3) ацетат натрия → 2,4,6-трибромманилин.

14. Химические свойства и способы получения аминокислот

- Аминокислоты — амфотерные соеднения.
- В химических реакциях проявляют свойства как карбоновых кислот, так и свойства аминов.

Упражнение 125. Химические превращения с участием аминокислот.

310. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства и способы получения аминокислот:

1) $CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}-COOH + 3NH_3 \xrightarrow{40-50\ ^\circ C}$

2) $CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH + HCl \rightarrow$

3) $CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH + NaOH \rightarrow$

4) $CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH + CH_3OH \rightarrow$

5) $NH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-COOH + C_2H_5OH \rightarrow$

6) $\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH_2}-CO-NH-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-COOH + H_2O \longleftrightarrow$

7) $H_2N-CH_2-C(=O)-O-H \rightleftarrows$

8) $\underset{\underset{Cl}{|}}{CH_2}-COOH + 2NH_3 \rightarrow$

9) $\left(-\overset{\overset{H}{|}}{N}-\underset{\underset{R}{|}}{CH}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\right)_n + nH_2O \rightleftarrows$

10) $\underset{\underset{SH}{|}}{CH_2}-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH + CH_3OH \rightarrow$

11) $CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH + K_2O \rightarrow$

12) $CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH + Na_2CO_3 \rightarrow$

13) $NH_2-\underset{\underset{R}{|}}{CH}-COOH + H-NH-\underset{\underset{R}{|}}{CH}-COOH \rightarrow$

14) $\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH_2}-C(=O)-OH + \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH_2}-C(=O)-OH \rightarrow$

311. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) $CH_3-CCl_3 \rightarrow CH_3-COOH \rightarrow CH_2(Cl)-COOH \rightarrow$
$\rightarrow NH_2CH_2COOH \rightarrow NH_2CH_2COONa$;

2) $NH_2CH_2-COOH \rightarrow H_2N-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{H}{|}}{N}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-COOH \rightarrow$
$\rightarrow NH_2CH(CH_3)-COOH \rightarrow NH_2CH_2CH_3 \rightarrow$
$\rightarrow [NH_3CH_2CH_3]Br$;

3) глицин → хлорид глициния → аминоуксусная кислота → метиламиноацетат → аминоацетат калия;

4) 1,1,1-трихлорпропан → пропионовая кислота → → α-хлорпропионовая кислота → аланин → изопропиловый эфир аланина → пропанол-2.

312. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

1) $X1 \xrightarrow{+Cu(OH)_2,\ t} X2 \xrightarrow{+Cl_2,\ (P_x)} X3 \xrightarrow{+NH_3} X4$ → солянокислый аланин;

2) толуол → п-нитротолуол $\xrightarrow{+KMnO_4,\ H_2SO_4}$ X1 → → п-аминобензойная кислота $\xrightarrow{+HCl}$ X2;

3) аланин $\xrightarrow{+CH_3OH}$ X1 $\xrightarrow{+HCl}$ X2 $\xrightarrow{+NH_3}$ X3;

4) $C_4H_9NO_2 \xrightarrow[-CO_2]{} C_3H_9N \xrightarrow{+HNO_2} X1 \xrightarrow{+CuO}$
$\rightarrow X2 \xrightarrow{+[Ag(NH_3)_2]OH,\ t} C_3H_9NO_2 \rightarrow C_3H_6O_2 \rightarrow$
$\rightarrow C_3H_5ClO_2 \rightarrow C_3H_7NO_2$.

15. Химические свойства углеводов

Упражнение 126. Химические превращения с участием углеводов.

> Моносахариды (на примере глюкозы) проявляют свойства:
> - многоатомных спиртов;
> - альдегидов;
> - подвергаются различным видам брожения.

313. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

1) $CO_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH$
$\downarrow \qquad\qquad \downarrow$
$C_3H_7COOH \rightarrow C_3H_7COOC_2H_5$;
2) сахароза → глюкоза → глюконовая кислота → → глюконат кальция;
3) фруктоза → сахароза → глюкоза → молочная кислота → лактат натрия.

314. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

1) целлюлоза → углекислый газ → глюкоза → этанол → этилен → этиленгликоль;
2) мальтоза → глюкоза → ацетон → пропанол-2 → → пропен → уксусная кислота;
3) $CO_2 \xrightarrow{\text{фотосинтез}}$ X1 → молочная кислота $\xrightarrow{+C_2H_5OH}$ → X2 → лактат калия;
4) крахмал $\xrightarrow{\text{гидролиз}}$ X1 $\xrightarrow{\text{восстановление}}$ сорбит;
5) лактоза $\xrightarrow{\text{гидролиз}}$ X1 $\xrightarrow{\text{брожение}}$ X2 $\xrightarrow{\text{этерификация}}$ этиллактат;
6) мальтоза $\xrightarrow{\text{гидролиз}}$ X1 $\xrightarrow{\text{брожение}}$ X2 $\xrightarrow{\text{окисление}}$ X3 $\xrightarrow{\text{окисление}}$ X4 $\xrightarrow{\text{этерификация}}$ диацетат этиленгликоля.

315. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

1) глюкоза → бензойная кислота;
2) мальтоза → щавелевая кислота;
3) глюкоза → хлорацетат кальция.

16. Полимеры

Упражнение 127. Химические превращения с участием полимеров.

316. Составьте уравнения реакций полимеризации:

1) $nCH_3{-}CH{=}CH_2 \rightarrow$

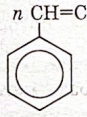
2) $nH{-}C(=O){-}H \rightarrow$

3) $nCH_2{=}CH_2 \rightarrow$

4) $nCH_2{=}CH{-}CN \rightarrow$

5) $nCH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3 \rightarrow$

6) $nCF_2{=}CF_2 \rightarrow$

7) 

8) $nCH_2{=}CH{-}Cl \xrightarrow{\text{кат., } t}$

9) $nCH{=}CH$ (F, F) →

10) $nCH_2{=}C(CH_3){-}COOCH_3 \rightarrow$

317. Составьте уравнения реакций получения каучуков реакцией полимеризации:

1) $nCH_2{=}C(CH_3){-}CH{=}CH_2 \rightarrow$

2) $nCH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 \xrightarrow{Al(C_2O_5)_3;\ TiCl_4}$

3) $nCH_2{=}CH{-}C(Cl){=}CH_2 \xrightarrow[H_2O,\ 40\ ^\circ C]{K_2S_2O_8}$

318. С помощью каких реакций можно осуществить превращения:

1) ацетилен → винилацетилен → 2-хлорбутадиен-1,3 → хлоропреновый каучук;
2) пропанол-2 → пропен → полипропилен;
3) бензол → этилбензол → стирол → полистирол;
4) этин → хлорэтен → ПВХ;
5) этин → акрилонитрил → полиакрилонитрил (нитрон);
6) хлорэтан → этилен → полиэтилен → CO_2;
7) этанол → дивинил → полибутадиен → резина.

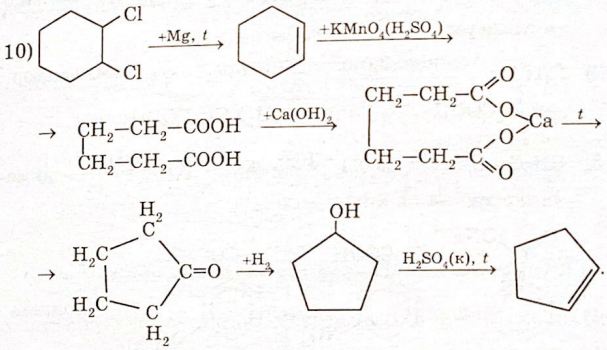
17. Генетическая связь органических соединений

Упражнение 128. Взаимосвязь органических веществ.

319. С помощью каких реакций можно осуществить следующие превращения:

1) этин → ацетиленид натрия → пропин → ацетон → пропанол-2 → 2-бромпропан → 2,3-диметилбутан;
2) ацетилен → этан → этен → ацетальдегид → этанол → → бромэтан → бутан → уксусная кислота;
3) этиламин → этанол → этаналь → 2-гидроксипропаннитрил → молочная кислота → 2-бромпропановая кислота → 2-аминопропановая кислота → молочная кислота;
4) пропаналь → пропионат аммония → пропионовая кислота → пропионат кальция → пентанон-3 → пентанол-3 → пентен-2 → уксусная кислота;
5) 1,1,1-трихлорэтан → уксусная кислота → ацетат натрия → этан → нитроэтан → этиламин → хлоридэтиламмония → этиламин;
6) $C_2H_4 \rightarrow C_2H_4Cl_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5Cl \rightarrow C_6H_6O \rightarrow$ $\rightarrow C_6H_5OK \rightarrow C_6H_6O$;
7) $CH_3CHCl_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CH_3CHO \rightarrow CH_3CH_2OH \rightarrow$ $\rightarrow CH_3COOC_2H_5 \rightarrow CH_3COOK \rightarrow CH_4$;
8) $C_4H_{10} \rightarrow C_4H_8 \rightarrow C_2H_4O_2 \rightarrow X \rightarrow C_2H_5NO_2 \rightarrow C_4H_9NO_2 \rightarrow$ $\rightarrow C_2H_5NO_2 \rightarrow C_4H_8N_2O_3$;

9) $CH_3COONa \xrightarrow{+NaOH(тв.)} A \xrightarrow{+Cl_2,\ h\nu} Б \xrightarrow{+C_6H_6\ (AlCl_3)}$ $\rightarrow В \xrightarrow{+2Cl_2,\ h\nu} Г \xrightarrow{+2NaOH\ (H_2O)} Д$;

10) 

320. С помощью каких реакций можно осуществить следующие превращения:

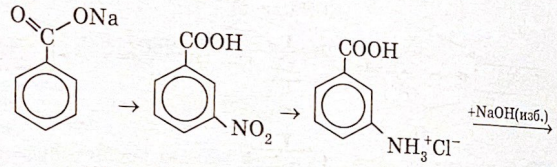
1) $C_nH_{2n+1}NO_2 \leftarrow C_nH_{2n+2} \leftarrow C_{2n}H_{4n+2} \rightarrow C_{2n}H_{4n} \rightarrow$ $\rightarrow C_{2n}H_{4n+1}Cl$;
2) $CH_3COONa \xrightarrow{электролиз} X1 \xrightarrow{дегидрирование} X2 \xrightarrow{окисление}$ $\rightarrow CH_3CHO \xrightarrow{восстановление} X3 \xrightarrow{дегидратация,\ t < 140^\circ} X4$;
3) $CH_3CH_2COONa \xrightarrow{декарбоксилирование} X1 \xrightarrow{галогенирование}$ $\rightarrow X2 \xrightarrow{р.\ Вюрца} X3 \xrightarrow{изомеризация} X4$;
4) $C_4H_{10} \xrightarrow{дегидрирование} X1 \xrightarrow{окисление} CH_3COOH \xrightarrow{этерификация}$ $\rightarrow X2 \xrightarrow{омыление} X3$;
5) $C_4H_{10} \xrightarrow{крекинг} X1 \xrightarrow{окисление} диол \rightarrow X2 \xrightarrow{дегалогенирование}$ $\rightarrow X3 \xrightarrow{дегидрирование} X4 \xrightarrow{циклотримеризация} X5$;
6) алкан $\xrightarrow{дегидроциклизация} X1 \xrightarrow{алкилирование}$ $\rightarrow X2 \xrightarrow{галогенирование\ (h\nu)} X3 \xrightarrow{+NaOH,\ H_2O}$ $\rightarrow X4 \xrightarrow{этерификация} X5$.

321. С помощью каких реакций можно осуществить следующие превращения:

1) $C_3H_6 \xrightarrow{+Cl_2,\ 500^\circ} X1 \xrightarrow{+NaOH,\ H_2O} X2 \xrightarrow{+Br_2} X3 \xrightarrow{+KOH,\ H_2O}$ → глицерин $\xrightarrow{+3HNO_3} X4$;

2) $C_2H_4Br_2 \xrightarrow{+NaOH\ (C_2H_5OH)} X1 \xrightarrow{+H_2O} X2 \xrightarrow{+KMnO_4\ (H_2SO_4)}$ → $CH_3COOH \xrightarrow{+Cl_2,\ h\nu} X3 \rightarrow H_2NCH_2COOH$;

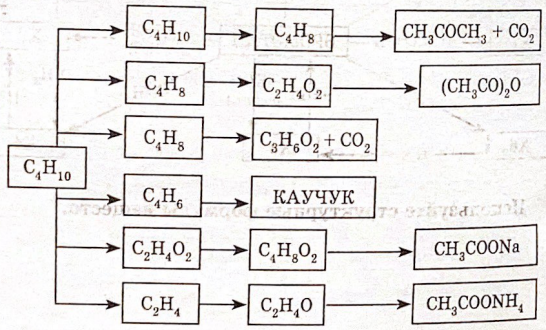
3) $CH_3C{\equiv}CNa \xrightarrow{+HCl} X1 \xrightarrow{+2HBr} X2 \rightarrow X1 \xrightarrow{+H_2O\ (Hg^{2+})}$ диметилкетон $\xrightarrow{+H_2,\ Pt} X3$;

4) 

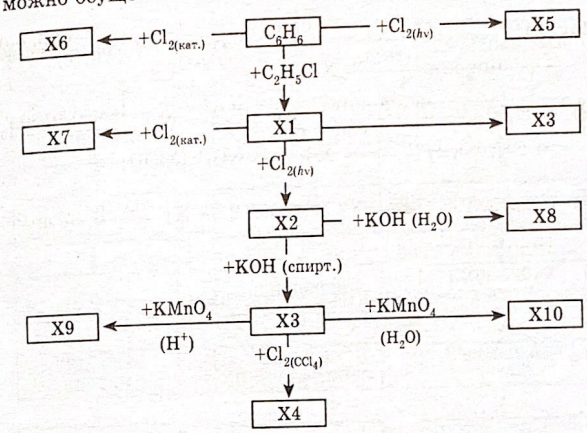
→ $X1 \xrightarrow{+NaOH,\ t} X2$;

5) $C_2H_4 \xrightarrow{+HBr} X1 \xrightarrow{+KCN} X2 \xrightarrow{+KOH + H_2O} C_2H_5COOK \xrightarrow{+HCl}$ → $X3 \xrightarrow{+Br_2(Pk)} X4 \xrightarrow{+2NaOH(спирт.)} X5$.

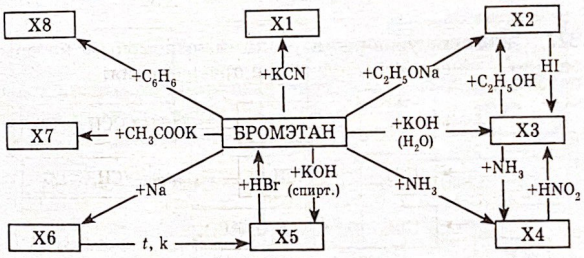
322. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



323. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

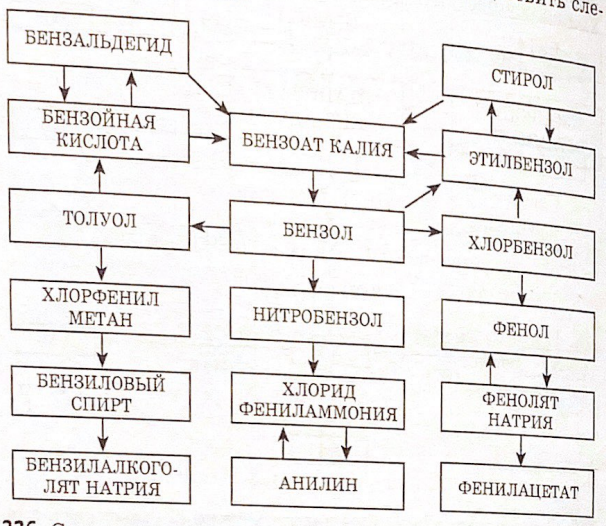


324. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

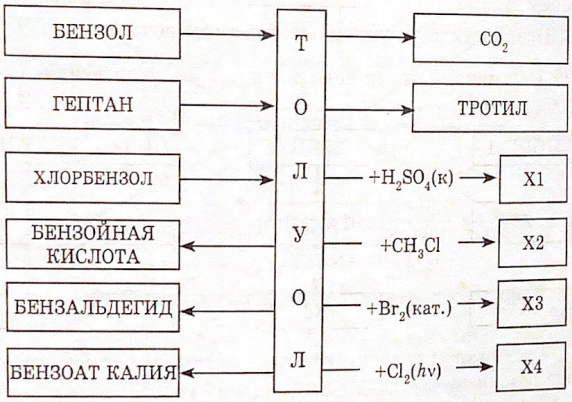


Используйте структурные формулы веществ.

325. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



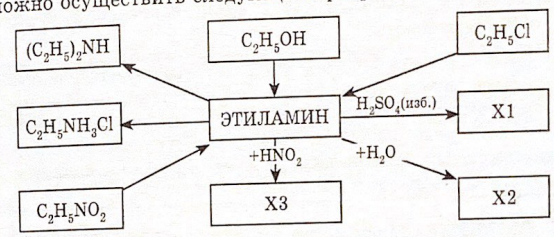
326. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



327. С помощью каких реакций можно осуществить следующие превращения:

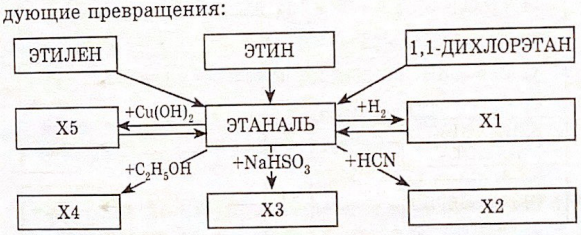
Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия протекания реакций.

328. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Используйте структурные формулы веществ.

329. С помощью каких реактивов можно осуществить следующие превращения:



Составьте уравнения реакций, используя структурные формулы веществ. Укажите условия протекания реакций.

