

А. Э. Антошин

ХИМИЯ

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

**СДАЁМ
БЕЗ
ПРОБЛЕМ!**

ЕГЭ
• 2021 •

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ВСЕМ ТЕМАМ

•
ЗАДАНИЯ РАЗНЫХ ТИПОВ С ОТВЕТАМИ

•
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

ПОВЫШЕННОГО УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ



**СДАЁМ
БЕЗ ПРОБЛЕМ!**



А.Э. Антошин

ХИМИЯ

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА



**Москва
2020**

УДК 373.5:54
ББК 24я721
А72

Об авторе:

А.Э. Антошин — кандидат химических наук

Антошин, Андрей Эдуардович.

А72 ЕГЭ 2021. Химия : теория и практика / А.Э. Антошин. — Москва : Эксмо, 2020. — 320 с. — (ЕГЭ. Сдаем без проблем).

ISBN 978-5-04-112813-5

В издании в сжатой форме изложены основы предмета в соответствии с действующими образовательными стандартами и максимально подробно разобраны наиболее сложные экзаменационные вопросы повышенного уровня сложности. Кроме того, приводятся тренировочные задания, с помощью которых можно проверить уровень усвоения материала. Приложение книги содержит необходимые справочные материалы по предмету.

Издание окажет неоценимую помощь учащимся при подготовке к ЕГЭ по химии, а также может быть использовано учителями при организации учебного процесса.

УДК 373.5:54
ББК 24я721

© Антошин А.Э., 2020

© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо»,
2020

ISBN 978-5-04-112813-5

ОТ АВТОРА

Эта книга предназначена прежде всего школьникам старших классов для подготовки к единому государственному экзамену по химии. Я бы характеризовал ее как книгу для прагматиков, желающих получить на ЕГЭ максимальный балл.

В пособии в сжатой, справочной форме изложен теоретический материал в соответствии с Федеральным компонентом государственных стандартов основного общего и среднего (полного) общего образования и обязательным минимумом содержания среднего (полного) общего образования по химии. Кроме того, рассмотрены спецификация контрольных измерительных материалов и кодификатор элементов содержания и требования к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для единого государственного экзамена по химии.

После теоретического материала отдельно разбираются наиболее сложные задания повышенного уровня сложности с кратким ответом и задания высокого уровня сложности с развернутым ответом.

В книге также приведены задания повышенного уровня сложности с кратким ответом и задания высокого уровня сложности с развернутым ответом. Выполнение этих заданий поможет оценить уровень ваших знаний, определить, какие темы следует повторить.

В десятое, юбилейное издание книги внесен ряд изменений в соответствии с итогами ЕГЭ по химии 2019 года. Кроме того, внесены дополнительные сведения о биологической активности неорганических веществ и областях их промышленного применения.

Отдельно рассмотрены окислительно-восстановительные реакции с участием органических веществ (составная часть задания высокого уровня сложности с развернутым ответом).

Максимальное количество баллов на экзамене можно получить, правильно ответив на задания высокого уровня сложности с развернутым ответом и на задания повышенного уровня сложности с кратким ответом. Для этого нужно твердо знать химические свойства важнейших химических элементов, а также основных классов неорганических и органических веществ. Теоретического материала, изложенного в разделах 1–3, для этого вполне достаточно.

Хочется подчеркнуть, что данное пособие не подменяет существующие учебники и учебные пособия (в первую очередь рекомендованные Рособрнадзором и ФИПИ), а лишь дополняет их, поэтому наряду с данной книгой рекомендую пользоваться литературой, список которой приведен в конце книги.

За постоянную практическую помощь, поддержку и внимание огромное спасибо Т. В. Киселевой. Отдельная благодарность моим друзьям и коллегам: профессорам А. И. Кочергину, А. С. Шестакову, И. В. Рыбальченко, С. А. Лермонтову, К. В. Тугушову, доцентам Ю. Н. Рейхову, В. Ф. Таранченко, А. В. Симнанскому, а также В. Ф. Нemiц и Н. И. Гончарову.

Я буду признателен читателям за любые замечания и пожелания, которые можно присылать по электронной почте veis444@mail.ru.

А. Э. Антошин

Раздел 1. ОСНОВЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

1.1. Атом, молекула, вещество

Атом — электронейтральная частица, состоящая из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов. Атомное ядро состоит из элементарных частиц протона и нейтрона; вокруг атомного ядра по замкнутым орбиталиям двигаются электроны.

Протон (p) — элементарная частица с относительной массой 1,00728 атомной единицы массы (а. е. м.) и зарядом +1 условная единица.

Нейтрон (n) — элементарная нейтральная частица с относительной массой 1,00866 атомной единицы массы.

Число нейтронов в ядре N определяют по формуле

$$N = A - Z,$$

где A — массовое число, Z — заряд ядра, равный числу протонов (порядковому номеру).

Электрон (e^-) — элементарная частица с массой $1/1836$ а. е. м. и условным зарядом -1 . Число электронов в атоме равно заряду ядра атома.

В таблице 1 приведены электронные конфигурации атомов химических элементов первых четырех периодов.

Химический элемент — совокупность атомов с определенным значением (величиной) заряда ядра.

Изотопы — атомы одного и того же элемента, содержащие в своих ядрах одинаковое число протонов, но разное число нейтронов.

Молекула — наименьшая электронейтральная частица вещества, обладающая его химическими свойствами и способная к самостоятельному существованию.

Таблица 1

Электронная формула атомов первых четырех периодов

Период	Элемент	Электронная формула	Период	Элемент	Электронная формула
1	${}_1\text{H}$	$1s^1$	4	${}_{19}\text{K}$	$[\text{Ar}]4s^1$
	${}_2\text{He}$	$1s^2$		${}_{20}\text{Ca}$	$[\text{Ar}]4s^2$
2	${}_3\text{Li}$	$1s^2 2s^1$		${}_{21}\text{Sc}$	$[\text{Ar}]3d^1 4s^2$
	${}_4\text{Be}$	$1s^2 2s^2$		${}_{22}\text{Ti}$	$[\text{Ar}]3d^2 4s^2$
	${}_5\text{B}$	$1s^2 2s^2 2p^1$		${}_{23}\text{V}$	$[\text{Ar}]3d^3 4s^2$
	${}_6\text{C}$	$1s^2 2s^2 2p^2$		${}_{24}\text{Cr}$	$[\text{Ar}]3d^5 4s^1$
	${}_7\text{N}$	$1s^2 2s^2 2p^3$		${}_{25}\text{Mn}$	$[\text{Ar}]3d^5 4s^2$
	${}_8\text{O}$	$1s^2 2s^2 2p^4$		${}_{26}\text{Fe}$	$[\text{Ar}]3d^6 4s^2$
	${}_9\text{F}$	$1s^2 2s^2 2p^5$		${}_{27}\text{Co}$	$[\text{Ar}]3d^7 4s^2$
	${}_{10}\text{Ne}$	$1s^2 2s^2 2p^6$		${}_{28}\text{Ni}$	$[\text{Ar}]3d^8 4s^2$
3	${}_{11}\text{Na}$	$[\text{Ne}] 3s^1$		${}_{29}\text{Cu}$	$[\text{Ar}]3d^{10} 4s^1$
	${}_{12}\text{Mg}$	$[\text{Ne}] 3s^2$		${}_{30}\text{Zn}$	$[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2$
	${}_{13}\text{Al}$	$[\text{Ne}] 3s^2 3p^1$		${}_{31}\text{Ga}$	$[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^1$
	${}_{14}\text{Si}$	$[\text{Ne}] 3s^2 3p^2$		${}_{32}\text{Ge}$	$[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^2$
	${}_{15}\text{P}$	$[\text{Ne}] 3s^2 3p^3$		${}_{33}\text{As}$	$[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^3$
	${}_{16}\text{S}$	$[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$		${}_{34}\text{Se}$	$[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^4$
	${}_{17}\text{Cl}$	$[\text{Ne}] 3s^2 3p^5$		${}_{35}\text{Br}$	$[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^5$
	${}_{18}\text{Ar}$	$[\text{Ne}] 3s^2 3p^6$		${}_{36}\text{Kr}$	$[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^6$

Вещество — любая совокупность атомов и молекул.

Простое вещество образуют одинаковые атомы (например, H_2 , N_2).

Сложное вещество образуют атомы двух и более видов (например, H_2SO_4 , NH_3).

Свойства веществ (температуры плавления и кипения, плотность, цвет и т. д.) относятся к совокупности атомов.

Из молекул состоят вещества в газообразном и парообразном состоянии. В твердом состоянии из молекул состоят лишь вещества, кристаллическая решетка которых имеет молекулярную структуру. Это практически все органические вещества, большинство неметаллов, углекислый газ и вода. У них сравнительно низкие температуры плавления и кипения.

В узлах веществ с атомными кристаллическими решетками находятся отдельные атомы, соединенные между собой очень прочными ковалентными связями. Для этих веществ характерны высокая прочность, высокие температуры плавления (например, алмаз, диоксид кремния).

В узлах веществ с металлическими кристаллическими решетками находятся ионы, между которыми движутся электроны, общие для всего образца. Это обуславливает общие для металлов свойства: высокую электро- и теплопроводность, характерный металлический блеск.

В узлах веществ с ионными кристаллическими решетками находятся ионы. Их образуют вещества с ионной связью. К таким веществам относятся соли, некоторые оксиды и гидроксиды металлов. Вещества с ионной решеткой отличаются сравнительно высокой твердостью и прочностью, они тугоплавки и нелетучи.

Усвоение учебного материала по данной теме на ЕГЭ проводят с помощью заданий базового уровня сложности с кратким ответом.

1.2. Периодический закон

Существуют две формулировки Периодического закона химических элементов: классическая и современная.

Классическая формулировка (в изложении его первооткрывателя Д. И. Менделеева): *свойства простых тел, а*

также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величин атомных весов элементов.

Современная формулировка: *свойства простых веществ, а также свойства и формы соединений элементов находятся в периодической зависимости от заряда ядра атомов элементов (порядкового номера).*

Графическим изображением периодического закона является Периодическая система элементов, которая представляет собой естественную классификацию химических элементов, основанную на закономерных изменениях свойств элементов от зарядов их атомов. Наиболее распространенными изображениями Периодической системы элементов Д. И. Менделеева являются короткая и длинная формы.

Группами называют вертикальные ряды в Периодической системе. В группах элементы объединены по признаку высшей степени окисления в оксидах. Каждая группа состоит из главной (А) и побочной (В) подгруппы. Главные подгруппы включают в себя элементы малых периодов и одинаковые с ними по свойствам элементы больших периодов. Побочные подгруппы состоят только из элементов больших периодов. Химические свойства элементов главных и побочных подгрупп значительно различаются.

Все элементы, кроме гелия, неона и аргона, образуют кислородные соединения, существует всего восемь форм кислородных соединений. В Периодической системе их часто изображают общими формулами, расположенными под каждой группой в порядке возрастания степени окисления элементов: R_2O , RO , R_2O_3 , RO_2 , R_2O_5 , RO_3 , R_2O_7 , RO_4 , где символом R обозначают элемент данной группы. Формулы высших оксидов относятся ко всем элементам группы, кроме исключительных случаев, когда элементы не проявляют степени окисления, равной номеру группы (например, фтор). Оксиды состава RO_4 образуют только ксенон и осмий.

Оксиды состава R_2O проявляют сильные основные свойства, причем их основность возрастает с увеличением по-

рядкового номера. Оксиды состава RO (за исключением BeO, ZnO, PbO, SnO) проявляют основные свойства.

Оксиды состава RO₂, R₂O₅, RO₃, R₂O₇ проявляют кислотные свойства, причем их кислотность возрастает с увеличением порядкового номера.

Элементы главных подгрупп, начиная с IV группы, образуют газообразные водородные соединения. Существуют четыре формы таких соединений. Их располагают под элементами главных подгрупп и изображают общими формулами в последовательности RH₄, RH₃, RH₂, RH.

Соединения RH₄ имеют нейтральный характер; RH₃ — слабоосновный; RH₂ — слабокислый; RH — сильнокислый характер.

Свойства элементов в подгруппах закономерно изменяются сверху вниз:

- усиливаются металлические свойства и ослабевают неметаллические;
- возрастает атомный радиус;
- возрастает сила образованных элементом оснований и бескислородных кислот;
- электроотрицательность падает.

Периодом называют горизонтальный ряд элементов, расположенных в порядке возрастания порядковых (атомных) номеров. В Периодической системе имеются семь периодов: первый, второй и третий периоды называют малыми, в них содержится соответственно 2, 8 и 8 элементов; остальные периоды называют большими: в четвертом и пятом периодах расположены по 18 элементов, в шестом и седьмом — по 32 элемента. Каждый период, кроме первого, начинается щелочным металлом, а заканчивается благородным газом.

Физический смысл порядкового номера химического элемента: число протонов в атомном ядре и число электронов, вращающихся вокруг атомного ядра, равны порядковому номеру элемента.

В пределах периода с увеличением порядкового номера элемента:

- электроотрицательность возрастает;

- металлические свойства убывают, неметаллические — возрастают;
- атомный радиус уменьшается.

1.3. Химическая связь

Химическая связь — электростатическое взаимодействие между электронами и ядрами, приводящее к образованию молекул.

Химическую связь образуют валентные электроны. У *s*- и *p*-элементов валентными являются электроны внешнего слоя, у *d*-элементов — *s*-электроны внешнего слоя и *d*-электроны предвнешнего слоя. При образовании химической связи атомы достраивают свою внешнюю электронную оболочку до оболочки соответствующего благородного газа.

Длина связи — среднее расстояние между ядрами двух химически связанных между собой атомов.

Энергия химической связи — количество энергии, необходимое для разрыва химической связи, когда вещество находится в газовой фазе.

Известны четыре основных типа химической связи: *ковалентная, ионная, металлическая и водородная*.

Ковалентной называют химическую связь, образованную за счет образования общей электронной пары.

Если связь образует пара общих электронов, в равной мере принадлежащая обоим соединяющимся атомам, то ее называют **ковалентной неполярной связью**. Эта связь существует, например, в молекулах H_2 , N_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 . Ковалентная неполярная связь возникает между одинаковыми атомами, а связующее их электронное облако равномерно распределено между ними.

В молекулах между двумя атомами может формироваться различное число ковалентных связей (например, одна в молекулах галогенов F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 , три — в молекуле азота N_2).

Ковалентная полярная связь возникает между атомами с разной электроотрицательностью. Образующая ее

электронная пара смещается в сторону более электроотрицательного атома, но остается связанной с обоими ядрами. Примеры соединений с ковалентной полярной связью: HBr , HI , H_2S , N_2O и т. д.

Ионной называют предельный случай ковалентной полярной связи, при которой электронная пара полностью переходит от одного атома к другому и связанные частицы превращаются в ионы.

Строго говоря, к соединениям с ионной связью можно отнести лишь соединения, для которых разность в электроотрицательности больше 3, но таких соединений известно очень мало. К ним относят фториды щелочных и щелочно-земельных металлов. Условно считают, что ионная связь возникает между атомами элементов, разность электроотрицательности которых составляет величину больше 1,7 по шкале Полинга. Примеры соединений с ионной связью: NaCl , KBr , Na_2O .

Металлической называют химическую связь между положительными ионами в кристаллах металлов, которая осуществляется в результате притяжения электронов, свободно перемещающихся по кристаллу металла.