Раздел III

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

1. Окислительно-восстановительные процессы

Упражнение 129. Определение окислительно-восстановительных реакций. Окислительно-восстановительные свойства веществ.

> Чтобы распознать окислительно-восстановительную реакцию, необходимо расставить степени окисления элементов, входящих в состав реагирующих веществ и продуктов реакции. Если есть элементы, степень окисления которых изменилась, — данная реакция является окислительно-восстановительной.

330. Расставьте степени окисления элементов и укажите, какие из реакций, уравнения которых записаны ниже, являются окислительно-восстановительными:

1) $Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$
2) $Fe_2O_3 + H_2 = 2FeO + H_2O$
3) $2Fe + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2$
4) $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$
5) $Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$
6) $2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$

331. Разделите предложенные вещества на три группы: 1) окислители; 2) восстановители; 3) окислители и восстановители:

HBr, K_2CrO_4, H_2S, Ag, $Pb(OH)_2$, HNO_3, SO_2.

332. Закончите схемы полуреакций следующих процессов:

1) $Fe^0 - 3\bar{e} \rightarrow ...$ 2) $N^{-3} - 5\bar{e} \rightarrow ...$ 3) $I_2^0 + 2\bar{e} \rightarrow ...$
4) $S^{+6} + 8\bar{e} \rightarrow ...$ 5) $Cl_2^0 ... \rightarrow 2Cl^-$ 6) $Mn^{+2} - 5\bar{e} \rightarrow ...$
7) $H_2^0 ... \rightarrow 2H^+$ 8) $Fe^{+2} ... \rightarrow Fe^{+3}$ 9) $Fe^{+3} + 1\bar{e} \rightarrow ...$
10) $N^{+5} ... \rightarrow N^{-3}$ 11) $Cr^{+6} ... \rightarrow Cr^{+3}$ 12) $P^0 ... \rightarrow P^{+5}$

333. Закончите схемы полуреакций, укажите тип процесса:

1) $MnO_4^{2-} + H^+ ... \rightarrow Mn^{2+} + H_2O$
2) $S + OH^- ... \rightarrow SO_3^{2-} + H_2O$
3) $ClO_3^- + H^+ ... \rightarrow Cl_2 + H_2O$
4) $PH_3 + H_2O ... \rightarrow PO_4^{3-} + H^+$
5) $PO_3^{3-} + OH^- ... \rightarrow PO_4^{3-} + H_2O$
6) $NO_2 + H_2O ... \rightarrow NO + OH^-$

2. Кислород и его соединения

Упражнение 130. Роль кислорода в окислительно-восстановительных реакциях.

> Кислород образуется при разложении многих неорганических веществ. Кислород и озон окисляют органические и неорганические вещества. Окисление может быть каталитическим или происходить с выделением тепла и света (горение).

> При горении простых веществ образуются их оксиды.
>
> При горении сложных веществ получаются оксиды элементов, образующих сложное вещество.
>
> *Исключения:* хлор и азот оксидов не образуют, а выделяются в виде простых веществ — Cl_2 и N_2.
>
> **Обратите внимание,** что атом серы в составе сложного вещества, сгорая, превращается в SO_2.

334. Напишите уравнения реакций горения в кислороде следующих сложных веществ:

CH_4, C_2H_4, C_4H_{10}, CS_2, C_7H_8, C_3H_9N, C_6H_7N.

335. Составьте уравнения реакций горения следующих сложных веществ: сероводород, сульфид свинца (II), сульфид меди (I), аммиак, фосфин.

336. Допишите уравнения реакций с участием кислорода, расставьте коэффициенты:

1) $Na + O_2 \rightarrow$
2) $Fe + O_2 \xrightarrow{t}$
3) $NH_3 + O_2 \xrightarrow{t}$
4) $FeS_2 + O_2 \xrightarrow{t}$
5) $NH_3 + O_2 \xrightarrow{кат.}$
6) $CO + O_2 \rightarrow$
7) $KClO_3 \xrightarrow{MnO_2}$
8) $N_2 + O_2 \xrightarrow{t}$
9) $KMnO_4 \xrightarrow{t}$
10) $Na_2O + O_2 \rightarrow$
11) $KNO_3 \xrightarrow{t}$
12) $P_2O_3 + O_2 \rightarrow$
13) $C_6H_5{-}CH(CH_3)_2 + O_2 \xrightarrow{H_2SO_4}$
14) $Cu_2O + O_2 \xrightarrow{t}$
15) $C_4H_{10} + O_2 \xrightarrow{кат.}$
16) $Li + O_2 \rightarrow$
17) $C_2H_4 + O_2 \xrightarrow{Ag,\ 300\ °C}$
18) $C_2H_5NH_2 + O_2 \rightarrow$
19) $Na_2O_2 + CO \rightarrow$
20) $C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{Cu,\ t}$
21) $C_2H_4 + O_2 \xrightarrow{PdCl_2,\ CuCl_2}$
22) $Na_2O_2 + CO_2 \rightarrow$
23) $CaH_2 + O_2 \rightarrow$
24) $HCl + O_2 \rightarrow$
25) $K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t}$
26) $H_2O_2 \xrightarrow{MnO_2}$
27) $K + O_2 \rightarrow$
28) $FeO + O_2 \xrightarrow{t}$

337. Составьте уравнения реакций, характеризующих окислительные свойства озона:

1) $O_3 + PbS \rightarrow$
2) $O_3 + H_2 \rightarrow$
3) $O_3 + H_2O_2 \rightarrow$
4) $O_3 + KI + H_2O \rightarrow$
5) $O_3 + Cr_2O_3 + KOH \rightarrow$
6) $O_3 + H_2S_{(р\text{-}р)} \rightarrow$
7) $O_3 + NO \rightarrow$
8) $O_3 + H_2S_{(г)} \rightarrow$
9) $O_3 + Mn(NO_3)_2 + H_2O \rightarrow$

3. Электронный баланс

Упражнение 131. Подбор коэффициентов с помощью метода электронного баланса.

1. Определите степени окисления элементов.
2. Найдите элементы, которые поменяли степень окисления. Определите окислитель и восстановитель.
3. Составьте полуреакции окисления и восстановления с участием этих элементов, соблюдая законы сохранения числа атомов и заряда в каждой полуреакции.
4. Подберите дополнительные множители для уравнения полуреакций так, чтобы закон сохранения заряда выполнялся для реакции в целом. Для этого число принятых электронов в полуреакциях восстановления делают равным числу отданных электронов в полуреакции окисления.
5. Проставьте (по найденным множителям) стехиометрические коэффициенты в схему реакции (коэффициент 1 опускается).
6. Уравняйте числа атомов тех элементов, которые не изменяют своей степени окисления при протекании реакции.
7. Проведите проверку по элементу, который не менял свою степень окисления (чаще всего это кислород):

$$4HN^{+5}O_3 + C^0 \rightarrow 2H_2O + C^{+4}O_2 + 4N^{+4}O_2$$

$C^0 - 4e \rightarrow C^{+4}$	1	Восстановитель, окисление
$N^{+5} + 1e \rightarrow N^{+4}$	4	Окислитель, восстановление

338. Методом электронного баланса подберите коэффициенты в уравнениях реакций:

1) $C + BaSO_4 \rightarrow BaS + CO$
2) $KClO_3 + S \rightarrow KCl + SO_2$
3) $CaH_2 + N_2 \rightarrow H_2 + Ca_3N_2$

4) $KI + H_2O + Cl_2 \rightarrow KIO_3 + HCl$

5) $KClO_3 + P \rightarrow KCl + P_2O_5$

6) $K_2MnO_4 + Cl_2 \rightarrow KMnO_4 + KCl$

7) $H_2O_2 + KNO_2 \rightarrow KNO_3 + H_2O$

8) $CaCO_3 + C \rightarrow CaO + CO$

9) $NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3 + HNO_2$

10) $KClO_3 \rightarrow KClO_4 + KCl$

11) $CaCl_2 + H_2 \rightarrow CaH_2 + HCl$

12) $Na_2SO_3 \rightarrow Na_2S + Na_2SO_4$

13) $NH_3 + Na \rightarrow NaNH_2 + H_2$

14) $FeS + O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + SO_2$

15) $CaH_2 + H_2S \rightarrow CaS + H_2$

16) $AgNO_3 \rightarrow Ag + NO_2 + O_2$

17) $Na_2O_2 + CO \rightarrow Na_2CO_3$

18) $Na_2O_2 + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + O_2$

339. Методом электронного баланса подберите коэффициенты в уравнениях реакций:

1) $H_3PO_3 + AgNO_3 + H_2O \rightarrow H_3PO_4 + Ag + HNO_3$

2) $HNO_3(к) + Na_2SO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + NO_2 + H_2O$

3) $CuS + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + SO_2 + NO + H_2O$

4) $KMnO_4 + NH_3 \rightarrow KNO_3 + MnO_2 + KOH + H_2O$

5) $KNO_3 + Mg + H_2O \rightarrow NH_3 + Mg(OH)_2 + KOH$

6) $K + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + S + SO_2 + H_2O$

7) $KMnO_4 + Al + KOH \rightarrow K_2MnO_4 + K[Al(OH)_4]$

4. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций (ОВР)

Упражнение 132. Предсказание продуктов реакции в уравнениях ОВР.

Чтобы определить продукты ОВР в растворе, необходимо:

1) Расставить степени окисления в формулах исходных веществ.

2) Определить, какое из исходных веществ является окислителем, какое восстановителем, а какое играет роль среды.

3) Пользуясь *Приложением № 6*, дописать продукты окисления и восстановления. Побочные продукты образуются при помощи ионов вещества-среды.

Общие закономерности протекания ОВР в различных средах:

В кислой среде:

- одно-, двух-, трехзарядные ионы металлов с анионами кислот, использующимися для создания кислой среды, образуют соли ($CaH_2 \xrightarrow{H^+ (H_2SO_4)} CaSO_4$).

В щелочной среде:

- атомы элементов со степенью окисления +4 и выше в различных средах входят в состав кислотных остатков или оксидов ($CrCl_3 \xrightarrow{OH^- (KOH)} K_2CrO_4$);
- амфотерные элементы образуют простые или комплексные соли собственных кислот ($PbO_2 \xrightarrow{OH^- (KOH)} K_2[Pb(OH)_6]$).

В нейтральной среде:

- могут образовываться оксиды, гидроксиды или кислоты, в зависимости от природы элемента ($KMnO_4 \xrightarrow{H_2O} MnO_2$).

340. Допишите формулы побочных продуктов в следующих схемах ОВР. Укажите, какое вещество является восстановителем, какое — окислителем, а какое играет

роль среды. Расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $KI + Na_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + H_2O + ... + ...$
2) $H_2S + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow S\downarrow + MnSO_4 + ... + ...$
3) $NaNO_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow NaNO_3 + Cr_2(SO_4)_3 + ... + ...$
4) $MnSO_4 + KClO_3 + KOH \rightarrow K_2MnO_4 + KCl + ... + ...$
5) $KNO_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow KNO_3 + MnO_2 + ...$

Ионно-электронный метод (метод полуреакций) применим только для реакций, протекающих в растворе. Особенностью данного метода является составление раздельных ионных уравнений полуреакций с учетом среды раствора. Удобство метода полуреакций заключается в том, что нет необходимости использовать степени окисления (формальные понятия), отчетливо видна роль среды и учитывается реальное состояние частиц в растворе.

341. Пользуясь *Приложением № 6*, определите главные продукты в следующих схемах окислительно-восстановительных реакций:

а) кислая среда:

1) $KMnO_4 + KBr + H_2SO_4 \rightarrow ... + ... + K_2SO_4 + H_2O$
2) $HI + H_2O_2 \rightarrow ... + H_2O$
3) $Cu_2O + HNO_3(к) \rightarrow ... + ... + H_2O$
4) $FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow ... + ... + K_2SO_4 + H_2O$
5) $Ca_3P_2 + H_2SO_4(к) \rightarrow ... + ... + H_2O$

б) нейтральная среда:

1) $Na_2SO_3 + K_2Cr_2O_7 + H_2O \rightarrow ... + ... + KOH$
2) $K_2CrO_4 + H_2S + H_2O \rightarrow ... + ... + KOH$
3) $Fe_2(SO_4)_3 + Na_2SO_3 + H_2O \rightarrow ... + ... + H_2SO_4$
4) $Cl_2 + PH_3 + H_2O \rightarrow ... + ...$
5) $KMnO_4 + K_2SO_3 + H_2O \rightarrow ... + ... + KOH$

в) щелочная среда:

1) $Cr_2(SO_4)_3 + Br_2 + NaOH \rightarrow ... + ... + Na_2SO_4 + H_2O$
2) $FeSO_4 + KClO_3 + KOH \rightarrow ... + ... + H_2O + ...$

3) $KMnO_4 + K_2SO_3 + KOH \rightarrow ... + ... + H_2O$
4) $NH_3 + NaMnO_4 + NaOH \rightarrow ... + ... + H_2O$
5) $Na_2SO_3 + Cl_2 + NaOH \rightarrow ... + ... + H_2O$

Расставьте коэффициенты при помощи метода электронного (или электронно-ионного) баланса.

342. Составьте уравнения химических реакций, расставьте коэффициенты методом электронного (или электронно-ионного) баланса:

1) $Cl_2 + As + H_2O \rightarrow H_3AsO_4 + ...$
2) $Cl_2 + Br_2 + H_2O \rightarrow HBrO_3 + ...$
3) $SO_2 + HClO_4 + H_2O \rightarrow HCl + ...$
4) $Na_2S + FeCl_3 \rightarrow FeS\downarrow + S + ...$
5) $KNO_3 + Al + ... + ... \rightarrow K[Al(OH)_4] + NH_3$
6) $KMnO_4 + Al + KOH \rightarrow K[Al(OH)_4] + ...$
7) $KNO_3 + Zn + KOH + ... \rightarrow K_2[Zn(OH)_4] + ...$
8) $P + KOH + ... \rightarrow PH_3 + KH_2PO_2$
9) $Cr_2O_3 + NaNO_3 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2CrO_4 + ... + CO_2$
10) $K_2MnO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 + KMnO_4 + ...$
11) $KMnO_4 + KOH \rightarrow ... + O_2 + ...$
12) $H_2O_2 + KMnO_4 \rightarrow ... + ... + KOH + H_2O$
13) $Na_2S_2O_3 + HCl \rightarrow S + SO_2 + ... + ...$
14) $Na_2S_2O_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow ... + Na_2SO_4 + ... + H_2O$
15) $KNO_3 + Mg + H_2O \rightarrow NH_3\uparrow + ... + ...$

343. Составьте уравнения химических реакций, расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $Cu_2O + H_2SO_4(к) \rightarrow$
2) $SO_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$
3) $SO_2 + K_2Cr_2O_7 + HCl \rightarrow$
4) $As_2O_3 + HClO + H_2O \rightarrow$
5) $Na_2S + HNO_3(к) \rightarrow$
6) $Cr_2O_3 + KNO_3 + KOH \rightarrow$
7) $P_2O_3 + H_2SO_4(к) + H_2O \rightarrow$
8) $FeCl_3 + H_2 \rightarrow$
9) $FeSO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
10) $Cl_2 + H_2S + H_2O \rightarrow$
11) $Na_2S + Na_2SO_3 + HCl \rightarrow$
12) $Mg_3P_2 + HNO_3(к) \rightarrow$
13) $K_2S + K_2MnO_4 + H_2O \rightarrow$
14) $NaNO_2 + PbO_2 + HNO_3 \rightarrow$
15) $Cl_2 + SO_2 + H_2O \rightarrow$
16) $KI + H_2SO_4(к) \rightarrow$

5. ОВР с участием органических веществ

Правила окисления органических веществ в разных средах см. в разделе, посвящённом типам реакций органических веществ.

Упражнение 133. Реакции окисления алкенов.

344. Допишите схемы реакций неполного окисления алкенов сильными окислителями в разных средах. Расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $CH_2{=}CH_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow HOCH_2{-}CH_2OH + ... + ...$

2) $CH_3{-}CH{=}CH_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow ... + ... + ...$

3) $CH_3{-}CH{=}CH_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + CH_3COOH + ... + ... + ...$

4) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOH + ... + ... + ...$

5) $CH_3{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{=}CH{-}CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}CH_3 + CH_3{-}COOH + ... + ... + ...$

6) $CH_3{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{=}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{-}CH_2{-}CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}CH_3 + CH_3{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}CH_2{-}CH_3 + ... + ... + ...$

7) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_3 + KMnO_4 + KOH \rightarrow CH_3COOK + C_2H_5COOK + ... + ...$

8) $CH_3{-}CH{=}CH_2 + KMnO_4 + KOH \rightarrow CH_3COOK + K_2CO_3 + ... + ...$

345. Составьте уравнения реакций деструктивного окисления следующих алкенов в кислой и щелочной среде дихроматом (хроматом) калия: пропен, бутен-1, бутен-2. Коэффициенты расставьте при помощи электронно-ионного метода.

Упражнение 134. Реакции окисления алкинов.

346. Допишите схемы реакций неполного окисления алкинов сильными окислителями в разных средах. Расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $HC{\equiv}CH + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow COOH{-}COOH + ... + ... + ...$

2) $HC{\equiv}CH + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + ... + ... + ...$

3) $HC{\equiv}CH + KMnO_4 \rightarrow COOK{-}COOK + ... + ... + ...$

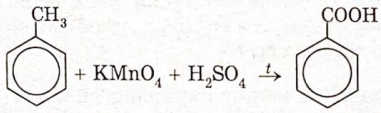
4) $CH{\equiv}C{-}CH_3 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow CH_3COOK + KHCO_3 + ... + ...$

5) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_3 + KMnO_4 \rightarrow CH_3COOK + C_2H_5COOK + ...$

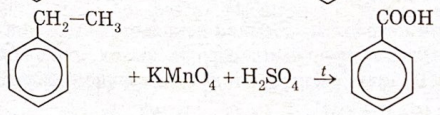
6) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOH + C_2H_5COOH + ... + ... + ...$

Упражнение 135. Реакции окисления ароматических углеводородов.