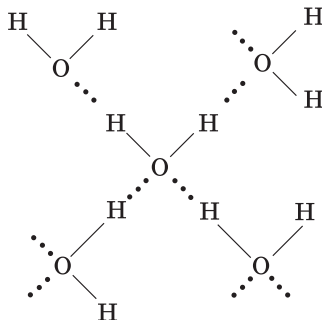
Атомы металлов превращаются в катионы, формируя металлическую кристаллическую решетку. В этой решетке их удерживают общие для всего металла электроны (электронный газ).

Водородная связь бывает межмолекулярной и внутримолекулярной. В общем виде межмолекулярная водородная связь — это связь между положительно заряженным атомом водорода одной молекулы и отрицательно заряженным атомом (O, N, F) другой молекулы.

Внутримолекулярная водородная связь возникает, если в молекуле одновременно имеются группы с донорной и акцепторной способностями. Именно внутримолекулярные водородные связи играют основную роль в образовании пептидных цепей, которые определяют строение белка.

Например, в воде водородная связь возникает благодаря электростатическому и донорно-акцепторному взаимодействию между атомом водорода и атомом кислорода,

который ковалентно не связан с данным атомом водорода. Обозначают водородную связь тремя точками:



Энергия водородной связи на порядок ниже энергии ковалентной связи. Кроме воды водородные связи существуют, например, во фтороводороде, аммиаке, спиртах, карбоновых кислотах.

1.4. Газовые законы

Закон Авогадро. В равных объемах различных газов при одинаковых условиях содержится одинаковое число молекул.

Следствия из закона Авогадро:

1) одинаковое число молекул разных газов при одинаковых условиях будет занимать одинаковый объем;

2) при нормальных условиях (н. у.), т. е. при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (273 K) и давлении $1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$ (1 атм. , 760 мм рт. ст.), моль любого газа занимает объем $22,4\text{ л}$. Этот объем называют **молярным объемом газа** при н. у. (V_M), единица его измерения л/моль.

Молярный объем представляет собой частное от деления объема газа на количество вещества газа:

$$V_M = V(X)/n(X).$$

Плотность газа при нормальных условиях можно определить по формуле

$$\rho(X) = M(X)/V_M,$$

где $\rho(X)$ — плотность газа, г/л; $M(X)$ — молярная масса газа, г/моль; V_M — молярный объем, л/моль.

При одинаковых внешних условиях плотности газов находятся в таком же соотношении, как и их молекулярные массы. Следовательно, если известны молекулярные массы двух газов, можно вычислить плотность одного газа по отношению к другому газу.

Относительной плотностью газа А по газу В, $D_B(A)$, называют отношение массы определенного объема одного газа к массе такого же объема другого газа в одних и тех же условиях:

$$D_B(A) = M(A)/M(B).$$

Объемная доля φ показывает долю объема данного компонента X от общего объема системы V:

$$\varphi(X) = V(X)/V, \text{ или}$$

$$\varphi(X) = V(X) \cdot 100/V, \text{ \%}.$$

Закон объемных соотношений. Объемы газов, участвующих в реакции, относятся друг к другу как небольшие целые числа, равные коэффициентам в уравнении реакции.

Коэффициенты в уравнениях реакций показывают числа объемов реагирующих и образовавшихся газообразных веществ.

1.5. Классификация и общие свойства основных классов неорганических веществ

Неорганические вещества классифицируют по различным классифицирующим признакам. По химическому составу их делят на простые и сложные.

Простыми называют вещества, которые образуют атомы одного и того же химического элемента; **сложными** — вещества, которые образуют атомы двух и более химических элементов.

Простые вещества делят на металлы и неметаллы.

Металлами называют простые вещества, которые обладают характерными металлическими свойствами, а именно высокой электро- и теплопроводностью и металлическим блеском.

Простые вещества, которые образуют атомы **элементов-неметаллов**, при нормальных условиях такими свойствами не обладают.

В Периодической таблице Д. И. Менделеева неметаллы расположены в главных подгруппах справа вверху от условной диагонали, проведенной через бор и астат. В главных подгруппах слева от этой диагонали и во всех побочных подгруппах располагаются металлы.

Оксидами называют класс химических соединений, состоящий из какого-либо элемента и кислорода со степенью окисления -2 .

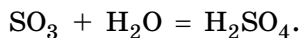
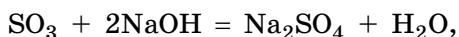
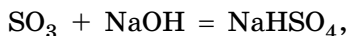
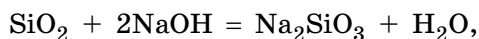
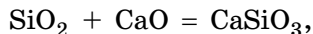
Оксиды классифицируют так.

Несолеобразующими, или безразличными, называют оксиды, не проявляющие ни основных, ни кислотных свойства, например N_2O , NO , CO .

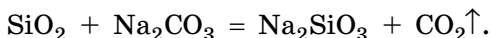
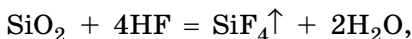
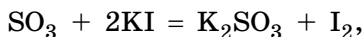
Солеобразующими называют группу кислотных, основных и амфотерных оксидов.

Кислотные оксиды образуют неметаллы и некоторые металлы в высших степенях окисления. Примеры кислотных оксидов: CO_2 , SiO_2 , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 , P_2O_3 , P_2O_5 , SO_2 , SO_3 , Cl_2O_5 , Cl_2O_7 , CrO_3 , Mn_2O_7 .

Кислотные оксиды реагируют с основными оксидами с образованием солей; с основаниями с образованием солей и воды или кислых солей, а также с водой в том случае, если образующаяся в ходе такой реакции кислота растворима в воде:

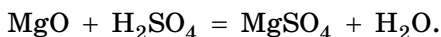
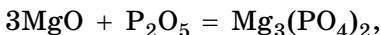


Кроме того, кислотные оксиды вступают в окислительно-восстановительные и обменные реакции:

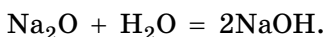


Оснóвные оксиды образуют металлы в низших степенях окисления. Наиболее известные из них: Li_2O , Na_2O , K_2O , MgO , CaO , BaO , HgO , Ag_2O .

Их характерные свойства: реакции с кислотными оксидами с образованием солей и с кислотами с образованием солей и воды, например:

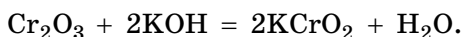
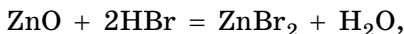


Некоторые оснóвные оксиды реагируют с водой с образованием оснований. Эта реакция проходит в том случае, если продукт реакции растворим в воде:

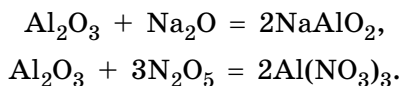


Амфотерными называют оксиды, которые проявляют как оснóвные, так и кислотные свойства в зависимости от другого реагента. Наиболее известные амфотерные оксиды Al_2O_3 , Cr_2O_3 , ZnO , BeO , PbO , SnO . Ряд оксидов, например CuO , Fe_2O_3 , проявляют амфотерные свойства с преобладанием оснóвных.

Амфотерные оксиды взаимодействуют как с кислотами, так и с основаниями с образованием солей и воды или комплексных соединений:



Некоторые амфотерные оксиды могут реагировать как с кислотными, так и с основными, например:



С водой амфотерные оксиды не взаимодействуют.

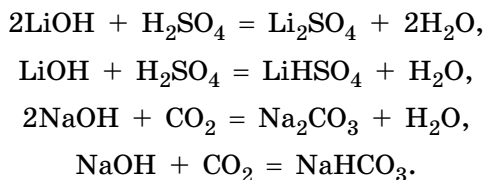
Основаниями называют класс химических соединений, которые состоят из катиона металла или иона аммония и одной или нескольких гидроксильных групп, способных к замещению на анионы.

Число гидроксильных групп определяет кислотность основания.

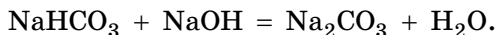
Щелочами называют растворимые в воде основания.

Сильные основания: гидроксиды щелочных и щелочно-земельных металлов LiOH , NaOH , KOH , RbOH , CsOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Sr}(\text{OH})_2$. Слабые основания: все нерастворимые в воде гидроксиды металлов и гидрат аммиака.

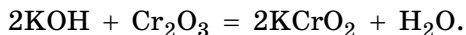
Все основания легко реагируют с кислотами (*реакция нейтрализации*) и кислотными оксидами с образованием солей и воды:



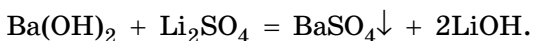
Основания могут вступать в реакцию с кислыми солями:



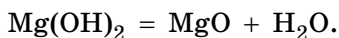
Щелочи при сплавлении с амфотерными оксидами дают соль и воду:



Щелочи могут вступать в реакции обмена с солями, если в результате этой реакции образуется осадок, например:

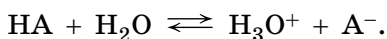


Нерастворимые в воде основания, а также гидроксид лития при нагревании разлагаются на оксид и воду:

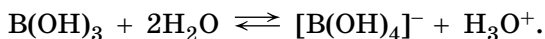


Кислотами называют класс химических соединений, которые содержат в своем составе один или несколько катионов водорода, способных замещаться на атомы металлов, и анионов кислотных остатков.

Неорганическими кислотами называют вещества, молекулы которых при электролитической диссоциации в водной среде отщепляют протоны, в результате чего в растворе образуются гидроксоний-катионы H_3O^+ и анионы кислотных остатков A^- :



Исключение составляет борная кислота $\text{B}(\text{OH})_3$, которая акцептирует гидроксид-ионы OH^- , в результате чего в водном растворе создается избыток гидроксоний-катионов:



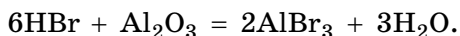
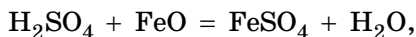
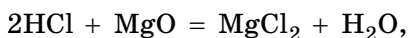
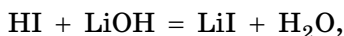
Именно поэтому формулу H_3BO_3 и соответственно название борная кислота применять не рекомендуется, поскольку все три атома водорода молекулы $\text{B}(\text{OH})_3$ не являются кислотными, т. е. не подвергаются кислотной диссоциации по Аррениусу или кислотному протолизу по Бренстеду.

Основностью кислоты называют число способных замещаться на металл атомов водорода в ее молекуле. По основности кислоты делят на одно-, двух- и трехосновные, например HBr , H_2S и H_3PO_4 соответственно.

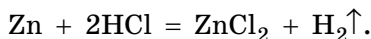
В зависимости от элементного состава кислоты делят на бескислородные и кислородсодержащие, например HBr и H_2SO_3 .

Кислотный остаток — это структурный элемент молекулы кислоты, который выступает как единое целое в ходе химических реакций.

Все кислоты вступают в реакцию с основаниями с образованием солей и воды (реакция нейтрализации), с основными и амфотерными оксидами с образованием солей и воды, например:

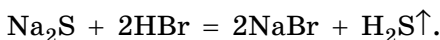


Водные растворы сильных кислот вступают в реакцию с металлами, которые стоят в ряду напряжений металлов левее водорода, с образованием соли и выделением водорода:



Исключением является азотная кислота в любой концентрации и концентрированная серная кислота. В этих случаях водород не выделяется, а происходит восстановление атомов азота и серы соответственно.

Сильные кислоты вытесняют более слабые кислоты из их солей. При этом образуется новая кислота и новая соль:



В таблице 2 приведены формулы и названия наиболее распространенных кислот и их солей.

Таблица 2

**Формулы и названия
наиболее распространенных кислот и солей**

Формула кислоты	Название кислоты	Название солей
HF	Фтороводородная (плавиковая)	Фториды
HCl	Хлороводородная (соляная)	Хлориды
HBr	Бромоводородная	Бромиды
HI	Йодоводородная	Йодиды
H ₂ S	Сероводородная	Сульфиды
H ₂ SO ₃	Сернистая	Сульфиты
H ₂ SO ₄	Серная	Сульфаты
HNO ₃	Азотная	Нитраты
HNO ₂	Азотистая	Нитриты
H ₃ PO ₄	Фосфорная	Фосфаты

Окончание таблицы

Формула кислоты	Название кислоты	Название солей
H_2CO_3	Угольная	Карбонаты
$\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{OH}$	Уксусная	Ацетаты
H_2SiO_3	Кремниевая	Силикаты
HClO_3	Хлорноватая	Хлораты
HClO_4	Хлорная	Перхлораты
HMnO_4	Марганцовая	Манганаты
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Дихромовая	Дихроматы
H_2CrO_4	Хромовая	Хроматы

Сильные кислоты: HI , HBr , HCl , HClO_4 , H_2SO_4 , HNO_3 , H_2CrO_4 , $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, HMnO_4 .

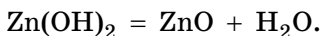
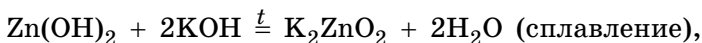
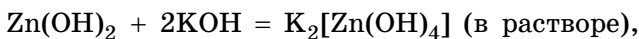
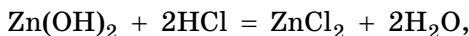
Кислоты средней силы: H_2SO_3 , H_3PO_4 , HF , HNO_2 .

Слабые кислоты: CH_3COOH , H_2CO_3 , H_2S .

Кислородсодержащие кислоты и основания объединяют в общий класс гидроксидов.

Амфотерными называют гидроксиды, способные реагировать как с кислотами, так и с основаниями. Амфотерные гидроксиды: $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Pb}(\text{OH})_2$, $\text{Be}(\text{OH})_2$, $\text{Sn}(\text{OH})_2$. Некоторые гидроксиды ($\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$) проявляют амфотерные свойства с преобладанием основных. Проиллюстрируем химические свойства амфотерных гидроксидов на примере реакций гидроксида цинка.

Химические свойства гидроксида:



Солями называют класс химических соединений, которые представляют собой продукты взаимодействия кислот с основаниями.

По составу соли классифицируют на средние, кислые и основные.

Средними называют соли, которые состоят только из катиона металла или иона аммония и аниона кислотного остатка, например: CsBr , MgSO_4 .

Кислыми называют соли, которые наряду с катионом металла содержат катионы водорода, способные замещаться на другие катионы в ходе обменных реакций, например: LiHCO_3 , CaHPO_4 .

Основными называют соли, которые наряду с анионом кислотного остатка содержат одну или несколько гидроксильных групп, способных замещаться на анионы в ходе реакций обмена, например: Al(OH)Br_2 , Cu(OH)I .

Комплексными называют соли, которые содержат в своем составе комплексные катионы и/или анионы, например: $\text{K}_4[\text{Fe(CN)}_6]$, $[\text{Ag(NH}_3)_2]\text{Cl}$.

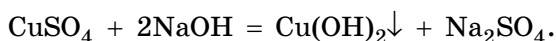
Двойными называют соли, формально представляющие собой продукты взаимодействия двух простых солей, например: $\text{KAl(SO}_4)_2$.

Смешанными называют соли, являющиеся производными нескольких кислот и/или оснований, например: BaClBr .