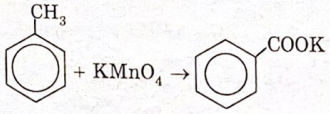
347. Допишите схемы реакций неполного окисления аренов сильными окислителями в разных средах. Расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) 

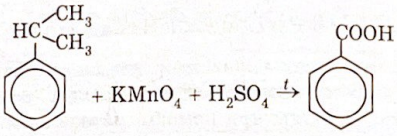
$+ ... + ... + ...$

2) 

$+ CO_2 + ... + ... + ...$

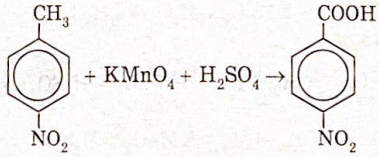
3) 

$+ ... + ... + ...$

4) 

$+ KMnO_4 + H_2SO_4 \xrightarrow{t}$ $+ CO_2 + ... +$
$+ ... + ...$

5) $CH_3-C_6H_4-CH_2-CH_3 + KMnO_4 \rightarrow$
$\rightarrow COOK-C_6H_4-COOK + K_2CO_3 + ... + ... + ...$

6) 

$+ KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$ $+ ... + ... + ...$

348. Составьте уравнения реакций окисления 1,2-диметилбензола и 1,3-диэтилбензола дихроматом калия: а) в кислой среде; б) в нейтральной среде.

349. Составьте уравнения реакций окисления 1,2-диэтилбензола и 1,2,3-триметилбензола перманганатом калия: а) в кислой среде; б) в нейтральной среде.

350. Составьте уравнения реакций окисления стирола перманганатом калия: а) в кислой среде; б) в нейтральной среде; в) в щелочной среде.

Упражнение 136. Реакции окисления спиртов.

351. Допишите схемы реакций неполного окисления спиртов сильными окислителями в разных средах. Расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $CH_3CH_2OH + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \xrightarrow{t}$
$\rightarrow CH_3-\overset{+1}{C}(=O)H + ... + ... + ...$

2) $CH_3CH_2OH + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$
$\rightarrow CH_3-\overset{+3}{C}(=O)OH + ... + ... + ...$

3) $CH_3-CH(OH)-CH_3 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$
$\rightarrow CH_3-C(=O)-CH_3 + ... + ... + ...$

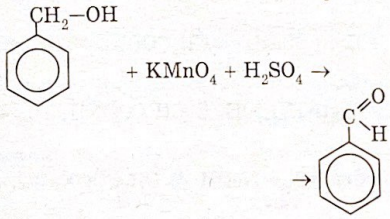
4) $CH_3OH + KMnO_4 \rightarrow K_2CO_3 + ... + ...$

5) $C_2H_5OH + KMnO_4 \rightarrow CH_3COOK + ... + ... + ...$

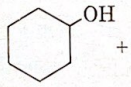
6) $CH_2=CH-CH_2OH + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$\rightarrow HOOC-COOH + CO_2 + ... + ... + ...$

7) $CH_2(OH)-CH_2-OH + KMnO_4 \rightarrow HOOC-COOH + ... + ... + ...$

8) $CH_3-C(OH)(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$\rightarrow CH_3CH_2COOH + CH_3-C(=O)-CH_3 + ... + ... + ...$

9) 

$+ KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$ $+ ... + ... + ...$

10) 

$+ KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$\rightarrow CH_2(CH_2-COOH)-CH_2-COOH + ... + ... + ...$

11) $CH_2OH-(CH_2)_2-CH_2OH + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$

12) $CH_2OH-CH=CH-CH_2OH + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$

13) $CH_3-CH(OH)-CH_3 + KMnO_4 \rightarrow$

Упражнение 137. Реакции окисления альдегидов.

352. Допишите схемы реакций неполного окисления альдегидов сильными окислителями в разных средах. Расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $CH_3-\overset{+1}{C}(=O)H + KMnO_4 \rightarrow CH_3COOK + CH_3COOH + ... + ...$

2) $H-\overset{0}{C}(=O)H + [Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t} (NH_4)_2CO_3 + ... + ... + ...$

3) $CH_3-\overset{+1}{C}(=O)H + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOH + ... + ... + ...$

4) $H-\overset{0}{C}(=O)H + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + ... + ... + ...$

5) $CH_3-\overset{+1}{C}(=O)H + KMnO_4 + KOH \rightarrow CH_3COOK + ... + ...$

6) $CH_3-\overset{+1}{C}(=O)H + Br_2 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + ... + ...$

7) $CH_3-\overset{+1}{C}(=O)H + [Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t} CH_3COONH_4 + ... + ... + ...$

8) $CH_3-\overset{+1}{C}(=O)H + Cu(OH)_2 + NaOH \xrightarrow{t} CH_3COONa + ... + ...$

9) $CH_3-\overset{+1}{C}(=O)H + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow ...$

Упражнение 138. Реакции окисления карбоновых кислот.

353. Допишите схемы реакций неполного окисления карбоновых кислот сильными окислителями в разных средах. Расставьте коэффициенты при помощи метода электронного баланса:

1) $CH_2=CH-COOH + KMnO_4 + H_2O + KOH \rightarrow ... + MnO_2$

2) $CH_2=CH-COOH + KMnO_4 \rightarrow$
$\rightarrow COOK-COOK + K_2CO_3 + CO_2 + ...$

3) $HOOC-COOH + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + ... + ... + ...$

4) $HOOC-CH=CH-COOH + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
$\rightarrow HOOC-COOH + ... + ... + ...$

5) $HCOOH + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow ... + (NH_4)_2CO_3 + ... + ...$

6) $KMnO_4 + HCOOH + H_2SO_4 \rightarrow CO_2\uparrow + ... + ... + ...$

7) $KMnO_4 + HCOOH + KOH \rightarrow K_2CO_3 + MnO_2 + ...$

6. Электролиз

При пропускании электрического тока через водный раствор или расплав электролита катионы движутся к катоду, а анионы — к аноду. На катоде происходит процесс восстановления ионов, на аноде — процесс окисления. В результате осуществляется окислительно-восстановительная химическая реакция.

Упражнение 139. Электролиз расплавов.

Различные случаи электролиза расплавов веществ

Схема электролиза расплава хлорида натрия

$NaCl(тв.) \rightleftarrows Na^+ + Cl^-$

$K^-: Na^+ + \bar{e} \rightarrow Na^0$

$A^+: 2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2^0$

$2Na^+ + 2Cl^- \xrightarrow{эл.\ ток} 2Na^0 + Cl_2^0\uparrow$

$2NaCl(тв.) \xrightarrow{эл.\ ток} 2Na^0 + Cl_2^0$

Схема электролиза расплава гидроксида натрия

$NaOH(тв.) \rightleftarrows Na^+ + OH^-$

$K^-: Na^+ + \bar{e} \rightarrow Na^0$

$A^+: 4OH^- - 4\bar{e} \rightarrow O_2^0\uparrow + 2H_2O$

$4Na^+ + 4OH^- \xrightarrow{эл.\ ток} 4Na^0 + O_2^0\uparrow + 2H_2O$

$4NaOH \xrightarrow{эл.\ ток} 4Na^0 + O_2^0\uparrow + 2H_2O$

354. Допишите уравнение электролиза расплавов следующих веществ:

1) $BaCl_2(тв.) \overset{t}{\rightleftarrows} ... + ...$

K^-: $Ba^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow ...$

A^+: $... - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2^0$

$Ba^+ + 2Cl^- \xrightarrow{эл.\ ток} ... + ...$

$BaCl_2(тв.) \xrightarrow{эл.\ ток} ... + ...$

2) $CaBr_2(тв.) \overset{t}{\rightleftarrows} ... + ...$

K^-: $... + 2\bar{e} \rightarrow Ca^0$

A^+: $2Br^- ... \rightarrow Br_2^0$

$... + ... \xrightarrow{эл.\ ток} Ca^0 + Br_2^0$

$CaBr_2(тв.) \xrightarrow{эл.\ ток} ... + ...$

355. Составьте уравнения реакций электролиза расплава: гидроксида калия, сульфида натрия, гидроксида кальция.

Упражнение 140. Электролиз растворов.

Электролитические процессы на электродах в водных растворах солей.

Чтобы записать уравнение реакции электролиза раствора соли, необходимо определить положение металла в электрохимическом ряду напряжений, распознать бескислородный или кислородсодержащий анион и затем воспользоваться *Приложением № 5*.

Различные случаи электролиза растворов веществ

Схема электролиза раствора хлорида натрия	$NaCl \rightleftarrows Na^+ + Cl^-$ K^-: $2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2\uparrow + 2OH^-$ A^+: $2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2^0$ $2H_2O + 2Cl^- \xrightarrow{эл.\ ток} H_2^0\uparrow + Cl_2^0\uparrow + 2OH^-$ $2NaCl + 2H_2O \xrightarrow{эл.\ ток} H_2^0\uparrow + Cl_2^0\uparrow + 2NaOH$	При составлении уравнений реакций пользуемся *Приложением № 5*
Схема электролиза раствора хлорида цинка	$ZnCl_2 \rightleftarrows Zn^{2+} + 2Cl^-$ K^-: $2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2^0\uparrow + 2OH^-$ $Zn^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Zn^0$ A^+: $2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2^0$	Суммарное уравнение реакции в данном случае написать нельзя, так как неизвестно, какая часть общего количества электричества идет на восстановление воды, а какая на восстановление ионов цинка
Схема электролиза раствора гидроксида натрия	$NaOH \rightleftarrows Na^+ + OH^-$ K^-: $2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2^0\uparrow + 2OH^-$ A^+: $4OH^- - 4\bar{e} \rightarrow O_2^0\uparrow + 2H_2O$ $4H_2O + 4OH^- \xrightarrow{эл.\ ток} 2H_2^0\uparrow + O_2^0\uparrow + 4OH^- + 2H_2O$ $2H_2O \xrightarrow{эл.\ ток} 2H_2^0\uparrow + O_2^0\uparrow$	Электролиз воды

356. Допишите уравнение электролиза растворов следующих веществ:

1) $BaCl_2 \rightleftarrows ... + ...$

K^-: $2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2\uparrow + 2OH^-$

A^+: $... - ... \rightarrow Cl_2^0$

$2H_2O + ... \xrightarrow{эл.\ ток} H_2^0\uparrow + Cl_2^0\uparrow + 2OH^-$

$BaCl_2 + H_2O \xrightarrow{эл.\ ток} H_2^0\uparrow + Cl_2^0\uparrow + ...$

2) $CuSO_4 \rightleftarrows ... + ...$

K^-: $... + 2\bar{e} \rightarrow Cu^0$

A^+: $2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow O_2\uparrow + 4H^+$

$... + 2H_2O \xrightarrow{эл.\ ток} ... + ... + 4H^+$

$CuSO_4 + 2H_2O \xrightarrow{эл.\ ток} ... + ... + ...$

357. Составьте уравнения реакций электролиза растворов следующих веществ:

1) нитрат ртути (II);
2) карбонат натрия;
3) хлороводородная кислота;
4) бромид олова (II);
5) ацетат калия;
6) хлорид меди (II);
7) сульфат железа (II);
8) гидроксид бария;
9) ортофосфат калия;
10) пропионат натрия.

Раздел IV

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

1. Электролитическая диссоциация

Упражнение 140. Уравнения электролитической диссоциации электролитов.

1. Электролиты при растворении в воде распадаются (диссоциируют) на ионы — положительные (катионы) и отрицательные (анионы).
2. Индексы, указывающие на число ионов в электролите, выносим как коэффициенты перед формулами ионов в правой части уравнения:

$$Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow 2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-}.$$

3. Растворимые средние соли диссоциируют нацело, а многоосновные кислоты, многокислотные основания, кислые и основные соли — ступенчато, причем диссоциация протекает преимущественно по первой ступени, а сам процесс диссоциации в этом случае обратим:

а) $Ba(OH)_2 \rightleftarrows Ba(OH)^+ + OH^-$, I-я ступень

$Ba(OH)^+ \rightleftarrows Ba^{2+} + OH^-$, II-я ступень

$Ba(OH)_2 \rightleftarrows Ba^{2+} + 2OH^-$; суммарное уравнение

б) $NaHCO_3 \rightleftarrows Na^+ + HCO_3^-$,

$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-}$,

$NaHCO_3 \rightleftarrows Na^+ + H^+ + CO_3^{2-}$.

Сумма всех зарядов в правой части уравнения равна сумме зарядов в левой.

Не существует частиц вида H_2^+ или O_2^{-2}!

358. Допишите уравнения электролитической диссоциации следующих веществ:

1) $Na_3PO_4 \rightarrow 3Na^+ + ...$
2) $Fe(NO_3)_3 \rightarrow ... + 3NO_3^-$
3) $HMnO_4 \rightarrow H^+ + ...$
4) $Ba(OH)_2 \rightarrow ... + 2OH^-$
5) $Li_2ZnO_2 \rightarrow ... + ZnO_2^{2-}$
6) $(CaOH)_2SO_4 \rightarrow 2CaOH^+ +$
7) $Ca(HSO_4)_2 \rightarrow ... + HSO_4^-$
8) $C_6H_5ONa \rightleftarrows ... + Na^+$
9) $C_2H_5ONa \rightleftarrows ... + Na^+$
10) $C_6H_5OH \rightleftarrows ... + H^+$
11) $K_2[Zn(CN)_4] \rightarrow$
12) $[Cu(NH_3)_4]SO_4 \rightarrow$
13) $(NH_4)_2SO_3 \rightarrow NH_4^+ + ...$
14) $HIO_3 \rightarrow ... + IO_3^-$
15) $Na_2SO_3 \rightarrow Na^+ + ...$
16) $Na_2[Zn(OH)_4] \rightarrow$ $\rightarrow ... + [Zn(OH)_4]^{2-}$
17) $NaHCO_3 \rightarrow ... + HCO_3^-$
18) $HClO_4 \rightarrow H^+ + ...$
19) $KClO_3 \rightarrow K^+ + ...$
20) $Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow 2Fe^{3+} + ...$
21) $CH_3COOH \rightleftarrows ... + H^+$
22) $C_3H_7COONa \rightarrow ... + Na^+$
23) $[CH_3NH_3]Cl \rightarrow ... + Cl^-$

359. Напишите уравнения электролитической диссоциации следующих веществ:

сульфат алюминия	хлорид меди (II)	гидроксид бария
нитрат цинка	ортофосфорная кислота	карбонат калия
ортофосфат натрия	серная кислота	сульфид натрия
гидроксид калия	сульфит калия	азотная кислота
сернистая кислота	сульфат железа (III)	карбонат лития
гидроксид кальция	ацетат калия	муравьиная кислота
метилат кальция	бромидметиламмония	формиат бария

360. Напишите уравнения ступенчатой диссоциации следующих веществ:

1) угольная кислота, гидросульфат калия, гидрокарбонат кальция,
2) гидроксонитрат магния, дигидроксохлорид алюминия, дигидроортофосфат калия.

2. Ионно-молекулярные уравнения. Реакции ионного обмена

Упражнение 141. Составление ионно-молекулярных уравнений для химических реакций, протекающих в водных растворах.

1. Записать молекулярное уравнение реакции:

$$3CaCl_2 + 2Na_3PO_4 \rightarrow 6NaCl + Ca_3(PO_4)_2\downarrow$$

2. С помощью таблицы растворимости определить растворимость каждого вещества:

$$3\overset{р}{CaCl_2} + 2\overset{р}{Na_3PO_4} \rightarrow 6\overset{р}{NaCl} + \overset{н}{Ca_3(PO_4)_2}\downarrow$$

3. Составляем полное ионное уравнение. Сильные электролиты записывают в виде ионов, а неэлектролиты, слабые электролиты, нерастворимые вещества, простые вещества и газообразные вещества записывают в виде молекул:

$$3Ca^{2+} + 6Cl^- + 6Na^+ + 2PO_4^{3-} \rightarrow 6Na^+ + 6Cl^- + Ca_3(PO_4)_2\downarrow$$

Внимание! Малорастворимое вещество в левой части уравнения рассматриваем как электролит, а среди продуктов реакции — как нерастворимое вещество.

4. Найти одинаковые ионы (они не приняли участия в реакции в левой и правой частях уравнения реакции) и сократить их слева и справа:

$$3Ca^{2+} + \underline{6Cl^-} + \underline{6Na^+} + 2PO_4^{3-} \rightarrow \underline{6Na^+} + \underline{6Cl^-} + Ca_3(PO_4)_2\downarrow$$

5. Составить сокращенное ионное уравнение (выпишите знаки, формулы ионов или веществ, которые приняли участие в реакции):

$$3Ca^{2+} + 2PO_4^{3-} \rightarrow Ca_3(PO_4)_2\downarrow$$

6. Сумма электрических зарядов ионов в левой части уравнения должна быть равна сумме электрических зарядов ионов в правой части.