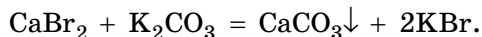
Соли могут реагировать с кислотами с образованием кислых солей; более сильные кислоты могут вытеснять более слабые из их солей:



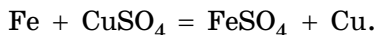
Соли взаимодействуют со щелочами:



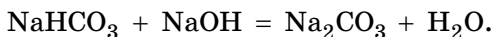
Растворимые в воде соли могут вступать друг с другом в реакции обмена, если один из продуктов уходит из сферы реакции в виде осадка, например:



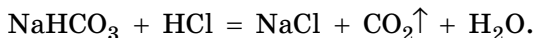
Растворы или расплавы солей вступают во взаимодействие с металлами, стоящими левее, чем металл, входящий в состав соли, в ряду стандартных электродных потенциалов:



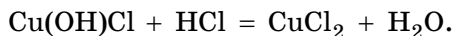
Кислые соли вступают в реакции со щелочами с образованием средних солей и воды:



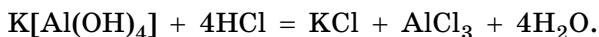
Некоторые кислые соли, например угольной кислоты, разлагаются под действием более сильных кислот:



Основные соли вступают в реакции с кислотами:



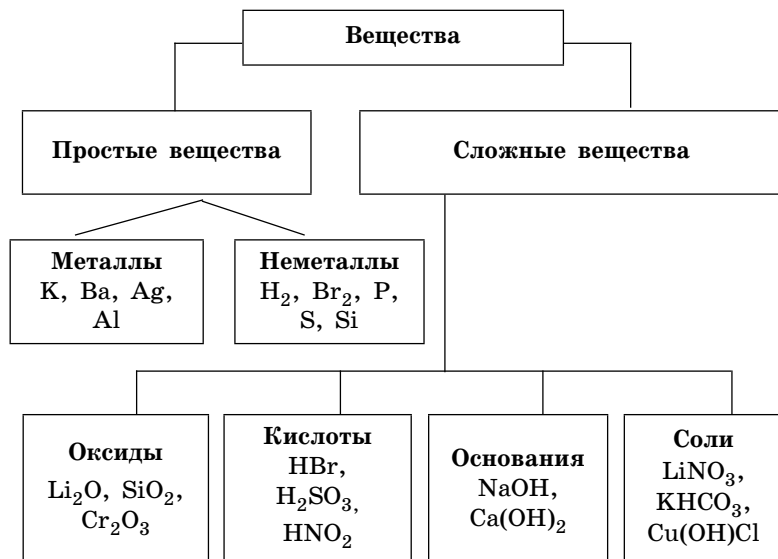
Комплексные соли реагируют с сильными кислотами, продукты реакции зависят от соотношения между реагентами, например:



При нагревании комплексные соли теряют воду:



Классификацию неорганических веществ можно представить следующей самой общей схемой:



1.6. Растворы

Растворами называют гомогенные системы переменного состава, состоящие не менее чем из двух независимых компонентов.

Растворителем называют количественно преобладающий компонент раствора.

Растворимость называют способность вещества растворяться в данном растворителе.

Массовой долей $\omega(X)$ называют отношение массы данного компонента $m(X)$ к массе всей системы (M). Массовую долю обозначают символом ω и обычно выражают в долях единицы или в процентах:

$$\omega(X) = m(X)/M \text{ (в долях единицы);}$$

$$\omega(X) = m(X) \times 100 / M \text{ (в процентах).}$$

Мерой растворимости является концентрация насыщенного при данной температуре раствора. По растворимости в воде твердые вещества условно делят на растворимые, малорастворимые (или труднорастворимые) и практически нерастворимые.

Растворимость зависит от природы веществ, температуры и давления. Как правило, растворимость твердых веществ с повышением температуры возрастает, а газов — падает. Вместе с тем растворимость в воде некоторых твердых веществ (например, NaCl) с увеличением температуры практически не изменяется.

Растворимость газов увеличивается при увеличении давления. Растворимость газов в воде уменьшается в присутствии полярных или ионных веществ.

Растворимость жидкости в жидкости обычно увеличивается с повышением температуры и практически не зависит от давления. Многие жидкости смешиваются неограниченно, например вода — этанол, бензол — хлороформ.

1.7. Гидролиз солей

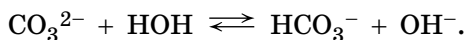
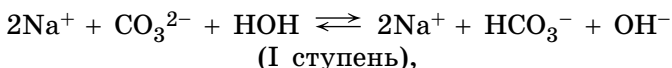
Гидролизом называют взаимодействие ионов соли с водой, которое приводит к образованию слабого электролита. По отношению к гидролизу различают четыре типа солей.

1. Соли, образованные сильным основанием и сильной кислотой, гидролизу не подвергаются. Среда нейтральная.

2. Соли, образованные сильным основанием и слабой кислотой, *гидролизуются по аниону*. Среда таких растворов щелочная ($\text{pH} > 7$), например:

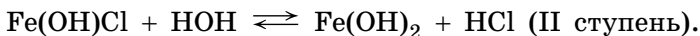


Или в ионной форме



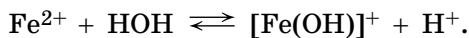
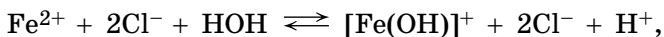
Гидролиз по II ступени практически не протекает.

3. Соли, образованные слабым основанием и сильной кислотой, *гидролизуются по катиону*. Среда таких растворов кислая ($\text{pH} < 7$), например:

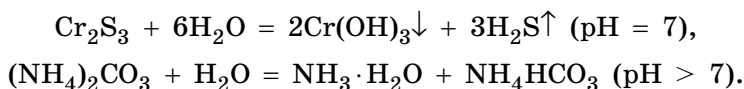


Гидролиз по II ступени практически не идет.

Уравнение гидролиза по I ступени в ионной форме:



4. Соли, образованные слабым основанием и слабой кислотой, *гидролизуются по катиону и аниону*. Такие реакции часто идут полностью и до конца, гидролиз необратим. Реакция и pH среды растворов таких солей зависят от относительной силы кислот и оснований, например:



Гидролиз солей подчиняется принципу Ле Шателье и зависит от концентрации и температуры. При разбавлении растворов гидролиз усиливается, а при концентрировании замедляется. С повышением температуры резко возрастает концентрация ионов H^+ и OH^- , поэтому гидролиз протекает полнее.

Гидролиз кислых солей имеет свои особенности. В этом случае наряду с гидролизом происходит диссоциация аниона кислой соли, поэтому реакция раствора может быть как щелочной (если гидролиз аниона преобладает над его диссоциацией), так и кислой (в обратном случае). Запомним некоторые примеры: Na_2CO_3 и NaHCO_3 — щелочная; Na_2SO_3 — щелочная, а NaHSO_3 — кислая; Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 — щелочная, а NaH_2PO_4 — кислая.

Перечислим еще ряд солей, определение реакции среды водных растворов которых вызывает затруднения у учащихся. AgNO_3 , CaCl_2 — нейтральная, NaF , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ — слабощелочная, NH_4F , MgCl_2 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ — слабокислая. NH_4NO_2 — гидролиз по катиону и аниону.

Рассмотрим типовой пример задания.

Пример. Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) ацетат калия	1) не гидролизуется
Б) сульфид калия	2) гидролиз по катиону
В) хлорид железа (II)	3) гидролиз по аниону
Г) сульфид хрома	4) гидролиз по катиону и аниону

Ацетат калия — соль, образованная анионом слабой уксусной кислоты и катионом сильного основания — гидроксида калия, следовательно, она гидролизуется по аниону. Сульфид калия также образован анионом слабой кислоты (H_2S) и катионом сильного основания (KOH). Гидролиз по

аниону. Хлорид железа (II) образован анионом сильной кислоты (HCl) и катионом слабого основания $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Гидролиз по катиону. Сульфид хрома (III) образован катионом слабого основания $\text{Cr}(\text{OH})_3$ и анионом слабой кислоты H_2S , поэтому подвергается гидролизу по катиону и аниону.

О т в е т:

А	Б	В	Г
3	3	2	4

1.8. Окислительно-восстановительные реакции

Окислительно-восстановительными называют реакции, которые сопровождаются изменением степеней окисления химических элементов, входящих в состав реагентов.

Окислением называют процесс отдачи электронов атомом, молекулой или ионом, который сопровождается повышением степени окисления.

Восстановлением называют процесс присоединения электронов атомом, молекулой или ионом, который сопровождается понижением степени окисления.

Окислителем называют реагент, который принимает электроны в ходе окислительно-восстановительной реакции. (Легко запомнить: окислитель — грабитель.)

Восстановителем называют реагент, который отдает электроны в ходе окислительно-восстановительной реакции.

Окислительно-восстановительные реакции делят на реакции межмолекулярного окисления-восстановления, реакции внутримолекулярного окисления-восстановления, реакции диспропорционирования и реакции конмутации.

Для составления окислительно-восстановительных реакций используют метод электронного баланса.

Составление уравнения окислительно-восстановительной реакции осуществляют в несколько стадий.

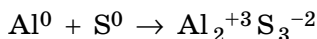
1. Записывают схему уравнения с указанием в левой и правой частях степеней окисления атомов элементов, участвующих в процессах окисления и восстановления.

2. Определяют число электронов, приобретаемых или отдаваемых атомами или ионами.

3. Уравнивают число присоединенных и отданных электронов введением множителей, исходя из наименьшего кратного для коэффициентов в процессах окисления и восстановления.

4. Найденные коэффициенты (их называют основными) подставляют в уравнение реакции перед соответствующими формулами веществ в левой и правой частях.

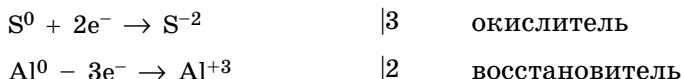
Пример 1. Реакция алюминия с серой. Записываем схему реакции и указываем изменение степеней окисления:



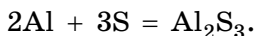
Атом серы присоединяет два электрона, изменяя свою степень окисления от 0 до -2 . Он является окислителем.

Атом алюминия отдает три электрона, изменяя свою степень окисления от 0 до $+3$. Он является восстановителем.

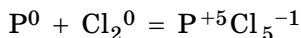
Составляем уравнение электронного баланса и уравниваем число присоединенных и отданных электронов:



Подставляем найденные коэффициенты в уравнение реакции и окончательно получаем:



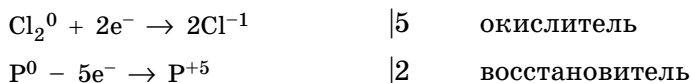
Пример 2. Окисление фосфора хлором. Записываем схему реакции и указываем изменение степеней окисления:



Степень окисления хлора изменяется от 0 до -1 , при этом молекула хлора присоединяет два электрона. Хлор является окислителем.

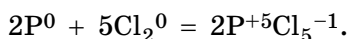
Атом фосфора отдает пять электронов, изменяя свою степень окисления от 0 до $+5$. Он является восстановителем.

Составляем уравнение электронного баланса и уравниваем число присоединенных и отданных электронов:



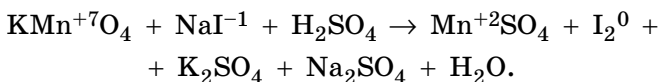
Электронное уравнение для хлора записывают именно так, поскольку окислителем является молекула хлора, состоящая из двух атомов, и каждый из этих атомов изменяет свою степень окисления от 0 до -1 . Коэффициент 5 относится к молекуле хлора в левой части уравнения, а количество атомов хлора в правой части уравнения $5 \times 2 = 10$.

Подставляем найденные коэффициенты в уравнение реакции и окончательно получаем:



Очень часто окислительно-восстановительные реакции проходят в растворах в нейтральной, кислой или щелочной среде. В этом случае химические элементы, входящие в состав вещества, образующего среду реакции, свою степень окисления не меняют.

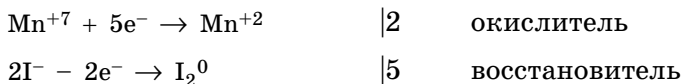
Пример 3. Окисление йодида натрия перманганатом калия в среде серной кислоты. Записываем схему реакции, указываем степени окисления элементов, участвующих в процессах окисления и восстановления:



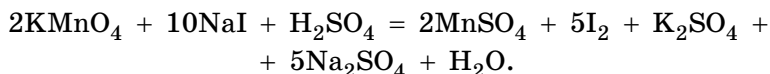
Атом марганца принимает пять электронов, изменяя свою степень окисления от $+7$ до $+2$. Перманганат калия является окислителем.

Два йодид-иона отдают два электрона, образуя молекулу I_2^0 . Йодид натрия является восстановителем.

Составляем уравнение электронного баланса и уравниваем число присоединенных и отданных электронов введением множителей:

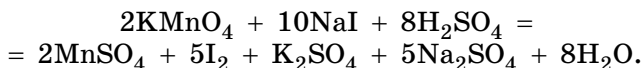


Найденные коэффициенты подставим в уравнение реакции перед соответствующими формулами веществ в левой и правой частях.



Серная кислота является средой реакции. Ни один из элементов, входящих в состав этого соединения, свою степень окисления не меняет, но сульфат-анион связывает выделяющиеся в результате реакции катионы калия, натрия и марганца. Подсчитаем число сульфат-ионов в правой части. Оно равно $2 + 1 + 5 = 8$. Следовательно, перед серной кислотой следует поставить коэффициент 8. Число атомов водорода в левой части уравнения равно $8 \times 2 = 16$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $16/2 = 8$.

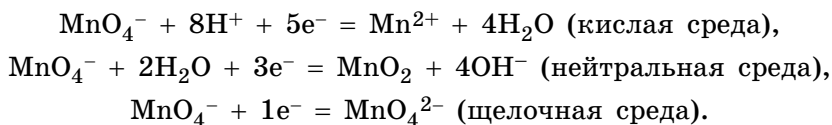
Таким образом, уравнение реакции будет иметь вид:



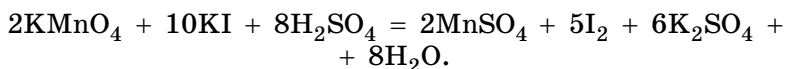
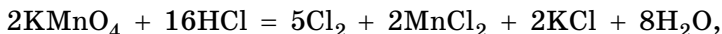
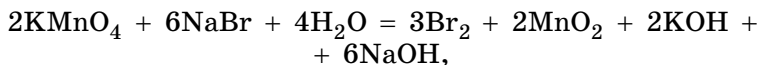
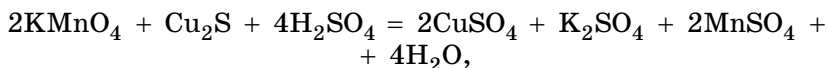
Правильность баланса проверяем по кислороду. В левой части его $2 \times 4 = 8$ (перманганат калия); в правой — $8 \times 1 = 8$ (вода). Следовательно, уравнение составлено правильно.

Некоторые важнейшие окислители:

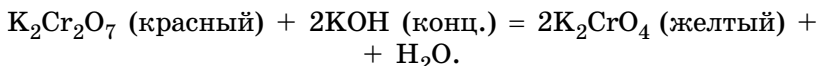
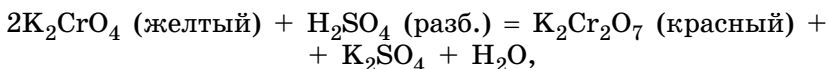
Перманганат калия. Является сильным окислителем, широко применяется в лабораторной практике. Характер восстановления перманганата калия зависит от среды, в которой протекает реакция. В кислой среде перманганат калия восстанавливается до солей Mn^{2+} , в нейтральной или слабощелочной — до MnO_2 , а в сильнощелочной он переходит в манганат-ион MnO_4^{2-} . Данные переходы описываются следующими уравнениями:



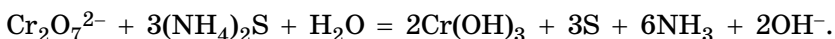
Перманганат калия способен окислять сульфиды в сульфаты, нитриты в нитраты, йодиды до свободного йода, соляную кислоту до хлора и т. д.:



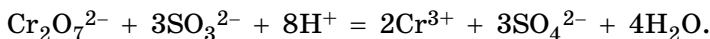
Хромат и дихромат калия. Эти соединения широко применяют в качестве окислителей в неорганических и органических синтезах. Взаимные переходы хромат- и дихромат-ионов очень легко протекают в растворах, что можно описать следующими уравнениями:



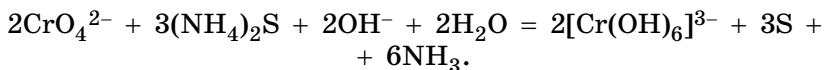
Соединения хрома (VI) — сильные окислители. В окислительно-восстановительных процессах они переходят в производные Cr (III). В нейтральной среде образуется гидроксид хрома (III), например:



В кислой среде образуются ионы Cr^{3+} :



В щелочной — производные анионного комплекса $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$:



Довольно часто одно и то же вещество одновременно является окислителем и создает среду реакции. Такие

реакции характерны для концентрированной серной и азотной кислот в любой концентрации. Кроме того, в подобные реакции, но в качестве восстановителя, вступают галогеноводородные кислоты с сильными окислителями.