361. По следующим схемам реакций составьте уравнения в молекулярной и ионно-молекулярной форме:

1) $Na_2CO_3 + BaCl_2 \rightarrow BaCO_3\downarrow + NaCl$
2) $FeS + HBr \rightarrow H_2S\uparrow + FeBr_2$
3) $Na_3PO_4 + MnCl_2 \rightarrow Mn_3(PO_4)_2\downarrow + NaCl$
4) $K_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$

362. Допишите молекулярные уравнения, составьте к ним соответствующие ионно-молекулярные уравнения реакций:

1) $H_2SO_4 + K_2O \rightarrow$; $... + ... + K_2O \rightarrow ... + ... + H_2O$
2) $Al + HCl \rightarrow$
   $Al^0 + ... + ... \rightarrow Al^{3+} + ... + H_2^0$
3) $Al(OH)_3 + HNO_3 \rightarrow$
   $Al(OH)_3 + ... + ... \rightarrow ... + ... + H_2O$
4) $CuSO_4 + Fe \rightarrow$; $... + ... + Fe^0 \rightarrow Fe^{2+} + ...$
5) $CaCO_3 + HBr \rightarrow$
   $CaCO_3 + ... + ... \rightarrow CO_2\uparrow + ... + ... + H_2O$
6) $SO_2 + NaOH \rightarrow$
   $SO_2 + ... + ... \rightarrow ... + ... + H_2O$

363. Составьте в молекулярной и ионно-молекулярной формах уравнения реакций между следующими веществами:

1) ацетат калия и раствор серной кислоты;
2) фенолят натрия и раствор углекислого газа;
3) метилат натрия и раствор соляной кислоты;
4) хлоридэтиламмония и раствор гидроксида калия;
5) карбонат калия и муравьиная кислота;
6) уксусная кислота и оксид калия;
7) пропионовая кислота и гидроксид бария;
8) уксусная кислота и кальций.

Упражнение 142. Возможность протекания реакций ионного обмена.

Сущность реакций ионного обмена сводится к взаимодействию ионов, в результате чего наблюдается:

1. *Выпадение осадка:*

$$BaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2HCl,$$

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4\downarrow.$$

2. *Выделение газа:*

$$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2\uparrow,$$

$$CO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2O + CO_2\uparrow.$$

3. *Образование малодиссоциирующего вещества:*

$$KOH + HNO_3 \rightarrow KNO_3 + H_2O,$$

$$H^- + H^+ \rightarrow H_2O.$$

4. *Образование комплексного иона:*

$$Pb(OH)_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2[Pb(OH)_4],$$

$$Pb(OH)_2 + 2OH^- \rightarrow [Pb(OH)_4]^{2-}.$$

Если в растворах нет таких ионов, которые могут связываться между собой с образованием осадка, газа, слабого электролита или комплексного иона, то реакция является *обратимой*. При сливании подобных растворов получается смесь ионов:

$$NaCl + KNO_3 \rightleftarrows KCl + NaNO_3,$$

$$Na^+ + Cl^- + K^+ + NO_3^- \rightleftarrows K^+ + Cl^- + Na^+ + NO_3^-.$$

364. Закончите уравнения практически осуществимых реакций, составьте к ним соответствующие ионные уравнения:

1) $HNO_3 + Ba(OH)_2 \rightarrow$
2) $AgNO_3 + K_3PO_4 \rightarrow$
3) $BaCO_3 + HCl \rightarrow$
4) $Fe(OH)_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
5) $BaSO_4 + HNO_3 \rightarrow$
6) $Na_2SO_3 + Pb(NO_3)_2 \rightarrow$

365. Запишите уравнения возможных реакций в молекулярном и ионном виде между следующими веществами:

1) карбонат кальция и раствор серной кислоты;
2) растворы силиката калия и азотной кислоты;
3) растворы сульфата железа (II) и хлорида меди (II);
4) гидроксид магния и раствор серной кислоты;
5) растворы гидрокарбоната натрия и соляной кислоты;
6) растворы нитрата серебра и иодида цинка;
7) растворы нитрата алюминия и сульфата магния;
8) гидроксид цинка и раствор соляной кислоты;
9) гидроксид алюминия и раствор гидроксид натрия;
10) растворы гидросульфата железа (II) и гидроксида калия;
11) гидроксосульфат меди (II) и раствор серной кислоты.

Упражнение 143. Закрепление навыков работы с ионными уравнениями.

366. Составьте возможные молекулярные уравнения реакций по указанным схемам:

Чтобы составить молекулярное уравнение по сокращённому ионно-молекулярному, необходимо понять, что интересующие нас ионы могут «приходить» только из растворимых соединений.

По таблице растворимости подберите подходящие вещества и запишите молекулярное уравнение реакции. Обратите внимание на продукты реакции.

Проверьте правильность выбора по ионно-молекулярному уравнению.

Обратите внимание! Для каждой схемы можно предложить несколько молекулярных уравнений.

1) $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4\downarrow$
2) $Al^{3+} + 3OH^- \rightarrow Al(OH)_3\downarrow$
3) $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$
4) $FeS + 2H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2S\uparrow$
5) $CO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2O + CO_2\uparrow$
6) $SiO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2SiO_3\downarrow$
7) $CuO + 2H^+ \rightarrow Cu^{2+} + H_2O$
8) $H_2SiO_3 + 2OH^- \rightarrow SiO_3^{2-} + 2H_2O$
9) $2Ag^+ + Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2Ag$
10) $NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3\uparrow + H_2O$
11) $2OH^- + SO_2 \rightarrow SO_3^{2-} + H_2O$
12) $BaCO_3 + 2H^+ \rightarrow Ba^{2+} + H_2O + CO_2\uparrow$

367. В воде растворили хлорид аммония, нитрат натрия, сульфат калия. Какое вещество надо добавить к раствору, чтобы: 1) выделился газ, 2) выпал осадок, 3) признаков реакции не наблюдалось. Уравнения запишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

368. Даны растворы веществ: нитрат бария, гидроксид натрия, сульфит калия, хлорид аммония, сульфат магния, соляная кислота, гидроортофосфат натрия. Напишите уравнения химических реакций попарных взаимодействий между указанными веществами, в результате которых:

1) выпадает осадок, 2) выделяется газ, 3) не образуется ни осадка, ни газа. Уравнения запишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

369. В растворе находятся сульфид- и хлорид-ионы. Предложите вещество, которое будет вступать в обменные реакции: 1) с обоими ионами, 2) с одним из ионов. Уравнения реакций запишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

370. В растворе находятся катионы Fe^{3+} и Cu^{2+} ; анионы Cl^- и Br^-. Предложите вещество, которое будет вступать в обменные реакции: 1) с обоими катионами, 2) с обоими анионами. Уравнения запишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

3. Гидролиз

Гидролиз — процесс разложения веществ в результате обменного взаимодействия между молекулами вещества и молекулами воды.

3.1. Гидролиз солей

Гидролиз солей — обменная реакция ионов соли с водой, в результате которой образуются слабые электролиты (кислоты или основания). Реакция гидролиза обратна реакции нейтрализации.

- Гидролизу подвергаются соли, содержащие в своём составе слабый ион.
- Соли, образованные ионами сильного основания и сильной кислоты, гидролизу не подвергаются.

Упражнение 144. Определение возможности протекания гидролиза соли.

371. Разделите соли на группы в зависимости от силы исходной кислоты и исходного основания: $Ba(NO_2)_2$, $CuCl_2$, $Pb(CH_3COO)_2$, K_2SO_3, NH_4Br, Al_2S_3, Na_2CO_3, $Mn(NO_3)_2$, $Fe_2(CO_3)_3$:

1) содержит катион слабого основания;
2) содержит анион слабой кислоты;
3) содержит оба слабых иона.

372. Разделите соли на группы в зависимости от типа гидролиза: $AlBr_3$, Cs_2CO_3, $(NH_4)_2SO_3$, $FeCl_2$, CH_3COONa, $CoSO_4$, $C_{17}H_{35}COOK$, Na_2SiO_3, $Pb(NO_2)_2$:

1) гидролиз по катиону; 2) гидролиз по аниону; 3) гидролиз по катиону и аниону.

Упражнение 145. Составление уравнений реакций гидролиза соли по аниону.

Рассмотрим гидролиз карбоната натрия:

$$Na_2CO_3 \rightarrow 2Na^+ + \mathbf{CO_3^{2-}}.$$

Определяем слабый ион и начинаем записывать ионно-молекулярное уравнение гидролиза, помня, что к слабому иону «приходит» *единственная* молекула воды:

$$\mathbf{CO_3^{2-}} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-.$$

По наличию ионов OH^- определяем щелочную среду.

Чтобы записать молекулярное уравнение гидролиза, к полученным анионам надо добавить катион натрия, который ещё не присутствовал в наших записях.

Молекулярная форма:

$$Na_2CO_3 + H_2O \rightleftarrows NaHCO_3 + NaOH.$$

Данное уравнение описывает процесс гидролиза по I ступени.

373. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза следующих солей: сульфид натрия, сульфит калия, силикат лития, цианид натрия. Какова среда раствора каждой соли?

374. Составьте молекулярные уравнения гидролиза солей на основе сокращённых ионно-молекулярных:

1) $NO_2^- + H_2O \rightleftarrows HNO_2 + OH^-$
2) $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-$
3) $CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$
4) $HCO_3^- + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 + OH^-$

Упражнение 146. Гидролиз растворимых фосфатов.

Средние фосфаты подвергаются сильному гидролизу. Среда раствора настолько щелочная, что возможно растворение амфотерных металлов при нагревании. При гидролизе гидрофосфатов среда раствора получается слабощелочной. А дигидрофосфаты гидролизуясь дают слабокислую среду раствора.

375. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза фосфатов. Какова среда раствора каждой соли:

1) $Na_3PO_4 + H_2O \rightleftarrows$
2) $Na_2HPO_4 + H_2O \rightleftarrows$
3) $NaH_2PO_4 + H_2O \rightleftarrows$
4) $Na_3PO_4 + Zn + H_2O \rightarrow ... + Na_2HPO_4 + H_2\uparrow$

Упражнение 147. Составление уравнений реакций гидролиза соли по катиону:

Рассмотрим гидролиз хлорида цинка:

$ZnCl_2 \rightarrow Zn^{2+} + 2Cl^-$.

Определяем слабый ион и начинаем записывать ионно-молекулярное уравнение гидролиза, помня, что к слабому иону «приходит» *единственная* молекула воды:

$Zn^{2+} + H_2O \rightleftarrows ZnOH^+ + H^+$.

По наличию ионов H^+определяем кислую среду.

Чтобы записать молекулярное уравнение гидролиза, к полученным катионам надо добавить хлорид-ион, который ещё не присутствовал в наших записях.

Молекулярная форма: $ZnCl_2 + H_2O \rightleftarrows ZnOHCl + HCl$.

Данное уравнение описывает процесс гидролиза по I ступени.

376. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза следующих солей: иодид кобальта (II), сульфат меди (II), хлорид алюминия, нитрат аммония. Какова среда раствора каждой соли?

377. Составьте молекулярные уравнения гидролиза солей на основе сокращённых ионно-молекулярных:

1) $Cr^{3+} + H_2O \rightleftarrows CrOH^{2+} + H^+$
2) $Ni^{2+} + H_2O \rightleftarrows NiOH^+ + H^+$
3) $Cu^{2+} + H_2O \rightleftarrows ... + H^+$
4) $Pb^{2+} + H_2O \rightleftarrows ... + H^+$
5) $Fe(OH)_2^+ + H_2O \rightleftarrows ... + H^+$

Упражнение 148. Полный необратимый гидролиз солей.

Если в состав соли входит катион слабого нерастворимого основания и анион слабой летучей кислоты, то такие соли *полностью* разлагаются водой. При этом образуются соответствующие нерастворимое основание и слабая кислота. В таблице растворимости на это указывает прочерк:

$$Al_2S_3 + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow.$$

Такой же полный гидролиз протекает, если в растворе одновременно находятся гидролизующиеся катионы и анионы:

$$3Na_2S + 2AlCl_3 + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow + 6NaCl.$$

При составлении подобных уравнений необходимо учитывать следующие факторы: 1) сравнительную силу оснований и кислот (чем слабее кислота и основание, тем полнее протекает гидролиз соли); 2) низкая растворимость соли препятствует протеканию её гидролиза (CuS); 3) предусмотреть возможность протекания окислительно-восстановительной реакции.

Обратите внимание! При взаимодействии солей трёхвалентного железа с сульфидами протекает окислительно-восстановительная реакция:

$2FeCl_3 + 3K_2S \rightarrow 2FeS + S\downarrow + 6KCl$,

$2FeCl_3$(изб.) $+ 3K_2S \rightarrow 2FeCl_2 + S\downarrow + 6KCl$.

Обратите внимание! При взаимодействии солей меди (II) с растворами карбонатов натрия и калия образуются менее растворимые основные карбонаты:

$$2Cu(NO_3)_2 + 2Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow$$
$$\rightarrow (CuOH)_2CO_3\downarrow + 4NaNO_3 + CO_2\uparrow.$$

378. Допишите уравнения реакций (в молекулярном и ионно-молекулярном виде), которые будут протекать при смешении водных растворов:

1) хлорида железа (III) и карбоната натрия;

Обратите внимание, что одна из образующихся солей — карбонат железа (III) — в растворе подвергается полному гидролизу, т. е. вместо формулы соли мы записываем в уравнении формулы гидроксида железа (III) и углекислого газа:

$$FeCl_3 + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + CO_2\uparrow + ...$$

2) нитрата железа (III) и сульфита калия;

$$Fe(NO_3)_3 + K_2SO_3 + ... \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + ... + ...$$

379. Напишите уравнения реакций (в молекулярном и ионно-молекулярном виде), которые будут протекать при смешении водных растворов:

1) сульфата хрома (III) и карбоната натрия; 2) сульфата алюминия и силиката натрия; 3) сульфата меди (II) и карбоната натрия.

При составлении уравнений реакций совместного гидролиза следует учитывать следующие факторы:

- Сравнительная сила слабых оснований и кислот: чем слабее кислота и основание, тем полнее протекает гидролиз соли:

  $Cr(OH)_3 < Cu(OH)_2 < Be(OH)_2 < Mg(OH)_2 < Ca(OH)_2,$
  $H_2S < H_2CO_3 < H_2SO_3.$
- Низкая растворимость соли препятствует протеканию её гидролиза.
- Возможность протекания ОВР.

380. Допишите уравнения реакций (в молекулярном и ионно-молекулярном виде):

1) $BeCl_2 + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow (BeOH)_2CO_3\downarrow + ... + ...$
2) $BeCl_2 + Na_2CO_3(изб.) + H_2O \rightarrow ... + NaHCO_3 + ...$
3) $BeCl_2 + Na_2SO_3 + H_2O \rightarrow Be(OH)_2\downarrow + ... + ...$
4) $BeCl_2 + Na_2S + H_2O \rightarrow Be(OH)_2\downarrow + ... + ...$
5) $MgCl_2 + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow (MgOH)_2CO_3\downarrow + ... + ...$
6) $MgCl_2 + Na_2CO_3(изб.) + H_2O \rightarrow ... + NaHCO_3 + ...$
7) $CrCl_3 + Na_2SO_3 + H_2O \rightarrow Cr(OH)_3\downarrow + ... + ...$
8) $CaCl_2(к) + Na_2S(к) + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2\downarrow + ... + ...$

3.2. Гидролиз бинарных соединений

Упражнение 149. Уравнения реакций гидролиза бинарных неорганических соединений.

- Большинство соединений неметаллов с неметаллами в воде на ионы не распадается, а подвергается полному гидролитическому разложению до кислот.
- Ковалентные бинарные соединения металлов с неметаллами при гидролизе образуют растворы водородных соединений и гидроксиды.
- Реакции гидролиза таких соединений протекают необратимо, и при этом степени окисления элементов в данных соединениях не изменяются.

381. Составьте уравнения реакций гидролиза бинарных соединений:

1) $CaC_2 + H_2O \rightarrow$
$SF_4 + H_2O \rightarrow$
$SCl_4 + H_2O \rightarrow$
$PCl_5 + H_2O \rightarrow$
$CaH_2 + H_2O \rightarrow$
$SiF_4 + H_2O \rightarrow$
$CaS + H_2O \rightarrow$
$Cl_3N + H_2O \rightarrow$

2) $Al_2S_3 + H_2O \rightarrow$
$Al_4C_3 + H_2O \rightarrow$
$Mg_2Si + H_2O \rightarrow$
$PCl_3 + H_2O \rightarrow$
$BBr_3 + H_2O \rightarrow$
$SiS_2 + H_2O \rightarrow$
$Be_3N_2 + H_2O \rightarrow$
$Na_2O_2 + H_2O \rightarrow$

3) $Ca_3N_2 + H_2O \rightarrow$
$Ca_3P_2 + H_2O \rightarrow$
$SiCl_4 + H_2O \rightarrow$
$NaH + H_2O \rightarrow$
$PI_3 + H_2O \rightarrow$
$P_2S_5 + H_2O \rightarrow$
$NF_3 + H_2O \rightarrow$

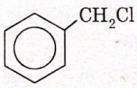
3.3. Гидролиз органических соединений

Упражнение 150. Уравнения реакций гидролиза галогенопроизводных углеводородов.

382. Составьте уравнения реакций щелочного гидролиза моногалогенопроизводных углеводородов:

- При действии *водного раствора* гидроксида калия атомы галогена в моногалогенуглеводороде заменяются группой OH–. Например: $R{-}Cl + KOH \xrightarrow{H_2O} R{-}OH + KCl$. Это один из способов получения спиртов.
- Основным продуктом гидролиза галогенопроизводных бензола с атомами галогена у бензольного кольца являются фенолы.

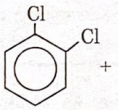
1) $CH_3{-}\underset{\underset{Br}{|}}{CH}{-}CH_3 + NaOH \xrightarrow{H_2O}$

2) 

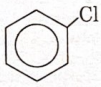
$+ H_2O \xrightarrow{KOH}$

3) $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CHCl + KOH \xrightarrow{H_2O}$

4) $CH_3{-}CH_2Br + H_2O \xrightarrow{KOH}$

5) 

$+ H_2O \xrightarrow{KOH}$

6) 

$+ H_2O \xrightarrow{KOH}$

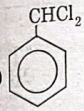
383. Составьте уравнения реакций щелочного гидролиза дигалогенопроизводных углеводородов:

- При гидролизе дигалогеналканов, содержащих два атома галогена при разных атомах углерода образуются многоатомные спирты.
- При гидролизе дигалогеналканов, содержащих два атома галогена при одном атоме углерода, из первичных дигалогенпроизводных получают альдегиды, а из вторичных — кетоны.