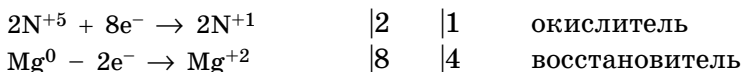
Пример 4. Окисление магния разбавленной азотной кислотой. Записываем схему реакции и указываем изменение степеней окисления:



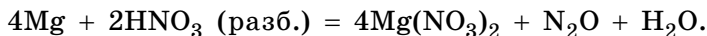
Степень окисления азота изменяется от +5 до +1, при этом два атома азота присоединяют десять электронов. Азотная кислота является окислителем.

Магний отдает два электрона, изменяя свою степень окисления от 0 до +2. Он является восстановителем.

Составляем уравнение электронного баланса и уравниваем число присоединенных и отданных электронов:

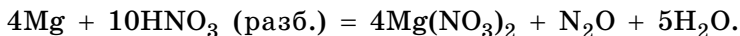


Подставляем найденные коэффициенты перед окислителем и восстановителем в левой части уравнения реакции и перед продуктами окисления и восстановления в правой части уравнения реакции:



При этом в правой части уравнения реакции имеется $4 \times 2 = 8$ нитрат-ионов, не изменивших свою степень окисления. Очевидно, что для этого в правую часть уравнения реакции следует добавить еще 8 молекул HNO_3 . Тогда общее количество молекул азотной кислоты в правой части уравнения составит $2 + 8 = 10$.

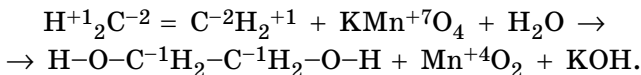
В этих молекулах содержатся $10 \times 1 = 10$ атомов водорода. Такое же количество атомов водорода должно быть и в правой части уравнения. Следовательно, перед молекулой воды следует подставить коэффициент $10/2 = 5$, и уравнение окончательно будет иметь вид:



Окончательно проверяем правильность баланса, подсчитывая число атомов кислорода в левой и правой частях уравнения. В левой части $10 \times 3 = 30$. В правой части $(2 \times 3) \times 4 = 24$ в нитрате магния, 1 в оксиде азота (I) и $5 \times 1 = 5$ в молекуле воды. Итого $24 + 1 + 5 = 30$. Таким образом, реакция полностью уравнена.

Окислительно-восстановительные реакции с участием органических соединений вызывают определенные сложности, но и в этом случае понятие «степень окисления», несмотря на свой формальный характер, позволяет уравнивать любые реакции. При этом для определения заряда на атоме углерода следует помнить, что атом водорода в молекулах органических веществ всегда имеет заряд +1, а атом кислорода -2.

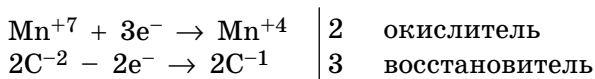
Пример 5. Окисление этена перманганатом калия в нейтральной среде. Записываем схему реакции и указываем изменение степеней окисления:



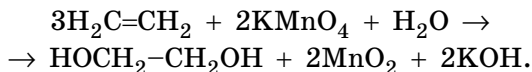
Марганец присоединяет три электрона, изменяя свою степень окисления с +7 до +4.

Атом марганца в молекуле перманганата калия является окислителем. Два атома углерода в молекуле этена отдают два электрона, изменяя свою степень окисления с -2 до -1. Атомы углерода являются восстановителями.

Составляем уравнение электронного баланса и уравниваем число присоединенных и отданных электронов:

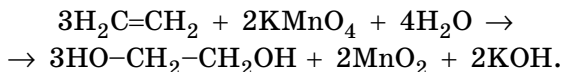


Подставляем найденные коэффициенты в уравнение реакции перед соответствующими формулами веществ в левой и правой частях:



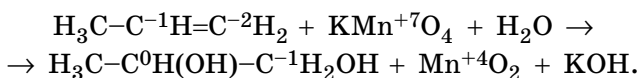
Подсчитываем число атомов водорода в правой части. Оно складывается из $3 \times 2 = 6$ в молекуле этиленгликоля и 2 в гидроксиде калия, итого 8.

Отсюда следует, что перед молекулой воды в левой части необходимо поставить коэффициент $8/2 = 4$.



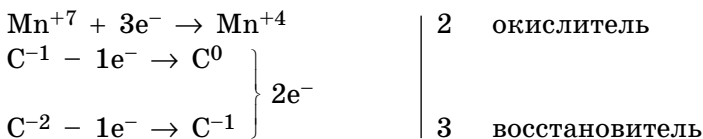
Окончательно проверяем правильность составления уравнения, сравнивая число атомов кислорода в левой и правой частях уравнения. Оно равно 12.

Пример 6. Окисление пропена перманганатом калия в водной среде. Записываем схему реакции и указываем изменение степеней окисления:

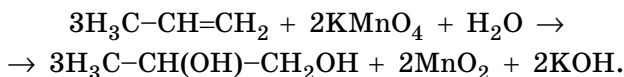


Атом марганца принимает три электрона, изменяя свою степень окисления от +7 до +4. Перманганат калия является окислителем. Восстановителями являются два атома углерода в молекуле пропена. Оба отдают по одному электрону. Пропен является восстановителем.

Составляем уравнение электронного баланса и уравниваем число присоединенных и отданных электронов введением множителей:

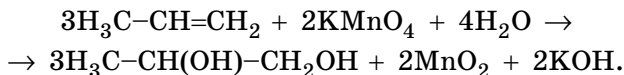


Найденные коэффициенты подставим в уравнение реакции перед соответствующими формулами веществ в левой и правой частях:



Подсчитываем число атомов водорода в правой части. Оно равно $3 \times 2 = 6$ в молекуле пропандиола-1,2 и 2 в мо-

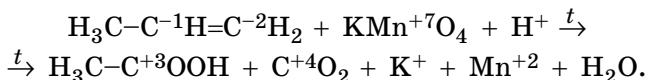
лекуле КОН, итого 8. Число атомов водорода в углеродном скелете молекулы не учитываем, так как оно осталось неизменным. Следовательно, перед молекулой воды в левой части нужно поставить коэффициент 4.



Окончательно проверяем правильность составления уравнения, сравнивая число атомов кислорода в левой и правой частях уравнения. Оно равно 12.

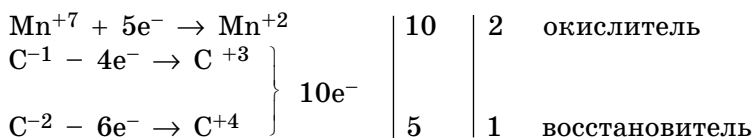
Иногда окислительно-восстановительные реакции усложняют, указав, что реакция идет в кислой среде, не указывая при этом конкретную формулу кислоты. В этом случае соблюдают баланс как по числу химических элементов, так и по количеству зарядов в левой и правой частях уравнения.

Пример 7. Взаимодействие пропена с перманганатом калия в кислой среде при нагревании. Записываем схему реакции, указываем степени окисления элементов, участвующих в процессах окисления и восстановления:

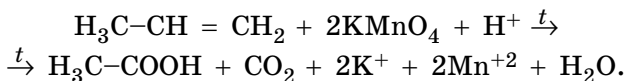


Атом марганца принимает пять электронов, изменяя свою степень окисления от +7 до +2. Перманганат калия является окислителем. Восстановителями являются два атома углерода в молекуле пропена. Первый, из фрагмента $-\text{C}^{-1}\text{H}=$, переходит в карбоксильную группу $-\text{C}^{+3}\text{OON}$, отдавая при этом четыре электрона. Второй, из фрагмента $=\text{C}^{-2}\text{H}_2$, переходит в углекислый газ C^{+4}O_2 , отдавая при этом шесть электронов.

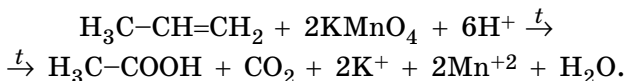
Составляем уравнения электронного баланса и уравниваем число присоединенных и отданных электронов введением множителей:



Найденные коэффициенты подставим в уравнение реакции перед соответствующими формулами веществ в левой и правой частях:

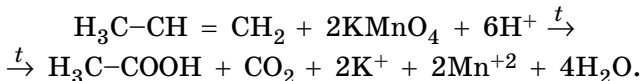


Реакция протекает в кислой среде. Число положительных зарядов в правой части уравнения равно шести ($2 \times 1 + 2 \times 2$). Следовательно, именно этот коэффициент следует проставить перед катионом H^+ в левой части уравнения.



Вычислим коэффициент перед формулой воды. Он складывается из шести (катионы водорода среды) и двух (атомы водорода фрагмента $=\text{CH}_2$), итого $8/2 = 4$.

Таким образом, уравнение реакции будет иметь вид:



Правильность баланса проверяем по кислороду. В левой части его $2 \times 4 = 8$. В правой $1 \times 2 + 1 \times 2 + 4 \times 1 = 8$. Следовательно, уравнение составлено правильно.

Окислительно-восстановительные реакции с участием органических соединений практически всегда встречаются в заданиях, посвященных реакциям, подтверждающим взаимосвязь органических соединений.

Наиболее сложные из них представлены в разделе 4 этой книги.

1.9. Электролиз

Электролизом называют химические реакции, которые протекают под действием электрического тока на электродах в растворах и расплавах электролитов.

Катодом называют отрицательно заряженный электрод. На его поверхности ионы, молекулы или атомы присоединяют электроны, т. е. протекает реакция электрохимического восстановления катионов.

Анодом называют положительно заряженный электрод. На его поверхности происходит отдача электронов, т. е. реакция окисления.

Для установления продуктов электролиза водных растворов солей используют так называемый электрохимический ряд напряжений металлов, а также ряд восстановительной активности анионов.

Электрохимический ряд напряжений металлов:

Li, Cs, K, Rb, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al, Ti, Mn, Zn, Cr, Fe, Ni, Cd, Co, Ni, Sn, Pb (H_2) Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

Ряд восстановительной активности анионов:

F^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , OH^- , Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} .

Рассмотрим несколько примеров реакций электролиза, протекающих на инертных, т. е. не вступающих в какие-либо химические реакции, электродах.

Прогнозировать происходящие при электролизе водных растворов процессы можно с помощью ряда напряжений металлов и некоторых экспериментально обоснованных закономерностей.

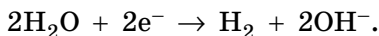
Для **катодных процессов** существуют следующие закономерности:

1. Катионы металлов, стандартные электродные потенциалы которых выше, чем у водорода, т. е. расположенные в этом ряду правее его (Cu, Hg, Ag, Pt, Au), при электролизе полностью восстанавливаются на катоде в виде металла: $Me^{n+} + ne^- \rightarrow Me^0$.

2. Катионы металлов с малой величиной стандартного электродного потенциала (Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , ..., до Al^{3+} включительно) при электролизе на катоде не восстанавливаются, а вместо них восстанавливаются молекулы воды: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$.

3. Катионы металлов со стандартными электродными потенциалами меньше, чем у водорода, но больше, чем у алюминия (Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{2+} , ..., до H), при электролизе восстанавливаются на катоде одновременно с молекулами воды, т. е. одновременно идут два процесса:

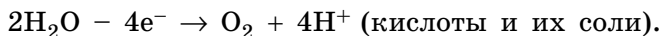
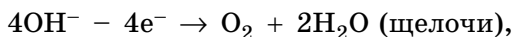




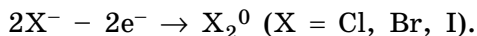
При электролизе водных растворов кислот и щелочей на катоде всегда выделяется водород.

Для анодных процессов:

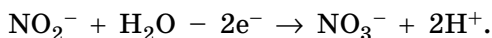
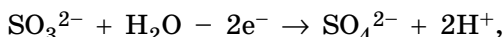
1. При электролизе водных растворов щелочей, кислородсодержащих кислот и их солей, в которых атомы неметаллов или металлов находятся в высшей степени окисления (NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , ClO_4^- , MnO_4^- и т. п.), а также фторид-ионов F^- на аноде будут окисляться не анионы, а гидроксид-ионы и молекулы воды и выделяться кислород:



2. При электролизе хлоридов, бромидов, йодидов у анода будут разряжаться анионы и выделяться соответствующие галогены:



3. При электролизе анионов, содержащих неметалл в промежуточной степени окисления (SO_3^{2-} , NO_2^- и др.), они сами окисляются на аноде:

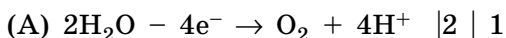
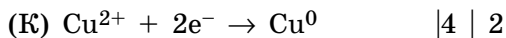


Усвоение учебного материала по данной теме на ЕГЭ проводят с помощью заданий повышенного уровня сложности.

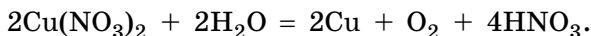
Пример 1. Установите соответствие между формулой вещества и продуктами, которые могут образовываться на катоде в результате электролиза его водного раствора.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА
А) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	1) медь
Б) AgNO_3	2) водород
В) FeCl_2	3) калий
Г) K_2SO_4	4) железо
	5) серебро
	6) железо и водород

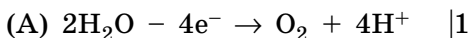
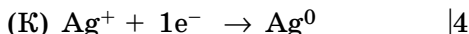
Нитрат меди (II). Медь в электрохимическом ряду напряжений металлов стоит после водорода. Следовательно, при электролизе она выделится на катоде в виде металла: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0$. На аноде при этом будет происходить окисление молекул воды и выделяться кислород: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$. Уравниваем процессы окисления и восстановления:



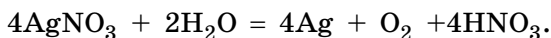
Окончательно получаем:



Нитрат серебра. Серебро в электрохимическом ряду напряжений металлов стоит после водорода. Следовательно, при электролизе оно выделится на катоде в виде металла: $\text{Ag}^+ + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Ag}^0$. На аноде при этом будет происходить окисление молекул воды и выделяться кислород: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$. Уравниваем процессы окисления и восстановления:

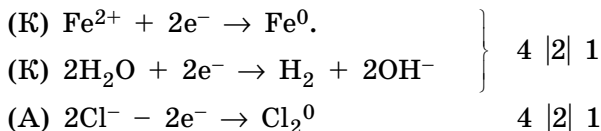


Окончательно получаем:

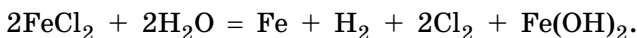


Хлорид железа (II), FeCl_2 . Железо в ряду напряжений стоит после алюминия и до водорода. При электролизе на катоде восстанавливаются и металл, и молекулы воды, т.е. одновременно идут два процесса: $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^0$; $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$. На аноде будет выделяться хлор: $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}_2^0$.