1) $CH_3CH_2CHCl_2 + NaOH \xrightarrow{H_2O}$

2) $CH_2Br{-}CH_2Br + H_2O \xrightarrow{KOH}$

3) $CH_3{-}\overset{\overset{Cl}{|}}{\underset{\underset{Cl}{|}}{C}}{-}CH_3 + NaOH \xrightarrow{H_2O}$

4) 

$+ H_2O \xrightarrow[Fe]{100\ ^\circ C}$

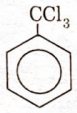
5) $CH_3{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}{-}CH_2{-}CHCl_2 + NaOH \xrightarrow{H_2O}$

384. Составьте уравнения реакций щелочного гидролиза дигалогенопроизводных углеводородов: 1,1-дихлорэтан; 1,2-дихлорпропан; 1,1-дибром-3-метилбутан; 3-метил-2,2-дибромбутан.

385. Составьте уравнения реакций щелочного гидролиза тригалогеналканов:

При щелочном гидролизе первичных тригалогенпроизводных образуются карбоновые кислоты или их соли: $R{-}CCl_3 + 3NaOH \xrightarrow{H_2O} R{-}COOH + 3NaCl + H_2O$

1) $H_3C{-}\overset{\overset{Br}{|}}{\underset{\underset{Br}{|}}{C}}{-}Br + H_2O \rightarrow$

2) 

$+ H_2O \xrightarrow{t,\ k}$

3) $CH_3{-}CCl_3 + NaOH \xrightarrow{H_2O}$

Упражнение 151. Уравнения реакций гидролиза сложных эфиров.

Гидролиз сложных эфиров — реакция, обратная реакции этерификации. Продуктами гидролиза сложных эфиров являются кислота и спирт.

При гидролизе жиров образуют глицерин и карбоновые кислоты, либо их соли. Щелочной гидролиз жиров и сложных эфиров называется омылением.

386. Составьте уравнения реакций гидролиза сложных эфиров:

1) $CH_3-C(=O)-OCH_2CH_3 + H_2O \rightarrow$

2) $CH_3-C(=O)-OC_2H_5 + NaOH \rightarrow$

3) $CH_3-CH(Cl)-C(=O)-O-C_2H_5 + H_2O \rightarrow$

4) $CH_2=CH-C(=O)-OC_2H_5 + H_2O \rightarrow$

5) $C_6H_5-O-C(=O)-CH_3 + H_2O \rightarrow$

6) $CH_2(ONO_2)-CH(ONO_2)-CH_2(ONO_2) + H_2O \rightarrow$

7) $CH_2-O-C(=O)-C_{17}H_{35}$
$CH-O-C(=O)-C_{17}H_{35} + 3NaOH \rightarrow$
$CH_2-O-C(=O)-C_{17}H_{35}$

8) $CH_2-OCOC_{17}H_{35}$
$CH-OCOC_{17}H_{33} + 3NaOH \rightarrow$
$CH_2-OCOC_{17}H_{31}$

387. Напишите уравнение реакции гидролиза в щелочной и кислотной среде: 1) пропилового эфира пропионовой кислоты; 2) диметилэтилового эфира малоновой (пропандиовой) кислоты; 3) метилового эфира масляной кислоты; 4) этилового эфира монохлоруксусной кислоты.

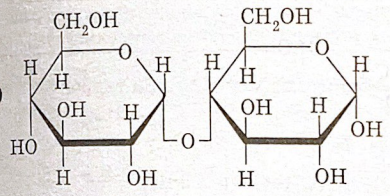
388. Составьте уравнения реакций омыления для следующих жиров: 1) трипальмитин; 2) диолеостеарин; 3) трилинолеин.

Упражнение 152. Уравнения реакций гидролиза ди- и полисахаридов.

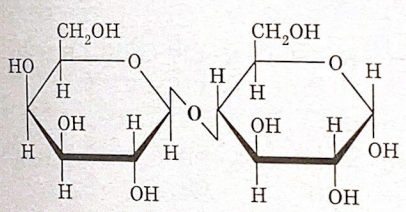
- При гидролизе дисахаридов образуются соответствующие моносахариды.
- Гидролиз полисахаридов — ступенчатый процесс, конечным продуктом которого является соответствующий моносахарид.

389. Составьте уравнения реакций гидролиза следующих дисахаридов:

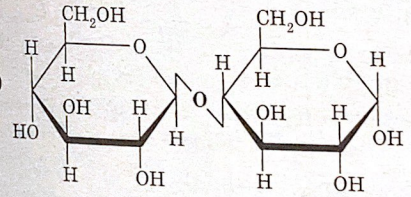
1)

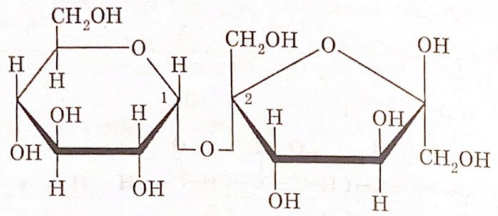


2)



3)

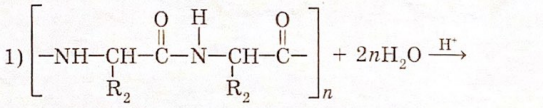


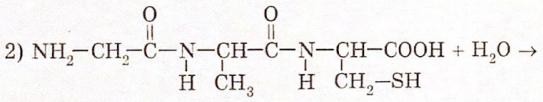
4) 

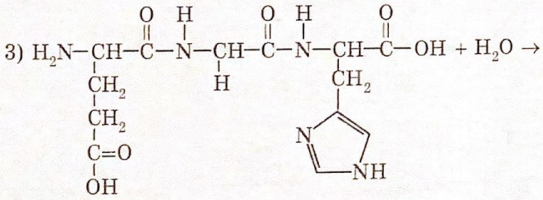
Упражнение 153. Уравнения реакций гидролиза пептидов и белков.

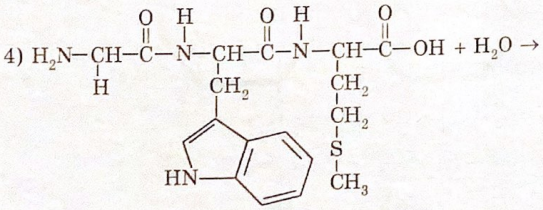
> Гидролиз пептидов — многоступенчатый процесс, конечным продуктом которого являются аминокислоты.

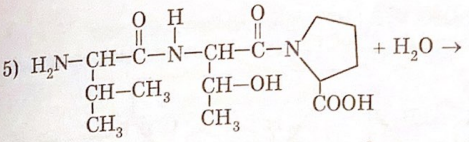
390. Какие аминокислоты образуются при гидролизе следующих пептидов:

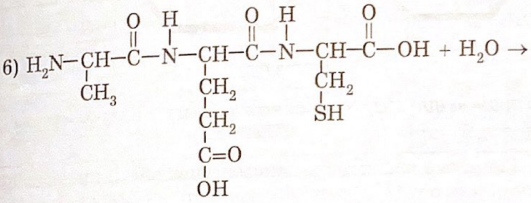
1) 

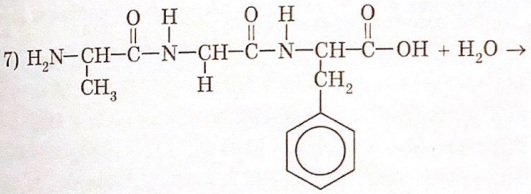
2) 

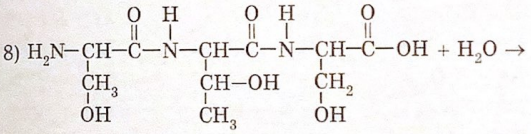
3) 

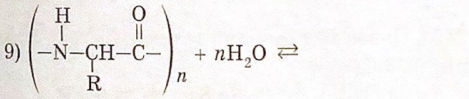
4) 

5) 

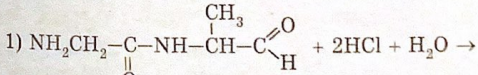
6) 

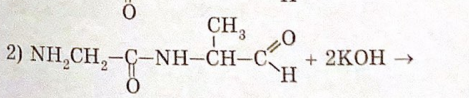
7) 

8) 

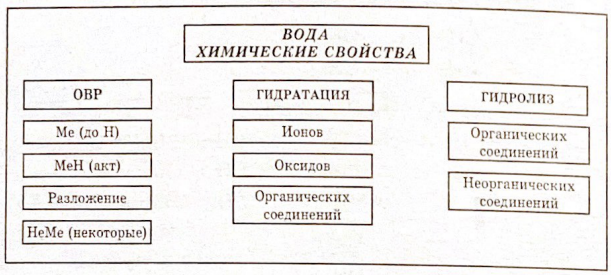
9) 

391. Составьте уравнения реакций полного гидролиза дипептидов под действием кислоты и щёлочи:

1) 

2) 

3.4. Вода. Химические свойства



Упражнение 154. Уравнения реакций с участием воды.

392. Составьте уравнения возможных реакций:

1) $Li_2O + H_2O \rightarrow$
$Al_2O_3 + H_2O \rightarrow$
$P_2O_5 + H_2O \rightarrow$
$SO_2 + H_2O \rightarrow$
$Zn + H_2O \rightarrow$
$Mg + H_2O \rightarrow$
$Ag + H_2O \rightarrow$
$BaO + H_2O \rightarrow$
$BaH_2 + H_2O \rightarrow$

2) $CuO + H_2O \rightarrow$
$CaO + H_2O \rightarrow$
$CO_2 + H_2O \rightarrow$
$SO_3 + H_2O \rightarrow$
$Na + H_2O \rightarrow$
$Hg + H_2O \rightarrow$
$Ba + H_2O \rightarrow$
$Fe_2O_3 + H_2O \rightarrow$
$NaH + H_2O \rightarrow$

3) $K + H_2O \rightarrow$
$Ca + H_2O \rightarrow$
$SiO_2 + H_2O \rightarrow$
$Na_2O + H_2O \rightarrow$
$Fe + H_2O \rightarrow$
$Li + H_2O \rightarrow$
$N_2O_5 + H_2O \rightarrow$
$K_2O + H_2O \rightarrow$
$PCl_5 + H_2O \rightarrow$

393. Составьте уравнения реакций взаимодействия с водой следующих веществ:

1)	2)	3)	4)
$NaNO_2$	$FeCl_2$	Na_2Se	K_3PO_4
$Cu(NO_3)_2$	K_2S	$MnCl_2$	$Mg(NO_3)_2$
$AlCl_3$	K_2SO_3	$NiSO_4$	$C_{15}H_{31}COONa$
$NaHCO_3$	$ZnSO_4$	Li_2S	C_6H_5OK
Na_3PO_4	NH_4Cl	NH_4Br	$FeCl_3$
$ZnCl_2$	$KClO$	$Ba(NO_2)_2$	CH_3COONH_4

394. Составьте уравнения реакций взаимодействия с водой следующих веществ. Укажите условия протекания реакций:

1) фтор	2) нитрид кальция	3) карбид алюминия
железо	карбид магния	йодид фосфора(III)
хлор	оксид бария	хлорид фосфора (V)
калий	оксид серы (VI)	силицид кальция
алюминий	гидрид натрия	оксид фосфора (III)
цинк	фосфид магния	карбид кальция
оксид калия	гидрид кальция	сульфид алюминия

395. Составьте уравнения реакций взаимодействия с водой следующих веществ. Укажите условия протекания реакций:

1) пропин;
тристеарин;
этилат натрия;
пропен;
этилацетат;
2,2-дихлорпропан;
крахмал;
хлорэтан;
1,2-дихлорэтан;
мальтоза;

2) целлюлоза
этиловый эфир азотной кислоты;
белок;
1,1-дихлорэтан;
метиламин;
тринитрат целлюлозы;
хлорбензол;
1,1,1-трихлорэтан;
сахароза;
1,3-дибромпропан.

Раздел V

ОБОБЩЕНИЕ ЗНАНИЙ ПО КУРСУ ХИМИИ

Упражнение 155. Возможность протекания реакций для различных веществ.

396. Составьте уравнения химических реакций, иллюстрирующих верные утверждения:

1) Изопрен вступает в реакцию полимеризации.
2) В результате реакции кальция с водой выделяется водород.
3) Глюкоза окисляется аммиачным раствором оксида серебра до сорбита.
4) Алкены реагируют с азотом при УФ-облучении.
5) При растворении железа в концентрированной серной кислоте образуется сульфат железа (III).
6) Для фенола характерна реакция с соляной кислотой.
7) Бензол обесцвечивает раствор перманганата калия.
8) Оксид меди (I) растворяется в воде при нагревании.
9) 2-бромпропан взаимодействует с калием.
10) Алкоголят образуется при смешивании этанола с раствором едкого натра.
11) Оксид хрома (III) окисляется бромом в щелочном расплаве гидроксида калия.
12) Этан образуется при декарбоксилировании пропионата натрия.
13) При дегидроциклизации гексана образуется толуол.
14) Гидроксид цинка взаимодействует с раствором сульфата калия.
15) Простой эфир образуется при взаимодействии пропанола-1 и азотной кислоты.
16) Нитрование толуола приводит к образованию смеси о- и п-изомеров.

17) При смешивании растворов силиката натрия и соляной кислоты выпадает белый осадок.
18) Образование белого осадка при реакции с бромной водой — качественная реакция на фенол.
19) Как гексан, так и метилциклогексан вступают в реакцию замещения с хлором.
20) Угольная кислота образует кислые соли при нейтрализации раствором едкого калия.
21) Кумол образуется при алкилировании бензола пропеном.
22) При взаимодействии ортофосфата натрия и карбоната кальция в осадок выпадает ортофосфат кальция.
23) Бутен-1 реагирует с йодной водой с образованием 1,1-дийодбутана.
24) При нитровании бензойной кислоты образуется м-нитробензойная кислота.
25) Кальцинированная сода реагирует с известковым молоком.
26) Тетрагидроксоцинкат калия взаимодействует с раствором углекислого газа.
27) Реакция этерификации происходит при взаимодействии глицерина с пальмитиновой кислотой.
28) Диметиламин реагирует с водой.
29) Раствор белка даёт жёлтое окрашивание со свежеосаждённым гидроксидом меди (II).
30) Стирол обесцвечивает бромную воду.

Упражнение 156. Взаимосвязь между органическими и неорганическими веществами.

397. Составьте уравнения реакций электролиза растворов следующих веществ:

1)	2)	3)	4)
$AlCl_3$	$CuSO_4$	H_2SO_4	MnI_2
$NaNO_3$	$NaOH$	$CuBr_2$	$Cu(NO_3)_2$
$CuCl_2$	KI	K_2SO_4	KOH
$AgNO_3$	$Hg(NO_3)_2$	$Ca(NO_3)_2$	$SrCl_2$
NaI	K_2CO_3	CuI	K_3PO_4
K_2SO_4	$CuCl_2$	Na_3PO_4	HBr
$CaSO_4$	$Ba(OH)_2$	Li_2S	C_3H_7COOK
KBr	$BaCl_2$	HCl	C_2H_5COONa

398. Составьте уравнения реакций:

1) $Fe_2(SO_4)_3 + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow$ 2) $SnCl_2 + CH_3COOK + H_2O \rightarrow$
3) $AlCl_3 + NaHCO_3 \rightarrow$ 4) $FeCl_3 + K_2SO_3 + H_2O \rightarrow$
5) $CrCl_3 + K_2S \rightarrow$ 6) $Na_2S + AlCl_3 + H_2O \rightarrow$
7) $NH_4Cl + Na_2SiO_3 \rightarrow$ 8) $Fe(NO_3)_3 + K_2CO_3 + H_2O \rightarrow$
9) $SnCl_2 + CH_3COOK + H_2O \rightarrow$ 10) $BeCl_2 + Na_2S + H_2O \rightarrow$
11) $Cr_2(SO_4)_3 + K_2S \rightarrow$ 12) $FeCl_3 + K_2CO_3 + H_2O \rightarrow$
13) $Al_2(SO_4)_3 + K_2S + H_2O \rightarrow$ 14) $Na_2S + MgBr_2 + H_2O \rightarrow$
15) $Li_2SO_3 + CrCl_3 + H_2O \rightarrow$ 16) $FeBr_3 + Li_2CO_3 + H_2O \rightarrow$
17) $AlCl_3 + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow$ 18) $Na_2CO_3 + Cr(NO_3)_2 + H_2O \rightarrow$

399. Составьте уравнения реакций между гидроксидом натрия (при различных условиях) и следующими веществами:

Углекислый газ (нед.)
Сера
Перманганат натрия
Серная кислота (изб.)
Хлорэтан
Оксид азота (IV) на холоду
Оксид алюминия, t
Изопропилформиат
Кремний
Гидроксохлорид цинка
2,2-дибромбутан
Алюминий
Фосфор
Оксид хлора (IV)
Хлорид аммония
2,3-дибромбутан
Гидроксид бериллия
Сернистый газ (изб.)
Гидроксид цинка
Оксид углерода (II)
1,2-дихлорэтан
Цинк
Пропионат натрия
Оксид фосфора (V)
Хлор (на холоду)
Этилацетат
Дихромат натрия
1,1,1-трихлорпропан
Оксид азота (IV) (t)
Сульфат меди (II)
Триолеин
2-бромпропан
Масляная кислота
Аминопропионовая кислота
Гидросульфат калия
Дигидроортофосфат натрия
Фенол
Ортофосфорная кислота
Бром (t)
1,1-дихлорэтан
Бензилхлорид

400. Как с приведенными ниже веществами будут взаимодействовать: а) гидроксид натрия (водный или спиртовый растворы); б) хлороводород? Составьте уравнения реакций. Укажите условия их протекания.