Уравниваем процессы окисления и восстановления:

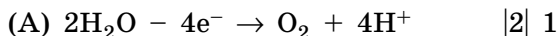
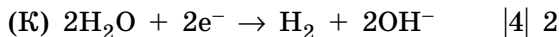


Окончательно получаем:

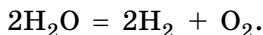


Сульфат калия. Катион калия в ряду напряжений металлов стоит до алюминия. Поэтому катион калия при электролизе на катоде не восстанавливается, а вместо него восстанавливаются молекулы воды: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$. На аноде будут окисляться молекулы воды: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$.

Уравниваем процессы окисления и восстановления:



После сокращения получаем:



О т в е т:

А	Б	В	Г
1	5	6	2

1.10. Обменные реакции

Реакциями ионного обмена называют химические реакции, которые протекают между ионами без изменения степеней окисления элементов и приводят к обмену составных частей реагентов.

Уравнения обменных реакций записывают в молекулярной форме (с указанием формул всех реагирующих веществ со стехиометрическими коэффициентами); в полной ионной форме (с указанием всех существующих в растворе ионов) и в сокращенной ионной форме (с указанием только тех ионов, которые непосредственно взаимодействуют между собой).

При написании уравнений реакций в ионной форме формулы малодиссоциирующих веществ (слабых электролитов) записывают в молекулярной форме.

Уравнения реакций обмена в водных растворах электролитов составляют так.

1. Записывают в левой части уравнения все формулы веществ, вступивших в реакцию в молекулярной или ионной форме.

2. Руководствуясь знаниями физико-химических свойств реагентов и таблицами растворимости веществ, составляют формулы продуктов реакции.

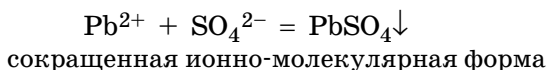
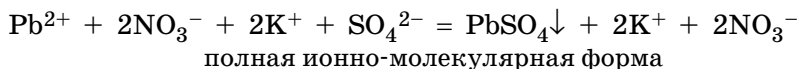
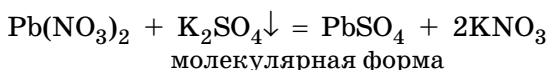
3. Проверяют число атомов каждого элемента в обеих частях уравнения и определяют необходимые стехиометрические коэффициенты перед формулами.

Реакции ионного обмена в растворах электролитов протекают практически необратимо и до конца, если в качестве продуктов образуются осадки (малорастворимые вещества), газы (легколетучие вещества), слабые электролиты (малодиссоциирующие соединения) и комплексные ионы.

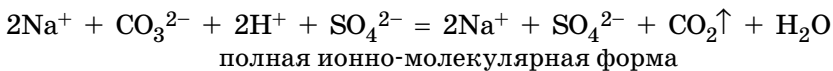
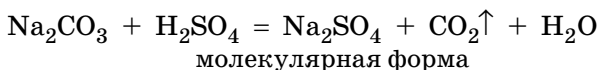
Если при взаимодействии растворов электролитов не образуется ни одно из указанных видов соединений, химическое взаимодействие практически не происходит.

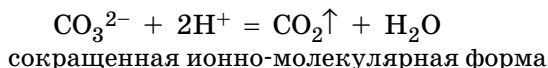
Уравнения обменных реакций можно записать в молекулярной форме, полной ионной форме, с указанием всех существующих в растворе ионов и в сокращенной ионной форме, которая, собственно, и выражает взаимодействие ионов. Следует отметить, что при написании уравнений реакций в ионной форме малодиссоциирующие вещества (слабые электролиты) записывают в молекулярной форме.

Пример 1. Реакция между нитратом свинца и сульфатом калия. В результате этой реакции образуется нерастворимый сульфат свинца и выделяется растворимый нитрат калия:

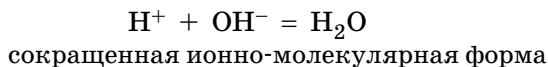
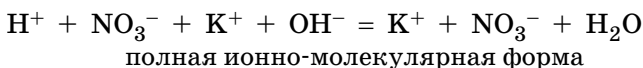
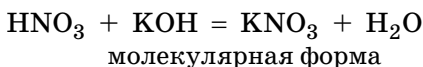


Пример 2. Взаимодействие карбоната натрия с серной кислотой. При этом выделяется углекислый газ и вода, а в растворе остаются катионы натрия и сульфат-ионы:





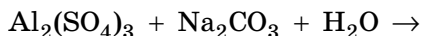
Пример 3. Реакция между азотной кислотой и едким кали. В результате данной реакции образуется малодиссоциированное соединение — вода, и в растворе остаются катионы калия и нитрат-ионы:



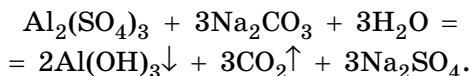
Иногда в ходе обменных реакций образуются вещества, для которых в таблице растворимости приведены символы «—» (в водной среде разлагается или не существует) или «?» — нет достоверных сведений о существовании соединения. Это означает, что данное соединение водой разлагается на кислоту и основание.

Так, например, сульфид алюминия разлагается водой на $\text{Al}(\text{OH})_3$ и H_2S , карбонат хрома (III) $\text{Cr}_2(\text{CO}_3)_3$ разлагается на $\text{Cr}(\text{OH})_3$ и CO_2 и т. д.

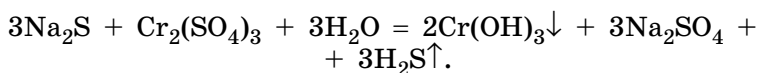
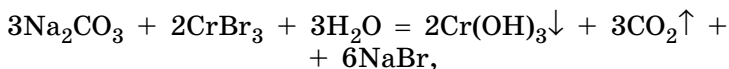
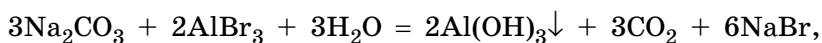
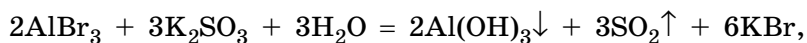
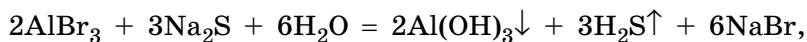
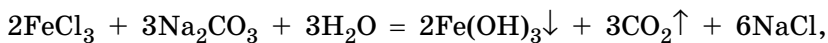
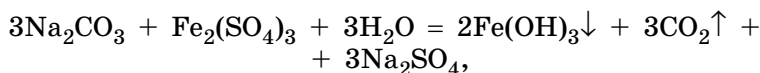
Пример 4. Реакция между водными растворами сульфата алюминия и карбоната натрия:



Теоретически в результате этой реакции должны образоваться сульфат натрия и карбонат алюминия. Однако последний в водном растворе не существует, а разлагается на $\text{Al}(\text{OH})_3$ и CO_2 . Следовательно, реакция пройдет следующим образом:



Часто встречающиеся реакции совместного гидролиза:



Раздел 2. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

2.1. Элементы группы IA

Элементами группы IA являются литий Li, натрий Na, калий K, рубидий Rb, цезий Cs и франций Fr. Их называют также щелочными металлами. Некоторые их физические свойства приведены в таблице 3.

Таблица 3

Физические свойства элементов группы IA

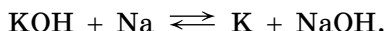
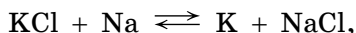
Характеристика	Элемент				
	${}_3\text{Li}$	${}_{11}\text{Na}$	${}_{19}\text{K}$	${}_{37}\text{Rb}$	${}_{55}\text{Cs}$
Металлический радиус атома, нм	0,155	0,190	0,235	0,248	0,267
t пл., °C	180,7	98,0	63,8	39,2	28,55
t кип., °C	1347	983,1	774	688	678
Плотность, г/см ³	0,534	0,971	0,862	1,532	1,873

Для щелочных металлов наблюдается общая для Периодической системы закономерность: с увеличением порядкового номера возрастает радиус атома элемента и его металлические свойства.

Общий способ получения щелочных металлов — электролиз расплавов их хлоридов, например:



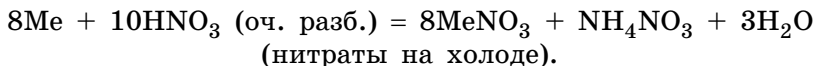
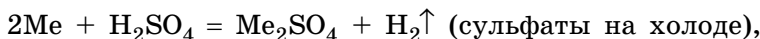
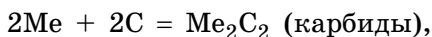
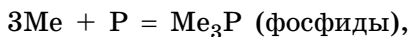
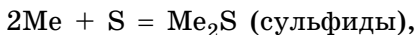
Калий получают также с помощью натрийтермического метода:



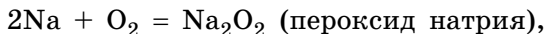
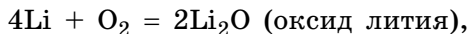
Щелочные металлы химически очень активны, легко реагируют с простыми и сложными веществами; в своих соединениях проявляют степень окисления +1.

Хранят щелочные металлы в герметичных емкостях под слоем обезвоженного керосина, литий — под слоем вазелина.

Ниже представлены общие для всех щелочных металлов реакции ($\text{Me} = \text{Li}, \text{Na}, \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$).

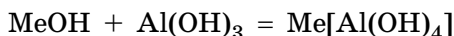
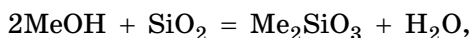
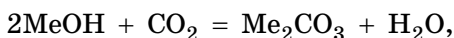
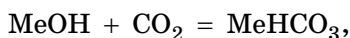
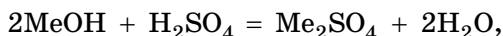
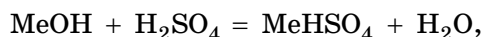
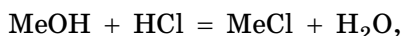
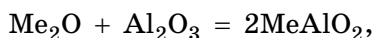
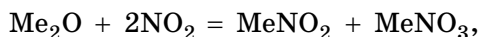
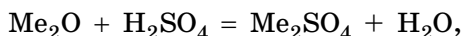
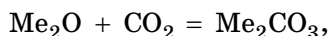
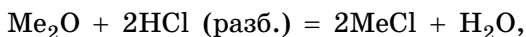
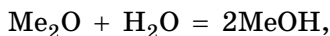


Исключением является реакция с кислородом, в которой щелочные металлы ведут себя по-разному:

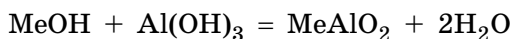


Оксиды щелочных металлов Me_2O являются типичными основными оксидами, а гидроксиды ЭОН — сильными основаниями (щелочами), сила которых возрастает от лития к цезию.

Гидроксиды щелочных металлов плавятся без разложения, за исключением гидроксида лития, который при температуре выше температуры плавления разлагается на оксид лития и воду.



(тетрагидроксоалюминат, в водном растворе),



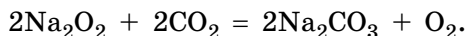
(диоксоалюминат (III), сплавление).

Соли щелочных металлов окрашивают пламя газовой горелки: литий — в темно-красный цвет; натрий — в желтый; калий — в фиолетовый; цезий — в синий.

Гидроксид натрия применяют в качестве реагента в химической промышленности, в производстве бумаги, искусственных волокон, для очистки нефти, масел и т. д.

В практике широко используют следующие соединения натрия.

Пероксид натрия Na_2O_2 используют для отбеливания различных материалов, для регенерации кислорода в дыхательных приборах изолирующего типа по реакции:



Карбонат и гидрокарбонат натрия Na_2CO_3 и NaHCO_3 относятся к многотоннажным продуктам химической промышленности, применяются в различных отраслях химической, мыловаренной, бумажной, текстильной и пищевой промышленности. Нитрат натрия NaNO_3 применяют как удобрение, в производстве стекла, как консервант пищевых продуктов и т. д.

Хлорид натрия NaCl (поваренная соль) применяют в технике, пищевой промышленности и т. д.

Натрий относится к жизненно важным элементам. Он распределен по всему организму и является основным внеклеточным ионом. Ион натрия участвует в регуляции водного обмена и влияет на работу ферментов. В медицине применяют растворы хлорида натрия различной концентрации для инъекций, промывания ран, компрессов и т. д. Кроме того, в медицине применяют питьевую соду NaHCO_3 при различных заболеваниях, сопровождающихся повышенной кислотностью, а также бромид натрия как седативное средство и йодид натрия при лечении зоба.

Гидроксид калия применяют для получения мыла, в щелочных аккумуляторах, как поглотитель кислых газов и т. д.

Около 90% добываемых солей калия потребляются в качестве удобрений.

Калий ускоряет процесс фотосинтеза и содействует накоплению углеводов в растениях. В качестве калийных удобрений используют природные (сырые) калийные соли и промышленные концентрированные удобрения. Концентрированными удобрениями являются хлорид и сульфат калия. Хлорат калия KClO_3 (бертолетова соль) и нитрат калия KNO_3 используют в пиротехнике.

Катион K^+ является основным внутриклеточным катионом. Этот катион играет важную роль в нормальном функционировании сердца, проведении нервных импульсов, активизации ферментов. В медицинской практике применяют хлорид калия при калиевом истощении, бромид калия KBr как седативное средство, а также некоторые другие соединения калия.

2.2. Элементы группы IIA

Элементами группы IIA являются бериллий Be, магний Mg, кальций Ca, стронций Sr, барий Ba и радий Ra. Последние три называют элементами подгруппы кальция или щелочно-земельными металлами. Некоторые свойства элементов группы IIA приведены в таблице 4.

Таблица 4

Основные физические свойства элементов группы IIA

Характеристика	Элемент				
	${}_4\text{Be}$	${}_{12}\text{Mg}$	${}_{20}\text{Ca}$	${}_{38}\text{Sr}$	${}_{56}\text{Ba}$
Металлический радиус атома, нм	0,112	0,160	0,197	0,215	0,222
t пл., °C	1287	649	839	769	729
t кип., °C	2970	1090	1484	1384	1637
Плотность, г/см ³	1,85	1,74	1,55	2,54	3,6

Свойства бериллия и магния несколько отличаются от свойств, характерных для щелочно-земельных металлов. Бериллий по многим свойствам близок к алюминию, а магний — к цинку.

Для щелочно-земельных металлов наблюдается общая для Периодической системы закономерность: с увеличением порядкового номера возрастает радиус атома элемента и его металлические свойства.

Магний и кальций получают электролизом расплавов их хлоридов, например:

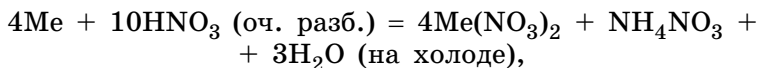
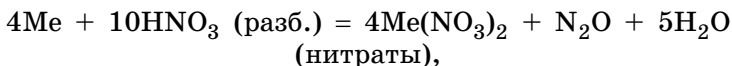
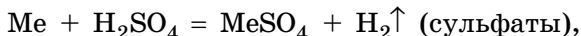
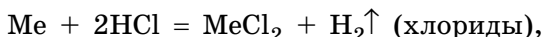
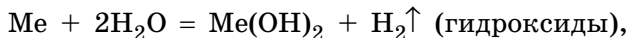
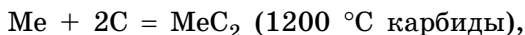
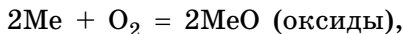


Стронций и барий получают восстановлением их оксидов алюминием или кремнием, например:

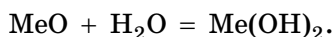
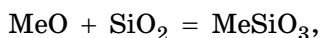
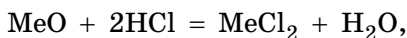


Щелочно-земельные металлы химически активны; они легко реагируют с простыми и сложными веществами, в своих соединениях проявляют степень окисления +2.

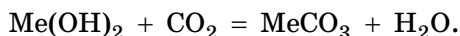
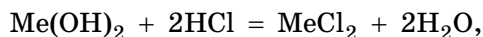
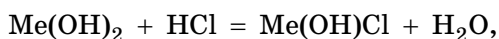
Ниже приведены характерные для щелочно-земельных металлов реакции с простыми и сложными веществами (Me = Mg, Ca, Sr, Ba):



Оксиды щелочно-земельных металлов представляют собой типичные основные оксиды. Они реагируют с кислотами с образованием солей и воды, с кислотными оксидами с образованием солей. Реакция с водой протекает по-разному. Если оксид бария легко реагирует с водой при комнатной температуре с образованием сильной щелочи Ba(OH)_2 , то оксид магния может реагировать с водой только при кипячении. Химические свойства оксида магния и оксидов щелочно-земельных металлов (Me = Mg, Ca, Sr, Ba):



Гидроксиды щелочно-земельных металлов проявляют основные свойства: реагируют с кислотами с образованием основных или средних солей и воды, с кислотными оксидами с образованием солей и воды. Химические свойства гидроксида магния и гидроксидов щелочно-земельных металлов (Me = Mg, Ca, Sr, Ba):



Сила оснований увеличивается с увеличением порядкового номера элемента.

Соли кальция окрашивают пламя газовой горелки в коричнево-красный цвет; стронция — в ярко-красный цвет; бария — в желто-зеленый цвет.

Магний в основном используют для производства «сверхлегких» сплавов. Одним из наиболее важных является сплав «электрон», который применяют в ракетной технике и авиастроении. Кроме того, магний используют в металлотермии при изготовлении осветительных и зажигательных ракет, снарядов и т. д.

Магний играет важную роль в жизнедеятельности живых организмов и человека. В медицинской практике используют оксид магния при избыточной кислотности, а также сульфат магния $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в качестве слабительного и желчегонного средства.

Гидроксид кальция Ca(OH)_2 (известковое молоко, гашеная известь) — белое кристаллическое вещество, плохо растворимое в воде. Получают его из соответствующего оксида. Является сильным основанием. Применяют как вяжущий материал в строительстве, для раскисления почв, в производстве стекла, сахара и т. д.

Природные соединения кальция широко применяют в производстве вяжущих материалов. Вяжущими материалами называют порошкообразные вещества, образующие при смешении с водой пластичную массу, затвердевающую в твердое камневидное тело. Их широко используют для изготовления бетона, строительных деталей и конструкций, а также для сцепления отдельных элементов сооружений. К вяжущим веществам относятся: цементы, гипсовые материалы, известь и др.

Кальций играет исключительно важную роль в жизнедеятельности человеческого организма. Катион Ca^{2+} присутствует в каждой клетке человеческого организма, а основная его масса сосредоточена в костной и зубной ткани в виде нерастворимого кристаллического минерала — гидроксиапатита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Ионы кальция принимают активное участие в сокращении мышц, передаче нервных импульсов и т. д. В медицинской практике широко применяют ряд препаратов, являющихся кальциевыми солями различных органических кислот: глутаминовой, молочной и т. д. Из используемых в медицине неорганических солей кальция наиболее известен жженный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ (гипсовые повязки при переломах), а также хлорид кальция.

Барий и его соединения применяют в промышленности в производстве стекла, бумаги, резины, керамики, в металлургии, атомной энергетике, в электровакуумной промышленности и т. д.

Растворимые соединения бария токсичны. В медицинской практике широко применяют сульфат бария в качестве контрастного препарата для рентгенологического исследования пищеварительного тракта.

2.3. Элементы группы IIIA

Элементами группы IIIA являются бор B, алюминий Al, галлий Ga, индий In и таллий Tl. В таблице 5 приведены их некоторые характеристики.

Таблица 5

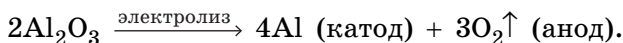
Основные физические свойства элементов группы IIIA

Характеристика	Элемент				
	⁵ B	¹³ Al	³¹ Ga	⁴⁹ In	⁸¹ Tl
Металлический радиус атома, нм	0,098	0,143	0,139	0,166	0,171
<i>t</i> пл., °C	2300	660	29,8	156,2	303,5
<i>t</i> кип., °C	3658	2467	2403	2080	1457
Плотность, г/см ³	2,34	2,70	5,90	7,31	11,85

По химическим свойствам алюминий, галлий, индий и таллий относятся к металлам, бор — к типичным неметаллам.

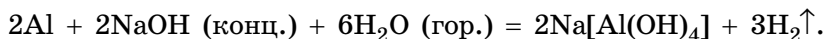
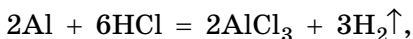
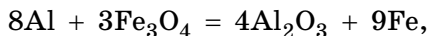
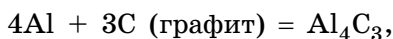
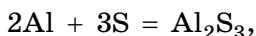
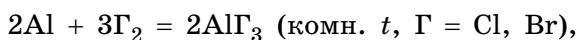
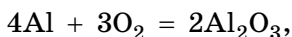
Ниже приведены характерные для алюминия реакции с простыми и сложными веществами.

Получают алюминий электролизом глинозема Al_2O_3 в расплавленном криолите ($\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$):

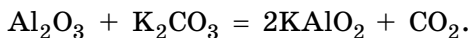
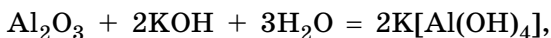
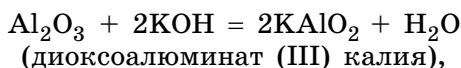
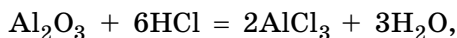


Алюминий пассивируется в воде, концентрированной азотной кислоте из-за образования устойчивой оксидной пленки. Сильный восстановитель.

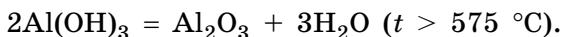
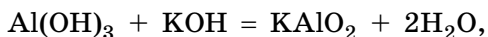
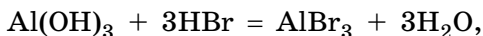
Химические свойства:



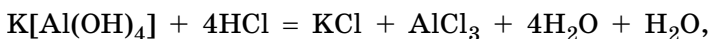
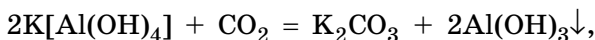
Оксид алюминия — типичный амфотерный оксид: он взаимодействует с кислотами с образованием солей и воды, а с основаниями, в зависимости от условий, — с образованием различных комплексных соединений или диоксоалюминатов (III) соответствующих металлов:



Гидроксид алюминия — типичный амфотерный гидроксид. Взаимодействует с кислотами с образованием солей и воды, со щелочами, в зависимости от условий комплексных соединений или солей и воды. При нагревании теряет воду.



Комплексные и двойные соли алюминия разрушаются под действием кислотных оксидов и сильных кислот. В зависимости от условий реакции идут по разным направлениям.



Алюминий широко применяют как конструкционный материал, основу для создания легких сплавов (например, дюралюминий, силумин). Сплавы алюминия используются в авиастроении, автомобилестроении и судостроении. Из алюминия изготавливают электрические провода, алюминиевую фольгу используют в пищевой промышленности.

Из солей алюминия отметим его сульфат $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и алюминиевые квасцы общей формулы $\text{MAl}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, где $\text{M} = \text{K}, \text{NH}_4, \text{Na}$. Так, алюмо-калиевые квасцы $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ используют как дубитель, протраву при крашении, для проклейки бумаги и т. д.

Биологическая роль алюминия выяснена недостаточно подробно. Известно, что алюминий влияет на развитие эпителиальной и соединительной ткани, ряд ферментативных

процессов и т. д. В медицинской практике применяют гидроксид алюминия и различные препараты на его основе в качестве обволакивающих, абсорбирующих и антацидных средств. Алюмо-калиевые квасцы применяют как кровоостанавливающее средство.

2.4. Элементы группы IVA

Неметаллами в группе IVA Периодической системы Д. И. Менделеева являются углерод C, кремний Si. Кроме того, в нее входят германий Ge, олово Sn и свинец Pb.

На внешнем энергетическом уровне всех этих элементов находятся 4 электрона (конфигурации ns^2np^2), наиболее характерные степени окисления — +2 и +4. В органических соединениях углерод может проявлять степени окисления от -4 до +4. С увеличением атомного номера возрастают радиусы нейтральных атомов, уменьшается энергия ионизации, ослабевают неметаллические свойства элементов и усиливаются металлические. Так, углерод и кремний — типичные неметаллы, а олово и свинец — металлы.

Некоторые физические характеристики этих элементов приведены в таблице 6.

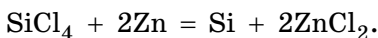
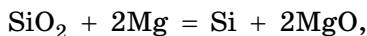
Таблица 6

Основные физические свойства элементов группы IVA

Характеристика	Элемент				
	${}_6\text{C}$	${}_{14}\text{Si}$	${}_{32}\text{Ge}$	${}_{50}\text{Sn}$	${}_{82}\text{Pb}$
t пл., °C	>3500 (алмаз) 3600–3700 (возгоняется) (графит)	1410	937,5	231,9	327,4
t кип., °C	>4800 (сублимация)	2355	2830	2270	1740
Плотность, г/см ³	3,515 (алмаз) 2,265 (графит)	2,33	5,32	7,29 (белое) 5,85 (серое)	11,34

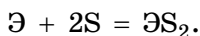
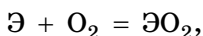
С увеличением атомного номера ослабевают неметаллические свойства элементов и усиливаются металлические.

Для углерода известны стабильные аллотропные модификации (графит, алмаз), в виде которых он встречается в природе, а также полученные лабораторным путем карбин и фуллерены. Кремний получают восстановлением его оксида магнием или углеродом в электрических печах, а кремний высокой чистоты — восстановлением SiCl_4 цинком или водородом, например:

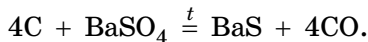
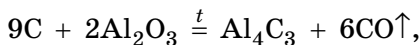
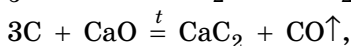
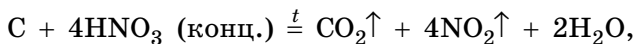
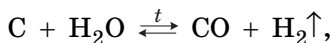
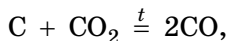
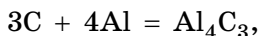
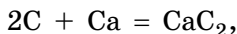
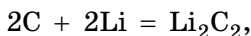


Кремний может существовать в кристаллической или аморфной форме. Для кремния наиболее устойчива степень окисления +4.

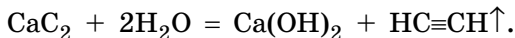
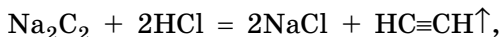
Ниже приведены уравнения реакций, общие для углерода и кремния ($\text{Э} = \text{C}, \text{Si}$):



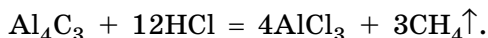
В реакциях с другими простыми и сложными веществами свойства углерода и кремния отличаются. Реакции, характерные для углерода:



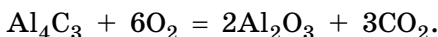
Карбиды щелочных и щелочно-земельных металлов являются ацетилинидами, т. е. при их взаимодействии с водой или кислотами образуется ацетилен, например:



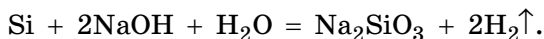
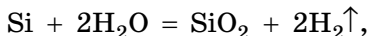
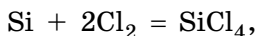
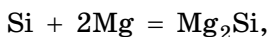
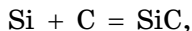
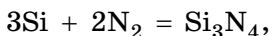
Карбид алюминия относят к метанидам: при его взаимодействии с водой или кислотами выделяется метан:



Карбид калия при повышенной температуре горит:

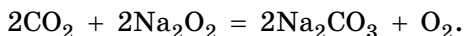
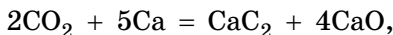
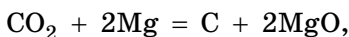
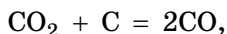
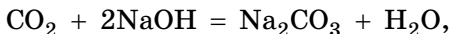
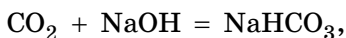


Реакции, характерные для кремния:



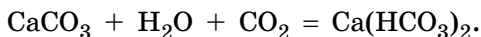
Углерод и кремний образуют кислотные оксиды общей формулы CO_2 , а также летучие водородные соединения общей формулы CH_4 .

Свойства оксида углерода (IV):

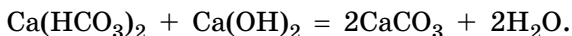


Оксиду углерода (IV) соответствует очень слабая двухосновная угольная кислота H_2CO_3 , которая не существует в чистом виде. Она образует два ряда солей: средние — карбонаты, например карбонат кальция CaCO_3 , и кислые — гидрокарбонаты, например $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ — гидрокарбонат кальция.

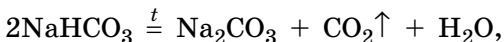
Карбонаты переходят в гидрокарбонаты под действием избытка углекислого газа в водной среде:



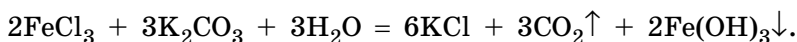
Гидрокарбонат кальция превращается в карбонат под действием гидроксида кальция:



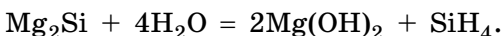
Гидрокарбонаты и карбонаты разлагаются при нагревании:



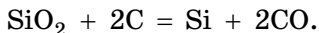
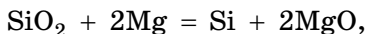
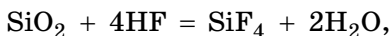
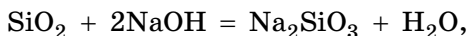
Карбонаты ряда металлов (алюминия, железа (III), хрома (III)) не существуют. При попытке их получения реакциями обмена образуются углекислый газ и гидроксид соответствующего металла, например:



Силициды щелочноземельных металлов реагируют с водой с образованием гидрида кремния (силана):

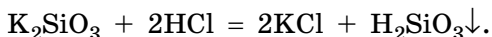


Оксид кремния (IV) (кремнезем) широко распространен в природе. В земной коре содержится около 12% SiO_2 . Его химические свойства:



Кремнезем упрочняет стебли растений — хвощей, бамбука, тростника, содержится в соломе и рисовой шелухе.

Кремний образует кислоты переменного содержания SiO_2 и H_2O . Соединение состава H_2SiO_3 в чистом виде не выделено, но для упрощения допускается его запись в уравнениях реакций:



Силикаты металлов 2, 3 и 4-го периодов Периодической системы широко распространены в природе; в виде

минералов входят в состав большинства горных пород, составляющих основную часть земной коры (приблизительно 75% от ее общей массы).

Углерод и его соединения широко используют во всех отраслях промышленности. Так, алмаз применяют для обработки особо твердых материалов, при буровых работах. Кристаллы алмаза после огранки и шлифования называются бриллиантами и применяются для изготовления ювелирных изделий.