	NaOH	HCl
1	1,3-дихлорпропан этилпропионат	бутен-1 анилин
2	диолеостеарин хлорбензол	3-хлорпропен глицин
3	бромэтан стеариновая кислота	стирол циклобутан
4	1,1-дихлорпропан монооксид углерода	этин пропанол-2
5	фенол хлоридметиламмония	метакриловая кислота пропен
6	1,1,1-трибромбутан аланин	бутадиен-1,3 фенолят натрия
7	ацетат натрия 2,2-дибромбутан	метиламин ацетиленид серебра

401. Как с приведенными ниже веществами будут взаимодействовать: а) бром; б) вода? Составьте уравнения реакций. Укажите условия их протекания.

	Br_2	H_2O
1	пропан анилин	пропин этилат натрия
2	циклопропан бутадиен-1,3	этилацетат крахмал
3	пропин бензол	1,2-дихлорэтан белок

Окончание таблицы

	Br_2	H_2O
4	толуол акриловая кислота	этилнитрат хлорфенилметан
5	этилбензол (свет) бутен-2	карбид алюминия сахароза
6	нитробензол пропионовая кислота	карбид кальция ацетилен
7	фенол циклогексан	пропен хлорбензол

402. Как с приведенными ниже веществами будут взаимодействовать: а) водород; б) натрий; в) азотная кислота? Составьте уравнения реакций. Укажите условия их протекания.

	H_2	Na	HNO_3
1	бутин-2 ацетальдегид	олеиновая кислота пропанол-1	глицин этан
2	этилен стирол	аланин бутин-1	пропанол-2 бензол
3	акриловая кислота ацетон	уксусная кислота карболовая кислота	2-аминобутан гексан
4	нитробензол бутадиен-1,3	пропин глицерин	циклогексан пентан
5	винилацетилен пропен-2-ол-1	о-крезол бензиловый спирт	глицерин кумол
6	пентаналь циклопропан	бромбензол этанол	бензойная кислота метиламин
7	бензальдегид нитроэтан	этилхлорид ацетилен	фенол анилин

403. Составьте уравнения предложенных реакций

№ п/п	Дописать УХР разложения	Дописать УХР	Дописать УХР	Дописать УХР
1	KNO_3, $FeSO_4$, Na_2SO_3	$CH_4 + O_2 \xrightarrow{кат.}$ $HC{\equiv}CH + Na \xrightarrow{NH_3}$ $C_2H_5COOH + Cl_2 \rightarrow$ $C_6H_5C_2H_5 + KMnO_4 + KOH \rightarrow$	$Al + KOH + H_2O \rightarrow$ $Na_2O_2 + CO_2 \rightarrow$ $KMnO_4 + KOH \rightarrow$ $K_2SiO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow$ $BaSO_4 + C \xrightarrow{t}$	$KHCO_3 + Ba(OH)_2 \rightarrow$ $P_2O_5 + 2H_2O \xrightarrow{t}$ $WO_3 + Al \xrightarrow{t}$ $K_2Cr_2O_7 + HCl \rightarrow$ $PCl_5 + KOH \rightarrow$
2	$(NH_4)_2Cr_2O_7$ Na_2O_2, $Mg(NO_3)_2$	$CH_3COONa + NaOH \rightarrow$ $C_6H_6 + C_3H_6 \rightarrow$ $C_6H_{12}O_6 + Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$ $C_6H_5OH + HNO_3 \rightarrow$	$Zn + NaOH \xrightarrow{t}$ $Ca_3(PO_4)_2 + C + SiO_2 \xrightarrow{t}$ $NH_3 + Na \rightarrow$ $H_2SO_4(к) + P_2O_5 \rightarrow$ $Na_2CO_3 + NH_4Cl \rightarrow$	$NO_2 + H_2O(хол.) \rightarrow$ $Cr_2O_3 + Ba(OH)_2 \xrightarrow{t}$ $CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow$ $K_3[Cr(OH)_6] + SO_2 \rightarrow$
3	$KClO_3$(кат.) HNO_3, AgCl	$CH_3{-}C{\equiv}CH + [Cu(NH_3)_2]Cl \rightarrow$ $NaOH + CO \xrightarrow{t,\ p}$ $C_6H_5COOH + HNO_3 \rightarrow$ $NH_2CH_2COOH + HCl \rightarrow$ $CH_3CHO + KMnO_4 \rightarrow$	$S + NaOH \rightarrow$ $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4(к) \rightarrow$ $Na_2S_2O_3 + HCl \rightarrow$ $CaO + C \xrightarrow{t}$ $BaCO_3 + H_3PO_4 \rightarrow$	$Ca(HSO_4)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow$ $K_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$ $P_2O_3 + H_2O \rightarrow$ $Fe + Cl_2 \rightarrow$ $Cr(OH)_3 + Cs_2O \rightarrow$

Продолжение таблицы

№ п/п	Дописать УХР разложения	Дописать УХР	Дописать УХР	Дописать УХР
4	$NaHCO_3$ $Fe(NO_3)_2$ $KClO_3$ (t) HIO_3	CH_3COOK(р-р) $\xrightarrow{\text{эл. ток}}$ $C_6H_5CH(CH_3)_2$ + + O_2 $\xrightarrow{H_2SO_4}$ $C_6H_{12}O_6 + H_2 \xrightarrow{t}$ $C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{Cu}$	$Cl_2 + KOH \xrightarrow{t}$ $Fe + O_2 + H_2O \rightarrow$ $Na[Al(OH)_4] + CO_2 + H_2O \rightarrow$ $Na_2O_2 + CO \rightarrow$ $NH_3 + Cl_2 \rightarrow$	$NO_2 + H_2O$(гор.) $\rightarrow$ $(CaOH)_2SO_4 + HCl \rightarrow$ $Fe_3O_4 + HNO_3$(к) $\rightarrow$ $Na_2CO_3 + H_3PO_4 \rightarrow$ $FeCl_3 + Cu \rightarrow$
5	NH_4NO_2 $LiOH$ H_2SiO_3	$CH_4 + H_2O \xrightarrow{\text{кат.}}$ $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ферменты}}$ $CH_3COOH + NH_3 \rightarrow$ $C_6H_5CH_3 + Br_2 \xrightarrow{\text{кат.}}$	$CaCO_3 + Al_2O_3 \xrightarrow{t}$ $HNO_3 + P_2O_5 \rightarrow$ $KMnO_4 + H_2O \rightarrow$ $N_2O + Mg \xrightarrow{t}$ $NaNO_3 + Al + NaOH$ + + $H_2O \rightarrow$	$NO_2 + O_2 + H_2O \rightarrow$ $CuOHCl + KOH \rightarrow$ $Zn(OH)_2 + NaOH$(р-р) $\rightarrow$ $Fe_3O_4 + CO \rightarrow$
6	$KMnO_4$ $LiNO_3$ NH_4Cl	$CF_3{-}CH{=}CH_2 + HBr \rightarrow$ $CH_3{-}C{\equiv}CNa + H_2O \rightarrow$ $HCOOH \xrightarrow{H_2SO_4}$ $CH_3{-}CH{=}CH_2 + Cl_2 \xrightarrow{500\ ^\circ C}$	$P + KOH + H_2O \rightarrow$ $KMnO_4 + H_2SO_4$(к) $\rightarrow$ $Na_2SO_3 + S \rightarrow$ $FeCl_2 + Cl_2 \rightarrow$ $Fe_3O_4 + Al \xrightarrow{t}$	$Al(OH)Cl_2 + H_2SO_4 \rightarrow$ $P_2O_5 + H_2O$(хол.) $\rightarrow$ $PbO + KOH$(р-р) $\rightarrow$ $I_2 + Br_2 \rightarrow$ $K_2[Zn(OH)_4] + H_2S$(изб.) $\rightarrow$

Окончание таблицы

№ п/п	Дописать УХР разложения	Дописать УХР	Дописать УХР	Дописать УХР
7	$Fe(NO_3)_3$ $Ba(HCO_3)_2$ $KClO_4$	$CH_2{=}CH_2 + O_2 \xrightarrow{Ag}$ $C_2H_5OH + HNO_3 \rightarrow$ $C_6H_5NO_2 + Fe + HCl \rightarrow$ $CH_3COOH + CH_3OH \rightarrow$ $CaC_2 + HCl \rightarrow$	$Na_2Cr_2O_7 + NaOH \rightarrow$ $FeS_2 + O_2 \rightarrow$ $NaI_{\text{тв.}} + H_2SO_4$ (к) $\rightarrow$ $BaCO_3 + SiO_2 \rightarrow$ $FeCl_3 + Na_2S \rightarrow$	$NO_2 + KOH \rightarrow$ $KH_2PO_4 + NaOH \rightarrow$ $CaSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$ $Fe + I_2 \rightarrow$ $Fe_3O_4 + HI \rightarrow$
8	Ag_2O $CuSO_4$ NH_4NO_3	$CH_2{=}CH_2 + O_2 \xrightarrow{Pd^{+2},\ t}$ $C_6H_5OH + NaOH \rightarrow$ $CH_3COOK + HBr \rightarrow$ $C_2H_5NH_2 + HNO_2 \rightarrow$	$Si + KOH + H_2O \rightarrow$ $K_2S + S \rightarrow$ $Na[Al(OH)_4] + HCl \rightarrow$ $Fe_3O_4 + HCl \rightarrow$	$NO_2 + KOH + O_2 \rightarrow$ $ZnOHNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$ $P_2O_5 + 3H_2O$(гор.) $\rightarrow$
9	$AgNO_3$ $Fe_2(SO_4)_3$ $Al(OH)_3$	$C_2H_5OH \xrightarrow{Al_2O_3,\ ZnO,\ t}$ $C_6H_5OH + H_2CO \rightarrow$ $C_4H_{10} + O_2 \xrightarrow{\text{кат.}}$ $C_3H_8O_3 + C_3H_7COOH \rightarrow$	$K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$ $H_2SO_4 + P_2O_5 \rightarrow$ $PCl_5 + H_2O \rightarrow$ $Fe_2O_3 + KOH \xrightarrow{t}$	$Na_2HPO_4 + H_3PO_4 \rightarrow$ $Fe(OH)_2NO_3 + HCl \rightarrow$ $Fe_2O_3 + C \xrightarrow{t}$ $Cu + NO \rightarrow$
10	$AgBr$ $CaCO_3$ HgO $Mn(NO_3)_2$	$CH_3{-}C{\equiv}CH + H_2O \rightarrow$ $C_2H_5ONa + HCl \rightarrow$ $C_{17}H_{35}COOK + HBr \rightarrow$ $C_6H_5Cl + CH_3Cl + Na \rightarrow$	$NaCl$(тв.) $+ H_2SO_4$(к) $\rightarrow$ $Fe + KNO_3 + KOH \xrightarrow{t}$ $Ba_3(PO_4)_2 + C + SiO_2 \xrightarrow{t}$ $KClO_3 + HCl \rightarrow$	$ClO_2 + H_2O \rightarrow$ $NaHSO_3 + NaOH \rightarrow$ $Cl_2 + H_2O \rightarrow$ $Cr(OH)_3 + KOH \xrightarrow{t}$

404. Составьте уравнения реакций согласно превращениям:

1) $Fe_2O_3 \rightarrow X \rightarrow FeCl_2 \xrightarrow{+Cl_2} Y$
2) $SO_3 \rightarrow X \rightarrow CuSO_4 \xrightarrow{Y} Cu$
3) $NaOH \xrightarrow{+SO_2} X \xrightarrow{Y} NaCl$
4) $Fe \xrightarrow{X} FeCl_3 \xrightarrow{Y} FeCl_2$
5) $SiO_2 \rightarrow X \rightarrow H_2SiO_3 \xrightarrow{t} Y$
6) $AlCl_3 \xrightarrow{X} Al(OH)_3 \xrightarrow{Y} KAlO_2$
7) $P_2O_5 \rightarrow X \xrightarrow{Y} Ca_3(PO_4)_2$
8) $H_2SO_4 \xrightarrow{X} K_2SO_4 \xrightarrow{Y} CaSO_4$
9) $Fe \xrightarrow{+HCl} X \xrightarrow{Y} Fe(OH)_2$
10) $Fe_2O_3 \xrightarrow{+Al} X \xrightarrow{H_2SO_4(р\text{-}р)} Y$
11) $Ba \xrightarrow{X} Ba(OH)_2 \xrightarrow{Y} BaCl_2$
12) $N_2 \xrightarrow{+H_2,\ p,\ k} X \xrightarrow{+HCl} Y \rightarrow X$
13) $Cl_2 \xrightarrow{+KOH,\ t} X \rightarrow Y \rightarrow SO_2$
14) $X \rightarrow Zn(NO_3)_2 \rightarrow Y \rightarrow Na_2ZnO_2$
15) $Al(OH)_3 \xrightarrow{X} NaAlO_2 \xrightarrow{Y} AlCl_3$
16) $Ca(OH)_2 \rightarrow X \rightarrow CaO \xrightarrow{Y} CaSO_4$
17) $N_2 \rightarrow X \xrightarrow{+HNO_3} Y \rightarrow N_2O$
18) $X \xrightarrow{эл.\ ток} Al \rightarrow Y \rightarrow Al_2(SO_4)_3$
19) $SO_2 \xrightarrow{X} SO_3 \xrightarrow{Y} H_2SO_4$
20) $N_2 \rightarrow X \rightarrow NO_2 \xrightarrow{+KOH + O_2} Y$
21) $KMnO_4 \xrightarrow{X} MnCl_2 \xrightarrow{Y} Mn(NO_3)_2$
22) $KAlO_2 \xrightarrow{X} AlCl_3 \xrightarrow{Y} Al(OH)_3$
23) $H_2S \rightarrow X \rightarrow ZnS \xrightarrow{+H_2SO_4\ (р\text{-}р)} Y$
24) $CuO \rightarrow X \rightarrow CuS \xrightarrow{Y} SO_2$
25) $KOH \xrightarrow{X} K_2SO_4 \xrightarrow{Y} KHSO_4$
26) $Al_2S_3 \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow H_2SO_4$
27) $P_2O_5 \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2$
28) $Al(OH)_3 \xrightarrow{X} AlCl_3 \xrightarrow{Y} Al(NO_3)_3$
29) $FeS_2 \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow H_2SO_4$
30) $Al(OH)_3 \rightarrow X \xrightarrow{Y} K[Al(OH)_4]$
31) $Fe(OH)_2 \xrightarrow{+O_2,\ H_2O} X \rightarrow Y \xrightarrow{+Al,\ t} Fe$

32) $N_2 \xrightarrow{+H_2} X \xrightarrow{+HCl} Y$
33) $H_2S \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow BaSO_4$
34) $NH_4NO_2 \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow NO_2$
35) $Fe_2O_3 \xrightarrow{X} Fe \xrightarrow{Y} FeCl_3$
36) $H_2S \xrightarrow{+O_2} X \xrightarrow{+O_2,\ H_2O} Y$
37) $FeCl_3 \xrightarrow{X} FeCl_2 \xrightarrow{Y} FeCl_3$
38) $AlCl_3 \xrightarrow{+Na_2S} X \xrightarrow{+SO_2} Y$
39) $Fe_2O_3 \xrightarrow{X} Fe \xrightarrow{Y} FeSO_4$
40) $Cl_2 \xrightarrow{+H_2} X \xrightarrow{+Fe(OH)_3} Y$
41) $FeCl_3 \xrightarrow{+KOH} X \xrightarrow{+H_2SO_4(р\text{-}р)} Y$
42) $NO \rightarrow X \rightarrow NaNO_3 \xrightarrow{t} Y$
43) $NH_4Br \xrightarrow{X} NH_4NO_3 \xrightarrow{Y} NH_3$
44) $SO_2 \xrightarrow{X} S \rightarrow Y \rightarrow X$
45) $FeCl_2 \xrightarrow{+KOH} X \xrightarrow{+H_2SO_4} Y$
46) $CuSO_4 \rightarrow X \rightarrow CuO \xrightarrow{Y} H_2O$
47) $X \rightarrow CuO \rightarrow CuCl_2 \rightarrow X$
48) $SiO_2 \xrightarrow{X} K_2SiO_3 \xrightarrow{Y} H_2SiO_3$
49) $Ca(OH)_2 \rightarrow X \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow X$
50) $Na_2ZnO_2 \xrightarrow{X} ZnCl_2 \xrightarrow{Y} AgCl$
51) $FeCl_3 \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow Fe(OH)_2$
52) $Ca(HCO_3)_2 \rightarrow X \xrightarrow{Y} CO$
53) $Zn \xrightarrow{+KOH} X \rightarrow Zn(NO_3)_2 \xrightarrow{+KOH(изб.)} Y$
54) $X \rightarrow BaO \rightarrow Y \rightarrow AgCl$
55) $NO \rightarrow X \rightarrow HNO_3 \overset{Y}{\ } N_2O$
56) $X \xrightarrow{+K_2S} ZnS \rightarrow Y \rightarrow ZnSO_4$
57) $AgNO_3 \rightarrow X \rightarrow Na_2O_2 \xrightarrow{Y} X$
58) $CuSO_4 \xrightarrow{+KOH} X \xrightarrow{t} Y$
59) $SO_3 \xrightarrow{X} H_2SO_4 \xrightarrow{Y} (NH_4)_2SO_4$
60) $FeSO_4 \xrightarrow{+KMnO_4,\ H^+} X \xrightarrow{KOH} Y$
61) $Al_2(SO_4)_3 \rightarrow X \rightarrow KAlO_2 \xrightarrow{+HCl(изб.)} Y$
62) $Ca(HSO_3)_2 \rightarrow X \rightarrow NaHSO_3 \xrightarrow{Y} Na_2SO_3$