Графит используют для приготовления электродов, плавильных тиглей, в качестве замедлителя нейтронов в атомных реакторах, для изготовления карандашей, как смазочный материал и т. д.

Технические сорта графита: кокс, древесный уголь, животный уголь, сажу используют в металлургии, для изготовления красок, черной резины, в качестве адсорбентов и т. д.

Углерод является органогеном, т. е. одним из шести элементов, которые в силу естественного отбора составляют основу всех живых систем. Кроме углерода к органогенам относят водород, кислород, азот, фосфор и серу. Общее содержание этих элементов в организме составляет 97,4%. На основе углерода построены все органические соединения. Он входит в состав тканей и клеток в форме белков, жиров, углеводов, витаминов и гормонов. В медицинской практике при различных отравлениях применяют специально обработанный уголь животного или растительного происхождения, так называемый активированный уголь.

Кремний и его соединения широко применяют в технике как основу полупроводниковых материалов, как легирующие добавки к сталям и т. д.

Карбид кремния SiC (карборунд) применяют как абразивный и огнеупорный материал, в радиотехнике и т. д. Нитрид кремния Si_3N_4 используют в качестве химически стойкого и огнеупорного материала, в создании тугоплавких сплавов, в качестве высокотемпературного полупроводника. Огромный научный интерес представляют кремнийорганические соединения.

Биологическая роль кремния выяснена недостаточно. Убедительных данных о заболеваниях, вызванных недостатком кремния, нет. Вдыхание пыли, содержащей SiO_2 , приводит к силикозу. В медицинской практике применяют карбид кремния SiC для шлифовки пломб и пластмассовых протезов.

2.5. Элементы группы VA

Неметаллами в группе VA Периодической системы Д. И. Менделеева являются азот N и фосфор P; мышьяк As и сурьма Sb проявляют как металлические, так и неметаллические свойства; висмут Bi является типичным металлом. На внешнем энергетическом уровне всех этих элементов находятся 5 электронов (конфигурации ns^2np^3), наиболее характерные степени окисления -3 , $+3$ и $+5$.

Азот проявляет в своих соединениях степени окисления -3 , $+1$, $+2$, $+3$, $+4$ и $+5$.

Некоторые сведения о физических свойствах этих элементов приведены в таблице 7.

Таблица 7

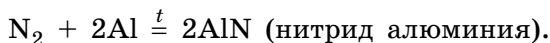
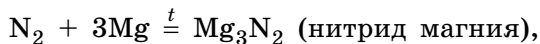
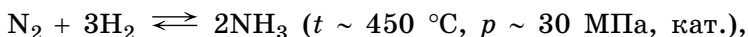
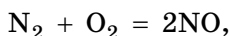
Основные свойства элементов группы VA и образуемых ими простых веществ

Характеристика	Элемент				
	${}^7\text{N}$	${}^{15}\text{P}$	${}^{33}\text{As}$	${}^{51}\text{Sb}$	${}^{83}\text{Bi}$
Атомный радиус, нм:					
ковалентный	0,075	0,106	—	—	—
металлический	—	—	0,139	0,159	0,170
t кип., °C	-195,5	280,5 (белый)	615 (возг.)	1635	1552

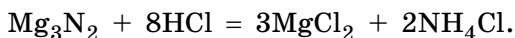
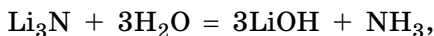
Окончание таблицы

Характеристика	Элемент				
	${}^7\text{N}$	${}^{15}\text{P}$	${}^{33}\text{As}$	${}^{51}\text{Sb}$	${}^{83}\text{Bi}$
t пл., °C	-210	44,3 (белый) 410 (красный под давлением)	817 (под давлением)	630,9	271,5
Плотность, г/см ³	1,251 г/л	1,82 (белый) 2,20 (красный)	5,8 (серый)	6,7 (серая)	9,7

Азот. Газ без цвета и запаха, малорастворимый в воде. Типичный неметалл. Основной компонент атмосферы. В промышленности азот получают ректификацией жидкого воздуха. В обычных условиях химически малоактивен. При нагревании вступает в окислительно-восстановительные реакции.



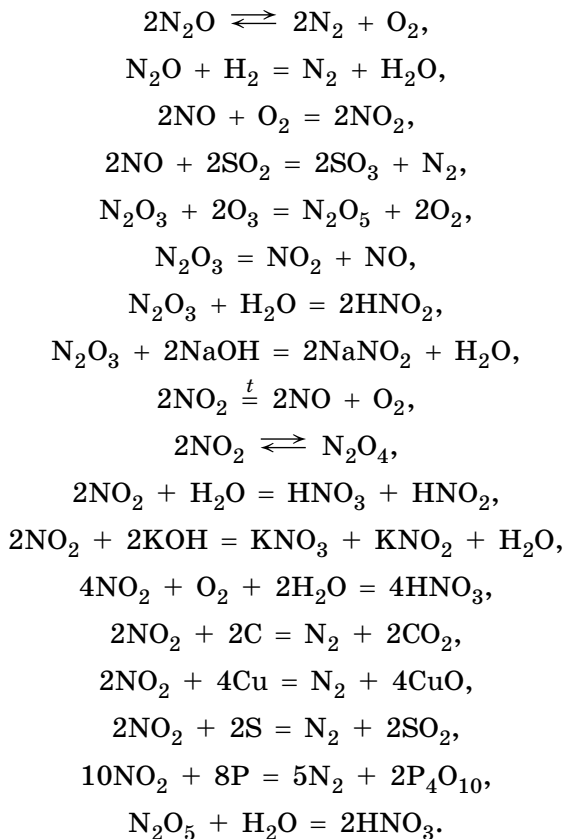
Нитриды реагируют с водой с образованием соответствующих гидроксидов и аммиака, а при их взаимодействии с кислотами образуется смесь солей:



Азот образует оксиды состава N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5 . При этом N_2O , NO являются несолеобразующими оксидами, для которых характерны окислительно-восстановительные реакции; N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5 — солеобразующие кислотные оксиды, для которых также ха-

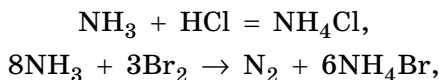
раактерны окислительно-восстановительные реакции, в том числе — реакции диспропорционирования.

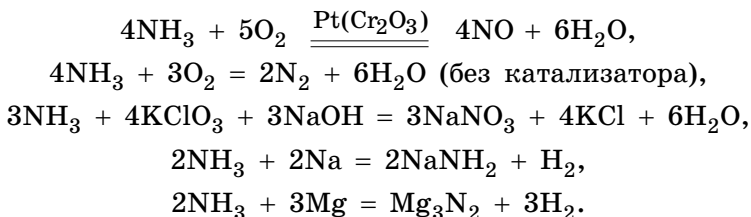
Химические свойства оксидов азота:



Азот образует летучее водородное соединение состава NH_3 , аммиак. При обычных условиях это бесцветный газ с характерным резким запахом; t кип. $-33,7^\circ\text{C}$, t пл. $-77,8^\circ\text{C}$. Аммиак хорошо растворим в воде (700 объемов NH_3 на 1 объем воды при 20°C) и ряде органических растворителей (спирт, ацетон, хлороформ, бензол).

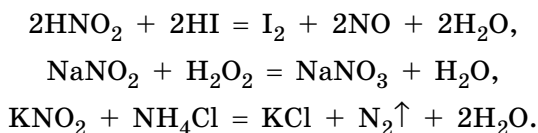
Химические свойства аммиака:





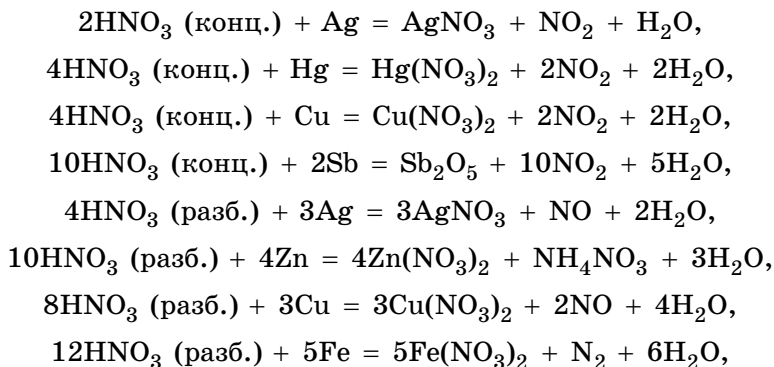
Азот образует азотистую кислоту HNO_2 (в свободном виде известна только в газовой фазе или растворах). Это кислота средней силы, ее соли называют нитритами.

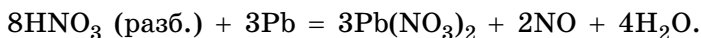
Азотистая кислота и ее соли вступают в многочисленные окислительно-восстановительные реакции, например:



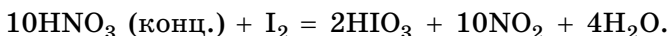
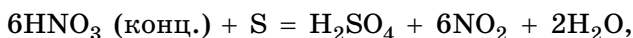
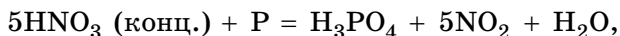
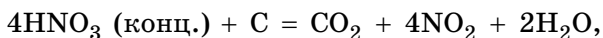
Кроме того, азот образует очень сильную азотную кислоту HNO_3 . Концентрированная азотная кислота пассивирует некоторые металлы (железо, алюминий, хром). Особенностью азотной кислоты является то, что при ее окислительно-восстановительных реакциях с металлами не выделяется водород, а образуются различные оксиды азота или соли аммония. Продукты восстановления зависят от природы восстановителя и от концентрации кислоты. В целом чем выше концентрация HNO_3 , тем меньше она восстанавливается.

Ниже приведены реакции, характеризующие ее свойства:

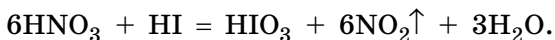
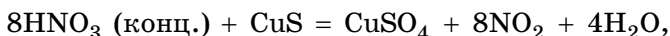
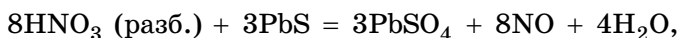




В реакциях с неметаллами концентрированная азотная кислота ведет себя как сильный окислитель:

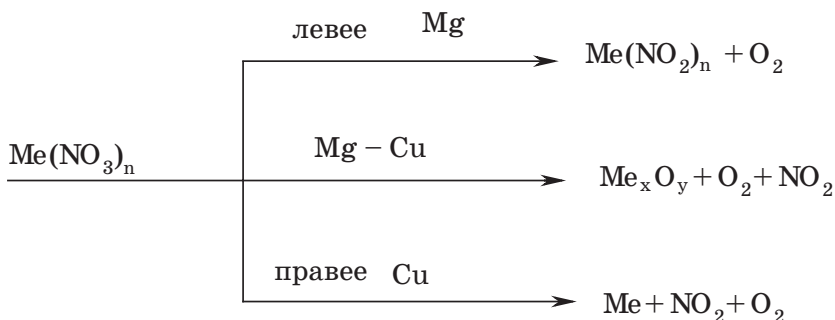


Также азотная кислота способна окислять сульфиды, йодоводород и т. д.:

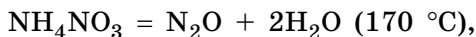


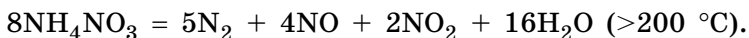
Подчеркнем еще раз. Запись уравнений окислительно-восстановительных реакций с участием HNO_3 обычно условна. Как правило, в них указывают лишь продукт, образующийся в большем количестве. В некоторых из таких реакций в качестве продукта восстановления обнаружен водород (реакция разбавленной HNO_3 с Mg и Mn).

Различные случаи термического разложения нитратов:

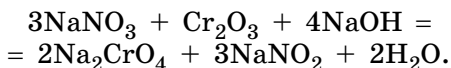


Особые случаи разложения нитрата аммония:

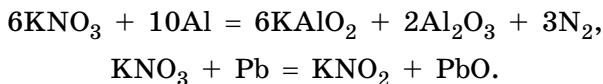




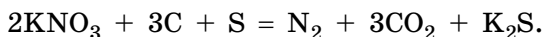
Нитраты являются сильными окислителями. Так, например, нитрат натрия в щелочной среде может окислить оксид хрома (III) до хромата натрия:



Нитрат калия может окислять некоторые металлы до их оксидов:



Нитрат калия входит в состав «черного пороха». Уравнение его сгорания:



Нитраты широко используются в производстве легко воспламеняющихся и взрывчатых веществ. Так, черный порох имеет следующий состав: 68% KNO_3 , 15% S, 17% C.

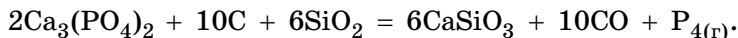
Азотную кислоту широко используют в производстве взрывчатых веществ, искусственных волокон и пластических масс, для травления металлов, в ракетной технике.

Особую роль играют азотные удобрения, которые очень широко применяются в сельском хозяйстве. Из них отметим нитрат натрия NaNO_3 , нитрат калия KNO_3 , нитрат аммония NH_4NO_3 , сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и карбамид (мочевину) $\text{O}=\text{C}(\text{NH}_2)_2$.

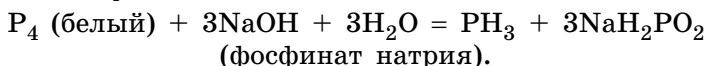
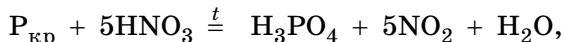
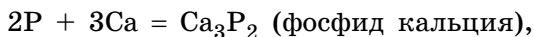
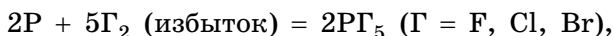
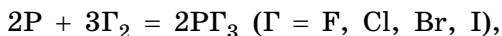
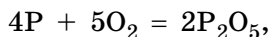
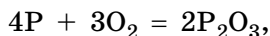
Азот является органогеном. Он входит в состав всех важнейших органических соединений. В медицинской практике применяют 10%-ный раствор NH_3 как средство скорой помощи для возбуждения дыхания и выведения больных из обморочного состояния, хлорид аммония NH_4Cl как диуретик, оксид азота (I) N_2O (веселящий газ) при простых операциях, в стоматологической практике и т. д. Многие оксиды азота в высоких концентрациях являются высокотоксичными соединениями.

Фосфор. Существует в виде нескольких аллотропных модификаций (аллотропия состава). Белый фосфор P_4 , метастабильный, при комнатной температуре мягкий, плавится, кипит без разложения. Красный фосфор P_n , состоит из полимерных молекул разной длины. При нагревании возгоняется. Черный фосфор состоит из непрерывных цепей P_n , имеет слоистую структуру, по внешнему виду похож на графит. Наиболее реакционноспособным является белый фосфор.