63) $ZnO \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow ZnO$

64) $X \rightarrow Fe_3O_4 \xrightarrow{Y} Fe(NO_3)_3$

65) $Al(амальгама) \xrightarrow{X} Al(OH)_3 \xrightarrow{+KOH(изб.)} Y$

66) $CO_2 \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow CO_2$

67) $Fe \xrightarrow{X} FeCl_2 \xrightarrow{Y} FeCl_3$

68) $Fe \rightarrow X \rightarrow Fe(OH)_2 \xrightarrow{Y} Fe(NO_3)_3$

69) $N^{-3} \xrightarrow{X} N^0 \xrightarrow{Y} N^{+2} \xrightarrow{Z} N^{+4}$

70) $NH_3 \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow HNO_3$

71) $Fe^0 \xrightarrow{X} Fe^{+2} \xrightarrow{Y} Fe^{+3}$

72) $Fe \xrightarrow{+Cl_2} X \xrightarrow{+KOH} Y$

73) $S^{-2} \xrightarrow{X} S^0 \xrightarrow{Y} S^{+4}$

74) $Mg \xrightarrow{X} NH_4NO_3 \rightarrow Y \rightarrow N_2$

75) $Na_2SO_3 \xrightarrow{+AlCl_3} X \xrightarrow{+H_2O} Y$

76) $Fe \xrightarrow{X} Fe_2(SO_4)_3 \xrightarrow{Y} FeCl_3$

405. Составьте уравнения реакций согласно превращениям:

1) $C_2H_2 \xrightarrow{X} CH_3CHO \xrightarrow{Y} CH_3COOH$

2) $C_2H_5Cl \xrightarrow{X} C_2H_5OH \xrightarrow{Y} C_2H_5ONa$

3) $CH_3{-}C{\equiv}CH \xrightarrow{+H_2O,\ Hg^{2+}} X \xrightarrow{+H_2,\ k} Y$

4) $C_2H_2 \xrightarrow{C,\ t} X \xrightarrow{+Cl_2,\ AlCl_3,\ t} Y$

5) $X \rightarrow C_2H_5Br \rightarrow Y \rightarrow C_6H_5OC_2H_5$

6) этен $\xrightarrow{X}$ этаналь $\xrightarrow{Y}$ этанол

7) $C_6H_6 \xrightarrow{X} C_6H_5{-}CH_3 \rightarrow Y \rightarrow C_6H_5{-}CH_2OH$

8) пропан $\rightarrow X \rightarrow$ пропен $\xrightarrow{Y} X$

9) этанол $\rightarrow X \rightarrow$ бутан $\xrightarrow{Y} CH_3COOH$

10) $C_2H_4 \xrightarrow{X} C_2H_5OH \xrightarrow{Y} C_2H_5ONa$

11) $C_2H_4O \xrightarrow{X} C_2H_5OH \xrightarrow{Y} C_6H_5COOC_2H_5$

12) $H_2CO \xrightarrow{X} Y \rightarrow CH_3OCH_3$

13) $C_6H_5CH_3 \rightarrow X \rightarrow C_6H_5COOCH_3$

14) $C_2H_6 \rightarrow Y \rightarrow C_2H_6O \leftarrow X \leftarrow C_2H_4$

15) пропанол-1 $\rightarrow X \rightarrow$ пропанол-2 $\xrightarrow{+CuO} Y$

16) $CH_4 \xrightarrow{-3H_2,\ t} X \xrightarrow{+KMnO_4}$ щавелевая к-та

17) 2-хлорпропан $\xrightarrow{+H_2O} X \xrightarrow{Cu,\ t}$ пропанон

18) $C_2H_4O \xrightarrow{+KMnO_4(KOH)} X \xrightarrow{+H_2SO_4} Y$

19) $C_2H_5CHO \xrightarrow{+KMnO_4(KOH)} X1 \rightarrow C_2H_6$

20) $C_3H_6Cl_2 \xrightarrow{+NaOH\ (C_2H_5OH)} X \xrightarrow{Y} C_3H_6O$

21) $C_2H_5OH \xrightarrow{X} CH_3COOH \rightarrow Y \rightarrow CH_4$

22) ацетальдегид $\rightarrow X \xrightarrow{Y}$ бромэтан

23) ацетат калия $\rightarrow X \rightarrow C_2H_2 \xrightarrow{Y} C_2H_4O$

24) пропилацетат $\xrightarrow{+KOH} X \xrightarrow{Y} CH_4$

25) $CH_3COONa \xrightarrow{X} CH_4 \rightarrow Y \rightarrow C_6H_6$

26) $CH_3COOK \rightarrow X \xrightarrow{Y}$ этилацетат

27) $CO \rightarrow X \xrightarrow{Y} CH_3COOCH_3$

28) $C_6H_5COOH \rightarrow X \rightarrow C_6H_6 \xrightarrow{Y} C_6H_6Cl_6$

29) уксусная кислота $\xrightarrow{X} Y \rightarrow$ глицин

30) $C_2H_4 \xrightarrow{X} C_2H_6O \rightarrow Y \rightarrow$ каучук

31) $X \rightarrow CH_3COOC_2H_5 \rightarrow Y \rightarrow C_2H_5{-}O{-}C_2H_5$

32) $X \xleftarrow{+H_2O} C_2H_2 \xrightarrow{C,\ t} Y \rightarrow C_6H_5{-}C_2H_5$

33) $C_4H_{10} \xrightarrow{+O_2,\ k} X \xrightarrow{+KOH} Y$

34) $C_2H_6 \rightarrow X \rightarrow C_2H_5OH \xrightarrow{Y} C_2H_4O$

35) метан $\rightarrow X \rightarrow$ этаналь $\xrightarrow{Y} CH_3COONH_4$

36) $C_6H_5CH_2CH_3 \rightarrow X \xrightarrow{Y} C_6H_5CHCH_2(OH)_2$

37) $CO \xrightarrow{X} CH_3OH \rightarrow Y \rightarrow CO_2$

38) этаналь $\rightarrow X \rightarrow$ этилацетат

39) $CaC_2 \xrightarrow{H_2O} X \xrightarrow{+2H_2} Y$

40) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow X \rightarrow C_2H_4 \xrightarrow{Y} C_2H_4O$

41) $C_4H_{10} \rightarrow X \rightarrow (CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{t} Y$

42) $C_2H_6O \xrightarrow{X} C_6H_5COOC_2H_5 \xrightarrow{Y} C_6H_5COOK$

43) $C_6H_6 \rightarrow X \rightarrow C_6H_5COOK \xrightarrow{Y} C_6H_6$

44) $CH_4 \rightarrow X \rightarrow CH_3NH_2 \xrightarrow{Y} CH_3OH$

45) этилен $\rightarrow X \xrightarrow{Y}$ этиленгликоль

46) $X \xleftarrow{+CuO}$ пропанол-1 $\rightarrow Y \rightarrow$ гексан

47) бензол $\rightarrow X \rightarrow$ анилин $\xrightarrow{+Br_2} Y$

48) этанол $\xrightarrow{Al_2O_3,\ t} X \xrightarrow{Y} C_2H_4(OH)_2$

49) метилат калия $\xrightarrow{+H_2O}$ X $\xrightarrow{Y}$ бромметан

50) циклогексан $\xrightarrow{+t,\ Pt}$ X1 $\xrightarrow{Y}$ $C_6H_5{-}NO_2$

51) $CaC_2 \rightarrow X \xrightarrow{Y}$ уксусный альдегид

52) этилацетат $\xrightarrow{+Ca(OH)_2}$ X $\xrightarrow{Y}$ ацетон

53) глюкоза $\rightarrow X \xrightarrow{Y} CH_3CHO$

54) $CH_4 \rightarrow X \rightarrow$ винилацетилен $\xrightarrow{Y}$ хлоропрен

55) $Al_4C_3 \rightarrow X \rightarrow$ нитрометан $\xrightarrow{Y} CH_3NH_2$

56) бензол $\rightarrow X \xrightarrow{Y}$ бензойная кислота

57) $CH_3Cl \xrightarrow{+C_6H_6} X \xrightarrow{Y} C_6H_5CH_2Cl$

58) $C_6H_6 \xrightarrow{X} Y \rightarrow C_6H_5CH_3$

59) целлюлоза $\rightarrow X \xrightarrow{\text{брожение}} Y$

60) ацетилен $\xrightarrow{X} Y \rightarrow$ поливинилхлорид

Упражнение 157. Качественные реакции неорганических веществ.

406. Составьте уравнения реакций между предложенными веществами и укажите признаки протекания этих реакций.

1	$AlCl_3$ и $AgNO_3$	$KOH_{(р\text{-}р)}$ и Al	$K_2[Zn(OH)_4]$ и SO_2	Cu и $H_2SO_{4(к)}$
2	$NaHCO_3$ и HNO_3	LiCl и K_3PO_4	Na_2S и Cl_2	$Na_3[Cr(OH)_6]$ и H_2O_2
3	$NaHCO_3$ и NaOH	KOH и $FeCl_2$	KOH и $CuCl_2$	$Ba(NO_3)_2$ и K_2CrO_4
4	$NaOH_{(тв.)}$ и $NH_4Cl_{(тв.)}$	CuS и $HNO_{3(к)}$	Cu и $HNO_{3(к)}$	$CaSO_3$ и $H_2SO_{3(р\text{-}р)}$
5	$KMnO_4$ и HCl	$NiSO_4$ и NaOH	NH_4Cl и $NaNO_{2(t)}$	CuO и $HNO_{3(р\text{-}р)}$
6	$Ca_3(PO_4)_2$ и HCl	NaOH и Zn	NO и O_2	$HNO_{3(к)}$ и Ag
7	SO_2 и H_2S	HNO_3 и K_2SiO_3	$K_2Cr_2O_7$ и KOH	Na_2CO_3 и $CaCl_2$
8	Zn и $NaOH_{(р\text{-}р)}$	$PbCl_2$ и K_2S	BaI_2 и $AgNO_3$	KI и Cl_2

9	Na_2S и $AlCl_3$	Na_2SO_4 и $BaCl_2$	KBr и Cl_2	$KMnO_4$ и $K_2SO_{3(р\text{-}р)}$
10	$Cu(OH)_2$ и $HCl_{(р\text{-}р)}$	NaOH и $HCl_{(р\text{-}р)}$	Na_2SO_3 и $H_2SO_{4(р\text{-}р)}$	K_2S и HCl
11	$Fe(OH)_2$ и H_2O_2	K_3PO_4 и $AgNO_3$	$FeCl_3$ и $K_4[Fe(CN)_6]$	$CuSO_4$ и K_2S
12	K_2SO_3 и $Ba(NO_3)_2$	KI и $Pb(NO_3)_2$	$Cr(OH)_3$ и $NaOH_{(р\text{-}р)}$	$AlCl_3$ и $NaOH_{(изб.)}$
13	Fe и $CuSO_4$	$CuCl_2$ и NH_3	Zn и HCl	$FeCl_3$ и KCNS
14	$FeCl_3$ и K_2S	$KMnO_4$ и H_2S	NaF и $CaCl_2$	NaI и $H_2SO_{4(к)}$
15	$FeCl_2$ и $K_3[Fe(CN)_6]$	K_2CrO_4 и H_2SO_4	$Ca(HCO_3)_2$ и $Ca(OH)_2$	CO_2 и $Ca(OH)_{2(р\text{-}р)}$

407. С помощью каких реактивов можно распознать неорганические вещества? Составьте план эксперимента, запишите необходимые уравнения реакций и укажите их признаки. Для некоторых пар веществ возможно несколько вариантов идентификации.

1	KOH и $Ba(OH)_2$	CO_2 и N_2	Na_2CO_3 и Na_3PO_4
2	CO_2 и NH_3	K_2SiO_3 и K_2CO_3	NaCl и $Mg(NO_3)_2$
3	KCl и $AlCl_3$	$MgCl_2$ и $Ba(NO_3)_2$	$Ba(NO_3)_2$ и Na_2SO_4
4	KNO_3 и HNO_3	$Ca(HCO_3)_2$ и $Ca(HSO_4)_2$	Na_2SO_3 и Na_2SiO_3
5	Al и Mg	$CaCl_2$ и $Mg(NO_3)_2$	$FeSO_4$ и Na_2SO_4
6	K_2SO_4 и NaCl	K_2SO_4 и $(NH_4)_2SO_4$	$AlCl_3$ и $BaBr_2$
7	K_2SO_3 и K_2SO_4	$Cu(NO_3)_2$ и $CuSO_4$	NH_4NO_3 и KNO_3
8	$Ca(OH)_2$ и NaOH	Na_2SO_4 и H_2SO_4	K_2CO_3 и $BaCl_2$
9	HBr и HNO_3	K_2SO_4 и K_2S	HCl и $Ca(OH)_{2(р\text{-}р)}$
10	$Fe_2(SO_4)_3$ и $FeCl_3$	$NH_{3(р\text{-}р)}$ и $NH_4NO_{3(р\text{-}р)}$	NH_4Br и NaBr
11	$AgNO_3$ и $Zn(NO_3)_2$	Al и Ag	Na_2SO_3 и K_2SO_4

Упражнение 158. Идентификация органических веществ.

408. Составьте уравнения реакций между предложенными веществами и укажите признаки протекания этих реакций.

1	C_3H_6 и $Br_2(H_2O)$	12	Глюкоза и $Cu(OH)_2$, хол
2	Глицерин и $Cu(OH)_2$, хол	13	C_3H_4 и $[Cu(NH_3)_2]Cl$
3	C_2H_5OH и Na	14	Белок и $Pb(CH_3COO)_2$
4	CH_3COOH и Na_2CO_3	15	$C_6H_5NH_2$ и $Br_2(H_2O)$
5	Белок и HNO_3(к)	16	HCOOH и K
6	Глюкоза и $Cu(OH)_2$,t	17	$C_{17}H_{35}COOK$ и HCl
7	C_2H_2 и $[Ag(NH_3)_2]OH$	18	Крахмал и I_2
8	$C_6H_5C_2H_5$ и $KMnO_4$(р-р)	19	Бутин-1 и Na
9	Пропанол-2 и CuO	20	Мальтоза и $[Ag(NH_3)_2]OH$
10	HCOOH и $Cu(OH)_2$, t	21	$Cu(OH)_2$ и CH_3COOH
11	C_6H_5OH и $FeCl_3$	22	HCOOH и CuO

409. С помощью каких реактивов можно распознать органические вещества? Составьте план эксперимента, запишите необходимые уравнения реакций и укажите их признаки.

1	C_2H_6 и C_2H_4	7	$C_6H_5CH_3$ и $C_6H_5NO_2$
2	C_2H_5OH и C_6H_5OH	8	HCOOH и HCHO
3	$C_{17}H_{35}COOH$ и $C_{17}H_{33}COOH$	9	C_2H_3COOH и C_2H_5COOH
4	CH_3NH_2 и $C_6H_5NH_2$	10	CH_3COOH и C_2H_5OH
5	$C_3H_8O_3$ и C_3H_7OH	11	HCOOH и CH_3COOH
6	$C_6H_{12}O_6$ и $(C_6H_{10}O_5)_n$	12	HCOOH и $C_3H_8O_3$

Упражнение 159. Общие научные принципы химического производства.

410. Составьте уравнения реакций, протекающих при вторичной переработке нефти (крекинге и риформинге):

1) крекинг н-гептана, н-октана, н-декана;
2) дегидрирование метилциклогексана до толуола;
3) дегидроциклизация (риформинг) н-гептана, н-октана с образованием изомерных аренов;
4) каталитическая изомеризация гексана с образованием малоразветвлённых изомеров;
5) дегидроизомеризация метилциклопентана до бензола;
6) изомеризация метилциклопентана с расширением цикла;
7) получение изооктана каталитическим алкилированием метилпропана метилпропеном.

411. Составьте уравнения реакций, отражающих использование органических веществ в качестве сырья для химической промышленности:

1) получение из метана: синтез-газа, ацетилена, хлороформа, сажи, водорода;
2) получение из синтез-газа: метанола, синтетического бензина (в общем виде);
3) получение из бутана: бутадиена, уксусной кислоты;
4) получение из этилена: полиэтилена, эпоксиэтана, этиленгликоля, этанола, тефлона;
5) получение из пропана: ацетона, акрилового альдегида;
6) получение из бензола: кумола, фенола, ацетона, полистирола, бутадиен-стирольного каучука, тротила;
7) получение из ацетилена: поливинилхлорида, хлоропренового каучука, полиацетилена, акрилонитрила;
8) получение из целлюлозы: целлулоида, нитроцеллюлозы, ацетатцеллюлозы.

412. Составьте уравнения реакций, отражающих процессы, происходящие при получении различных веществ:

1) электролиз оксида алюминия в расплавленном криолите;
2) каталитическое окисление оксида серы (IV);
3) обжиг пирита;
4) синтез аммиака из атмосферного азота;
5) газификация твёрдого топлива;
6) конверсия метана;
7) получение едкого натра электролизом раствора соли;
8) каталитический крекинг гексана;
9) гидрогенизация жидких жиров;
10) получение капрона реакцией поликонденсации;
11) алюминотермия как способ получения железа;
12) сплавление фофорита с песком и углём;
13) термический крекинг метана;
14) восстановление железа в доменном процессе;
15) полимеризация винилацетата;
16) получение синтетического каучука по Лебедеву;
17) получение азотной кислоты из аммиака;
18) образование двойного суперфосфата;
19) производство стекла из песка, соды и известняка;
20) гашение извести;
21) получение хлорной извести.

Приложения

Приложение 1

КИСЛОТЫ

Формула кислоты	Название кислоты	Анион кислотного остатка	Название аниона
HF	фтороводородная (плавиковая)	F^-	фторид
HCl	хлороводородная (соляная)	Cl^-	хлорид
HBr	бромоводородная	Br^-	бромид
HI	йодоводородная	I^-	йодид
H_2S	сероводородная	S^{2-}	сульфид
HCN	циановодородная (синильная)	CN^-	цианид
H_2CO_3	угольная	CO_3^{2-}	карбонат
H_2SiO_3	кремниевая	SiO_3^{2-}	силикат
HNO_3	азотная	NO_3^-	нитрат
HNO_2	азотистая	NO_2^-	нитрит
H_3PO_4	ортофосфорная	PO_4^{3-}	ортофосфат
HPO_3	метафосфорная	PO_3^-	метафосфат
H_3PO_3	ортофосфористая	PO_3^{3-}	ортофосфит
HPO_2	метафосфористая	PO_2^-	метафосфит
H_2SO_4	серная	SO_4^{2-}	сульфат
H_2SO_3	сернистая	SO_3^{2-}	сульфит
H_2CrO_4	хромовая	CrO_4^{2-}	хромат
$H_2Cr_2O_7$	дихромовая	$Cr_2O_7^{2-}$	дихромат
$HClO_4$	хлорная	ClO_4^-	перхлорат
$HClO_3$	хлорноватая	ClO_3^-	хлорат
$HClO_2$	хлористая	ClO_2^-	хлорит
$HClO$	хлорноватистая	ClO^-	гипохлорит
$HMnO_4$	марганцовая	MnO_4^-	перманганат
H_2MnO_4	марганцовистая	MnO_4^{2-}	манганат

Приложение 2

ФОРМУЛЫ КИСЛОТНЫХ ОКСИДОВ И СООТВЕТСТВУЮЩИХ КИСЛОТ

Формула кислотного оксида	Формула кислоты	Формула кислотного оксида	Формула кислоты
CO_2	H_2CO_3	Mn_2O_7	$HMnO_4$
SiO_2	H_2SiO_3	CrO_3	H_2CrO_4
N_2O_5	HNO_3	CrO_3	$H_2Cr_2O_7$
N_2O_3	HNO_2	SO_3	H_2SO_4
P_2O_5	H_3PO_4	SO_2	H_2SO_3
P_2O_5	HPO_3	Cl_2O_7	$HClO_4$
P_2O_3	H_3PO_3	Cl_2O_5	$HClO_3$
B_2O_3	H_3BO_3	Cl_2O_3	$HClO_2$
MnO_3	H_2MnO_4	Cl_2O	$HClO$
NO_2	HNO_3, HNO_2		

Приложение 3

РЯДЫ КИСЛОТ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ИХ СИЛЫ

Сильные, не отличающиеся по силе в водном растворе
HCl, HBr, HI, H_2SO_4, HNO_3
Средние (убывание силы)
$H_2SO_3 > HSO_4^- > H_3PO_4 > HF > HNO_2$
Слабые (убывание силы)
$CH_3COOH > H_2CO_3 > H_2S > HSO_3^- > H_2PO_4^- > HCO_3^- > HPO_4^{2-} > HS^-$
Вытеснительный ряд кислот
$H_2SO_4 \rightarrow (HCl, HNO_3, H_3PO_4) \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H_2S \rightarrow H_2SiO_3$

Приложение 4

ВАЖНЕЙШИЕ АМФОТЕРНЫЕ ГИДРОКСИДЫ

Как основание		Как кислота			
Формула	Название	Формула	Название	Анион кислотного остатка	Название аниона
$Zn(OH)_2$	гидроксид цинка	H_2ZnO_2	цинковая кислота	ZnO_2^{2-}	цинкат
$Be(OH)_2$	гидроксид бериллия	H_2BeO_2	бериллиевая кислота	BeO_2^{2-}	бериллат
$Sn(OH)_2$	гидроксид олова (II)	H_2SnO_2	оловянни-стая кислота	SnO_2^{2-}	станнит
$Pb(OH)_2$	гидроксид свинца (II)	H_2PbO_2	свинцови-стая кислота	PbO_2^{2-}	плюмбит
$Al(OH)_3$	гидроксид алюминия	H_3AlO_3 $HAlO_2$	ортоалюми-ниевая метаалюми-ниевая кислоты	AlO_3^{3-} AlO_2^-	ортоалю-минат метаалю-минат
$Fe(OH)_3$	гидроксид железа (III)	H_3FeO_3 $HFeO_2$	ортожеле-зистая метажеле-зистая кислоты	FeO_3^{3-} FeO_2^-	ортофер-рит метафер-рит
$Cr(OH)_3$	гидроксид хрома (III)	H_3CrO_3 $HCrO_2$	ортохромис-тая метахро-мистая кислоты	CrO_3^{3-} CrO_2^-	ортохро-мит метахро-мит
$Mn(OH)_4$	гидроксид марганца (IV)	H_4MnO_4 H_2MnO_3	ортомарган-цоватистая метамарган-цоватистая кислоты	MnO_4^{2-} MnO_3^{2-}	ортоман-ганит метаман-ганит

Приложение 5

КАТОДНЫЕ И АНОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Катодные процессы			
Электрохимический ряд напряжений металлов			
Li, Rb, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al	Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb	H_2	Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au
$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2\uparrow + 2OH^-$	$Me^{n+} + n\bar{e} \rightarrow Me^0$ $2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2\uparrow + 2OH^-$		$Me^{n+} + n\bar{e} \rightarrow Me^0$
Анодные процессы			
Кислотный остаток (анион) A^{n-}			
Бескислородный (Cl^-, Br^-, I^-, S^{2-} и др.)	Кислородсодержащий (SO_4^{2-}, NO_3^-, CO_3^{2-} и др.)		
Окисление анионов (кроме фторидов) $A^{n-} - n\bar{e} \rightarrow A^0$	В кислой, нейтральной средах: $2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow O_2\uparrow + 4H^+$ В щелочной среде: $4OH^- - 4\bar{e} \rightarrow O_2\uparrow + 2H_2O$		

Приложение 6

ОКИСЛИТЕЛИ И ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

Окислители	Среда, реагенты	Продукты реакции
O_2	кислая	H_2O
	щелочная и нейтральная	OH^-
$Pb^{+4}O_2$	кислая	Pb^{2+}
$KMn^{+7}O_4$	кислая (H_2SO_4)	$Mn^{+2}SO_4$
	нейтральная	$Mn^{+4}O_2$
	сильно щелочная	$K_2Mn^{+6}O_4$
$K_2Cr_2^{+6}O_7$	кислая (H_2SO_4)	$Cr^{+3}{}_2(SO_4)_3$
	нейтральная среда	$Cr(OH)_3$
$K_2Cr^{+6}O_4$	нейтральная среда	$Cr(OH)_3$
	щелочная среда	$[Cr(OH)_6]^{3-}$
$Г_2$ (галоген)	H_2, металл	$HГ^-$, $Me^{+n}Г_n^-$

Продолжение прил. 6

Окислители	Среда, реагенты	Продукты реакции
$KГ^{+}O$ $KГ^{+3}O_2$ $KГ^{+5}O_3$ $KГ^{+7}O_4$	кислая	$KГ^-$
	$+Г^-$ ($KГ^-$)	$Г_2^0$
H_2SO_4(к)	слабые восстановители Cu, S, C, P	$S^{+4}O_2$
	восстановители средней силы Ni, KBr	S^0
	активные восстановители Mg, KI	H_2S^{-2}
HNO_3(к)		$N^{+4}O_2$
HNO_3(р-р)	слабые восстановители Cu, S, C, P	$N^{+2}O$
	восстановители средней силы Ni, KBr	N_2^+O, N_2^0
	активные восстановители Mg, KI	$N^{-3}H_3$ (NH_4NO_3)
KNO_3		KNO_2
	С амф. Me в щелочной среде	$NH_3 + K_2[Zn(OH)_4]$
$Fe^{+3}Cl_3$ (Fe^{+3})		$Fe^{+2}Cl_2$ (Fe^{+2})
	K_2S	$FeS + S$
O_3	кислая	$O_2 + H_2O$
	щелочная и нейтральная	$O_2 + OH^-$

ВОССТАНОВИТЕЛИ И ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

Восстановители	Среда, реагенты	Продукты реакции
KCl (HCl), KBr (HBr), KI (HI)		$Г_2^0$
K_2S		S^0
$N^{-3}H_3$	в растворе	N_2^0
	горение	N_2^0
	каталитическое окисление	$N^{+2}O$

Продолжение прил. 6

Восстановители	Среда, реагенты	Продукты реакции
$PH_3(P^{-3})$		PO_4^{3-}
H_2S^{-2}	O_2 (недостаток)	S^0
H_2S^{-2}	O_2 (избыток)	$S^{+4}O_2$
	в растворе	S^0
$Fe^{+2}Cl_2$ (Fe^{+2})		$Fe^{+3}Cl_3$ (Fe^{+3})
	щелочная среда	$Fe(OH)_3$
NaH, BaH_2		H_2^0
амф. Me (Zn)	щелочная среда	$[Zn(OH)_4]^{2-}$
Sn^{+2}	кислая среда	Sn^{+4}
	щелочная среда	$[Sn(OH)_6]^{2-}$
Cr^{+3}, Cr_2O_3	щелочная и нейтральная среда	CrO_4^{2-}
$KCr^{+3}O_2(K_3[Cr(OH)_6])$	щелочная среда	$K_2Cr^{+6}O_4$
Cr^{+3}, CrO_3^{3-}, CrO_2^-	кислая среда	$Cr_2O_7^{2-}$
As_2S_3	кислая среда (HNO_3(р-р))	$H_3AsO_4 + H_2SO_4 + NO$

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ДВОЙСТВЕННОСТЬ И ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

Окислители	Среда, реагенты	Продукты реакции
$Mn^{+4}O_2$	кислая среда	Mn^{+2} ($MnCl_2$, $MnSO_4$)
S^0	H_2	H_2S^{-2}
	металлы	ZnS^{-2}
SO_2, H_2SO_3, Na_2SO_3	кислая среда	S^0
HNO_2, KNO_2	кислая среда	$N^{+2}O$
H_2O_2	кислая среда	H_2O
	щелочная или нейтральная среда	$2OH^-$
Восстановители	**Среда, реагенты**	**Продукты реакции**
$Mn^{+4}O_2$	щелочная среда	MnO_4^{2-}
	кислая среда	MnO_4^-

Окончание прил. 6

Восстановители	Среда, реагенты	Продукты реакции
S^0	O_2	$S^{+4}O_2$, $S^{+6}O_3$
	F_2^0	$S^{+6}F_6$
SO_2, H_2SO_3, Na_2SO_3	O_2, катализатор, кислая среда	$S^{+6}O_3$, H_2SO_4, Na_2SO_4
HNO_2, KNO_2		HNO_3, KNO_3
H_2O_2		$O_2 + 2H^+$

Приложение 7

ПРАВИЛА ОРИЕНТАЦИИ В БЕНЗОЛЬНОМ КОЛЬЦЕ

Заместители I рода	Направляют реагент в орто- и параположения	–O–, $–NH_2$, –NHR, $–NR_2$, –OH, –OR, –NHCOR, –SH, –SR, –Alk, –F, –Cl, –Br, –I
		$–NR_2 > –OH > –OCH_3 > –Alk > –F > –I > –Cl > –Br$ ← увеличение ориентирующей способности
Заместители II рода	Направляют реагент в метаположение	$–NR_3$, $–NO_2$, $–SO_3H$, –COR, –CHO, –COOH, –COOR, –CN, $–CCl_3$, $–CF_3$, $–CH_2NO_2$
		$–NO_2 > –SO_3H > –C(=O)H > –C=O > –C(=O)OR > –C(=O)OH$ ← увеличение ориентирующей способности

Ряд влияния заместителей на скорость реакций электрофильного замещения (электронные эффекты указаны относительно водорода)

$$\underbrace{–NR_2 > –OH > –OCH_3}_{–I < +M} > \underbrace{–Alk > H}_{+I} > \underbrace{–F > –I > –Cl}_{–I < +M}$$

$$\underbrace{> –COOH > –COOCH_3 > –C(=O)– > –C(=O)OH –> –SO_3H > –NO_2}_{–I,\ –M}$$

Оглавление

Предисловие 3

Раздел I. УРАВНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ С УЧАСТИЕМ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ 5

Глава 1. Типы химических реакций по числу и составу исходных веществ и продуктов реакции ... 5

1. Подбор коэффициентов 5
2. Составление уравнений химических реакций разных типов 8
   - *2.1. Уравнения реакций соединения* 8
   - *2.2. Уравнения реакций замещения* 10
   - *2.3. Уравнения реакции разложения* 12
   - *2.4. Уравнения реакций обмена* 15
   - *2.5. Закрепление навыков составления уравнений химических реакций* 19

Глава 2. Уравнения реакций, характеризующих химические свойства и способы получения основных классов неорганических веществ 22

1. Оксиды 22
2. Основные и амфотерные гидроксиды 27
3. Кислоты 32
4. Соли 36

Глава 3. Уравнения реакций, характеризующих химические свойства и способы получения металлов, неметаллов и их соединений 42

1. Способы получения неметаллов 42
2. Галогены и их соединения 43
3. Халькогены и их соединения 48
4. Вещества, образованные элементами подгруппы азота и их соединения 54

5. Углерод, кремний и их соединения 64
6. Металлы 69
7. Щелочные, щёлочноземельные металлы, магний и их соединения 72
8. Алюминий и его соединения 75
9. Марганец и его соединения 76
10. Хром и его соединения 79
11. Железо и его соединения 83
12. Цинк и его соединения 88
13. Медь и её соединения 90
14. Серебро, ртуть, и их соединения 92

Раздел II. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ 94

Глава 1. Типы органических реакций 94

1. Уравнения химических реакций замещения для органических веществ 94
2. Химические реакции присоединения для органических веществ 111
   - *2.1. Реакции гидрирования* 111
   - *2.2. Реакции галогенирования* 115
   - *2.3. Реакции гидрогалогенирования* 116
   - *2.4. Реакции гидратации* 119
3. Реакции отщепления (элиминирования) 121
4. Реакции окисления 125

Глава 2. Обобщение сведений о различных классах органических соединений 135

1. Химические реакции органических соединений разных классов 135
2. Химические свойства и способы получения алканов 137
3. Химические свойства и способы получения алкенов 139

4. Химические свойства и способы получения алкадиенов 142
5. Химические свойства и способы получения алкинов 143
6. Химические свойства и способы получения циклоалканов 145
7. Химические свойства и способы получения ароматических углеводородов 147
8. Химические свойства и способы получения спиртов 150
9. Химические свойства и способы получения фенолов 156
10. Химические свойства и способы получения альдегидов и кетонов 158
11. Химические свойства и способы получения карбоновых кислот 164
12. Химические свойства и способы получения функциональных производных карбоновых кислот 170
13. Химические свойства и способы получения аминов 177
14. Химические свойства и способы получения аминокислот 179
15. Химические свойства углеводов 182
16. Полимеры 183
17. Генетическая связь органических соединений 184

Раздел III. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ 190

1. Окислительно-восстановительные реакции 190
2. Кислород и его соединения 191
3. Электронный баланс 193
4. Составление окислительно-восстановительных реакций (ОВР) 195
5. ОВР с участием органических веществ 198
6. Электролиз 203

Раздел IV. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ 206

1. Электролитическая диссоциация 206
2. Ионно-молекулярные уравнения. Реакции ионного обмена 208
3. Гидролиз 212
   3.1. Гидролиз солей 212
   3.2. Гидролиз бинарных соединений 217
   3.3. Гидролиз органических соединений 218
   3.4. Вода. Химические свойства 224

Раздел V. ОБОБЩЕНИЕ ЗНАНИЙ ПО КУРСУ ХИМИИ 226

ПРИЛОЖЕНИЯ 243

ЕАС

Учебное издание

0+

Зыкова Елена Викторовна

ХИМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ

Тренажер для подготовки к ЕГЭ

Ответственный редактор *С.А. Осташов*
Технический редактор *Л.А. Багрянцева*

Формат 84×108/32. Бум. тип № 2.
Печать офсетная. Усл. п. л. 13,44.
Тираж 2500 экз. Зак. № 260.

ООО «Феникс»
344011, Россия, Ростовская обл.,
г. Ростов-на-Дону, ул. Варфоломеева, 150
Тел./факс: (863) 261-89-50, 261-89-75 (доб. 119)
Сайт издательства www.phoenixrostov.ru
Интернет-магазин www.phoenixbooks.ru

Изготовлено в России
Дата изготовления: 08.2018.

Изготовитель: АО «Книга»
344019, Россия, Ростовская обл.,
г. Ростов-на-Дону, ул. Советская, 57/1

Феникс
Издательство

344011, г. Ростов-на-Дону,
ул. Варфоломеева, 150.
Тел: (863) 261-89-50
www.phoenixrostov.ru

- Около 100 новых книг каждый месяц.
- Более 6000 наименований книжной продукции собственного производства.

ОСУЩЕСТВЛЯЕМ:

- Оптовую и розничную торговлю книжной продукцией.

ГАРАНТИРУЕМ:

- Своевременную доставку книг в любую точку страны, ЗА СЧЕТ ИЗДАТЕЛЬСТВА, ж/д контейнерами.
- МНОГОУРОВНЕВУЮ систему скидок.
- РЕАЛЬНЫЕ ЦЕНЫ.
- Надежный ДОХОД от реализации книг нашего издательства.

ТОРГОВЫЙ ОТДЕЛ

344011, г. Ростов-на-Дону, ул. Варфоломеева, 150

Контактные телефоны:

Тел.: (863) 261-89-53, 261-89-54, 261-89-55
261-89-56, 261-89-57, факс. 261-89-58

Начальник Торгового отдела
Аникина Елена Николаевна

Тел.: (863) 261-89-53, torg153@aaanet.ru

Книга содержит наиболее полный и разнообразный набор химических уравнений по всем разделам школьного курса химии (базовый и углубленный уровни). Цель пособия – помочь школьникам научиться составлять химические уравнения разных типов для всех классов неорганических и органических соединений, для соединения всех естественных семейств химических элементов. Пособие позволяет гарантированно улучшить качество знаний, так как охватывает даже самые сложные для понимания учащихся темы курса химии. Данное пособие разработано для учеников старших классов, учителей, репетиторов, преподавателей курсов.

ФЕНИКС

ISBN 978-5-222-31297-1

9 785222 312971

phoenix_book