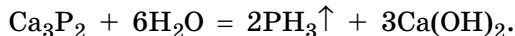
В промышленности фосфор получают прокаливанием фосфата кальция с углем и песком при 1500°C :



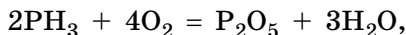
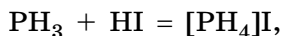
В приведенные ниже реакции вступают любые модификации фосфора, если нет особых оговорок:

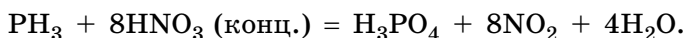
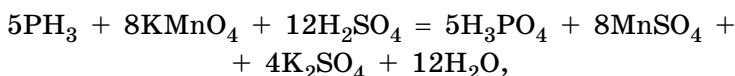


Фосфор образует летучее водородное соединение — фосфин, PH_3 . Его можно получить, например, гидролизом фосфидов:

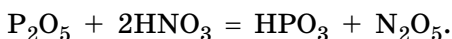
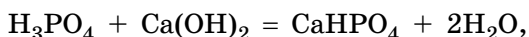
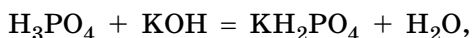
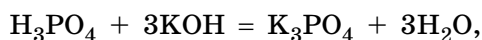
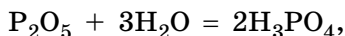


Это газообразное соединение с крайне неприятным резким запахом. Его соли в отличие от солей аммиака существуют только при низких температурах. Фосфин легко вступает в окислительно-восстановительные реакции:





Фосфор образует два кислотных оксида: P_2O_3 и P_2O_5 . Последнему соответствует фосфорная (ортофосфорная) кислота H_3PO_4 . Это трехосновная кислота средней силы, которая образует три ряда солей: средние (фосфаты) и кислые (гидро- и дигидрофосфаты). Ниже приведены уравнения химических реакций, характерные для данных соединений:



Ортофосфорную кислоту применяют как реагент в неорганическом и органическом синтезе, полупродукт для получения минеральных удобрений, как компонент антикоррозийных покрытий, в пищевой промышленности и т. д.

Особое значение имеют фосфорсодержащие минеральные удобрения. Фосфор является необходимым элементом для жизнедеятельности растений, улучшения качества почв. Соли фосфорной кислоты входят в состав азотно-фосфорных и азотно-фосфорно-калийных удобрений. Из них отметим аммофос, представляющий смесь моно- и диафосфатов аммония $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, а также нитрофоску — смесь $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, CaHPO_4 , NH_4NO_3 , KNO_3 , KCl .

Фосфор относится к органогенам. Его соединения составляют основу скелета и зубов животных и человека. Фосфор входит в состав белков и нуклеиновых кислот. Сахара и жирные кислоты могут быть использованы клетками в качестве источника энергии только при предварительном фосфорилировании. Огромный интерес представляют фосфорорганические соединения. Среди них найде-

ны эффективные лекарственные препараты, химические средства защиты растений. Наиболее токсичные и эффективные боевые отравляющие вещества (зарин, зоман, V_X) также являются фосфорорганическими соединениями. Химия фосфорорганических соединений представляет собой огромный самостоятельный раздел элементоорганической химии. Из неорганических соединений фосфора в медицинской практике применяют фосфаты алюминия $AlPO_4$ и цинка $Zn_3(PO_4)_2$, которые входят в состав фосфат-цементов, применяемых в стоматологии в качестве пломбирочного материала.

2.6. Элементы группы VIA

В группе VIA Периодической системы Д.И. Менделеева, которую называют также подгруппой кислорода, находятся пять элементов: кислород O, сера S, теллур Te и полоний Po. Другое название этих элементов халькогены, что в переводе на русский язык означает «образующие руды». Внешние электронные уровни халькогенов содержат 6 электронов и имеют конфигурацию ns^2np^4 .

Наиболее характерные степени окисления халькогенов -2 , $+4$, $+6$. Исключением является кислород, для которого характерна степень окисления -2 и -1 в пероксидах.

Все элементы подгруппы кислорода, за исключением полония, являются неметаллами. Некоторые физические свойства халькогенов приведены в таблице 8.

Кислород. В свободном состоянии кислород встречается в виде двух аллотропных модификаций: кислород O_2 и озон O_3 (аллотропия состава).

В промышленности кислород получают ректификацией жидкого воздуха, а в лаборатории — разложением перманганата калия или хлората калия, например:



Простое вещество кислород представляет собой бесцветный газ, без вкуса и запаха, малорастворимый в воде.

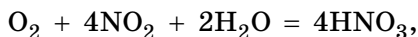
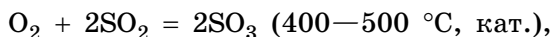
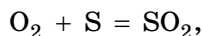
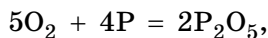
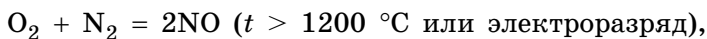
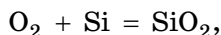
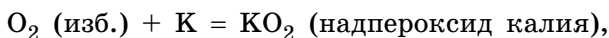
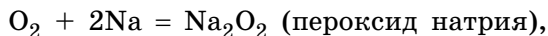
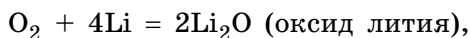
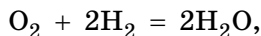
Таблица 8

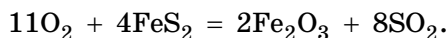
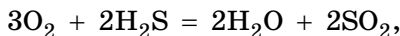
**Основные свойства элементов группы VIA
и образуемых ими простых веществ**

Характеристика	Элемент			
	${}_8\text{O}$	${}_{16}\text{S}$	${}_{34}\text{Se}$	${}_{52}\text{Te}$
Ковалентный радиус атома, нм	0,073	0,102	0,116	0,136
t пл., °C	-218,7 (кислотный род)	119,3 (моноклинная сера)	217	450 (тригональная модификация)
t кип., °C	-183,0	444,6	685	990
Плотность, г/см ³	1,429	2,07	4,8	6,24

Озон представляет собой газ синего цвета, с резким раздражающим запахом, t кип. $-111,9$ °C. По сравнению с кислородом озон лучше растворим в воде.

Характерные химические свойства кислорода:

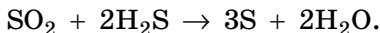




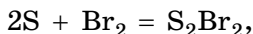
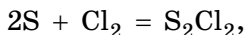
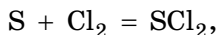
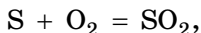
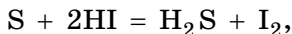
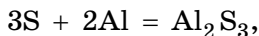
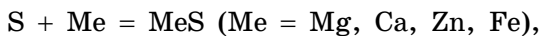
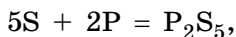
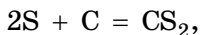
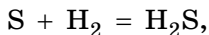
Кислород является органогеном. Он входит в состав всех жизненно важных органических веществ: белков, жиров и углеводов. Без кислорода невозможны многочисленные жизненно важные процессы: дыхание, окисление аминокислот, жиров, углеводов. В медицинской практике кислород применяют для вдыхания при болезненных состояниях, сопровождающихся кислородной недостаточностью, например заболевания дыхательных путей, сердечно-сосудистой системы и др.

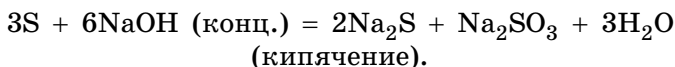
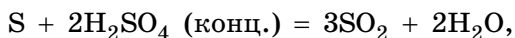
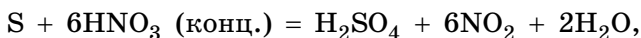
Озон используют для дезинфекции помещений, обеззараживания воздуха и очистки питьевой воды. Небольшие примеси озона в воздухе улучшают состояние человека, особенно легочных больных.

Сера. Неметалл желтого цвета. В промышленности серу получают выплавкой самородной серы, а также из газов металлургических, коксовых и иных производств:

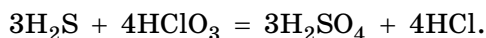
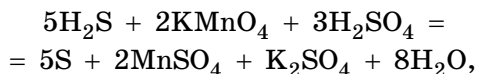
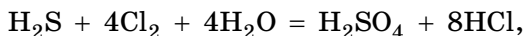
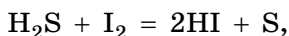
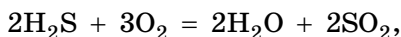
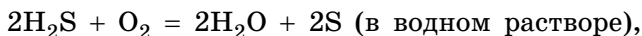
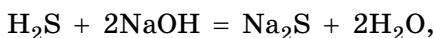
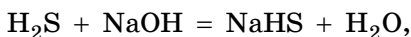


Существует в двух аллотропных модификациях: ромбическая и моноклинная и в аморфной форме (пластическая сера). Проявляет как окислительные, так и восстановительные свойства. Возможны реакции диспропорционирования. Ее характерные химические свойства:

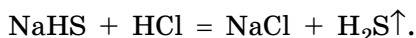
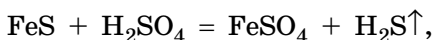




Сера образует летучее водородное соединение — сероводород. Его водный раствор представляет собой слабую двухосновную кислоту. Для сероводорода характерны также восстановительные свойства:

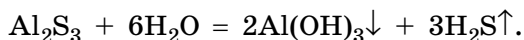


Средние соли сероводородной кислоты — сульфиды и кислые соли — гидросульфиды вступают в реакции обмена с сильными кислотами, например:

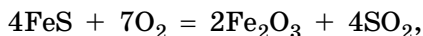
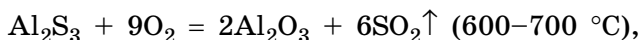


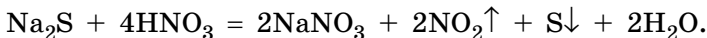
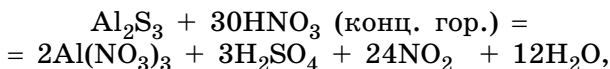
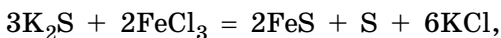
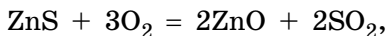
Реакция идет до конца, поскольку из сферы реакции уходит газообразный сероводород.

Сульфиды некоторых металлов полностью разлагаются водой уже при комнатной температуре:



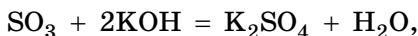
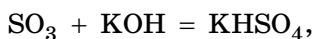
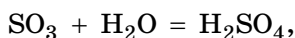
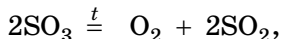
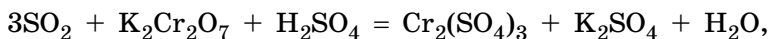
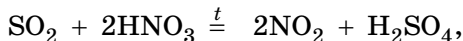
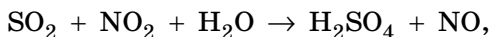
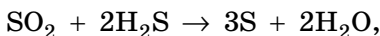
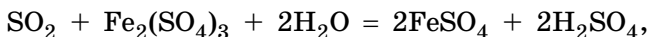
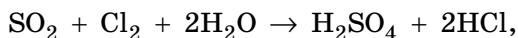
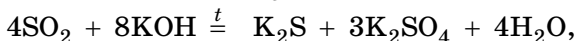
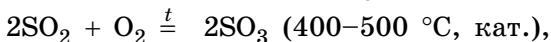
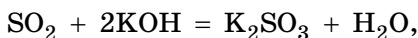
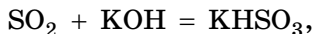
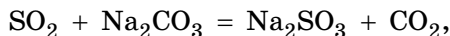
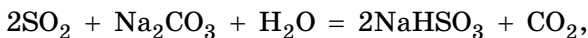
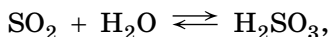
Кроме того, сульфиды являются сильными восстановителями, например:

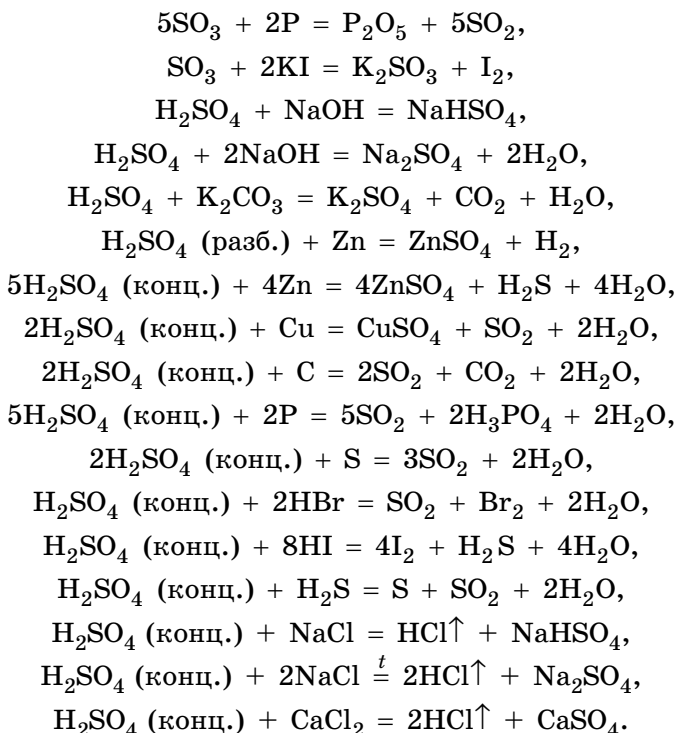




Гидросульфиды многих металлов не существуют.

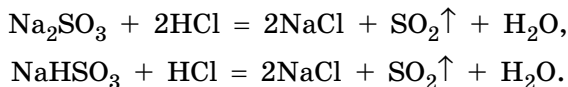
Сера образует два кислотных оксида: оксид серы (IV) SO_2 и оксид серы (VI) SO_3 . Первому соответствует существующая только в растворе сернистая кислота H_2SO_3 , являющаяся кислотой средней силы; второму — сильная двухосновная серная кислота H_2SO_4 . Концентрированная серная кислота проявляет сильные окислительные свойства. Ниже приведены характерные для этих соединений реакции:



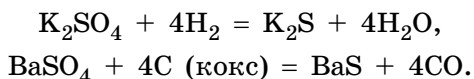


И сернистая, и серная кислоты образуют два ряда солей: средние (сульфиты и сульфаты) и кислые (гидросульфиты и гидросульфаты) соответственно. Для них характерны окислительно-восстановительные реакции, а также реакции обмена, которые подчиняются общим закономерностям обменных процессов.

Если подействовать на сульфиты сильными кислотами, происходят реакции обмена, в результате которых образуются оксид серы (IV) и вода:



Сульфаты можно восстановить до сульфидов с помощью водорода или кокса:



Сульфат кальция CaSO_4 существует в виде двух кристаллогидратов: гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и алебаstra $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Их применяют в строительстве и медицине для изготовления шин, повязок и т. д. Сульфаты меди и железа используют для борьбы с вредителями растений. Сульфат цинка $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ используют в качестве протравы для крашения тканей.

Следует подчеркнуть, что известны только гидросульфаты щелочных металлов, а также гидросульфат аммония.

Сера относится к органогенам. Она входит в состав белков, аминокислот, гормонов, витаминов. В медицинской практике применяют осажденную серу как противоглистное средство. Осажденная сера входит в состав ряда мазей и присыпок при лечении кожных заболеваний. Сульфат натрия $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (глауберова соль) используется в качестве слабительного. Реже в медицинской практике применяют и другие соединения серы.

2.7. Элементы группы VIIA

В группе VIIA находятся фтор F, хлор Cl, бром Br, йод I и астат At. Эти элементы называют также галогенами (в переводе — рождающие соли).

На внешнем энергетическом уровне всех этих элементов находятся 7 электронов (конфигурации ns^2np^5), наиболее характерные степени окисления -1 , $+1$, $+5$ и $+7$ (кроме фтора).

Атомы всех галогенов образуют простые вещества состава Hal_2 .

Галогены являются типичными неметаллами. При переходе от фтора к астату происходит увеличение радиуса атома, неметаллические свойства падают, происходит уменьшение окислительных и увеличение восстановительных свойств.

В промышленности фтор получают электролизом расплавов $\text{KF} \cdot \text{HF}$ или $\text{KF} \cdot 2\text{HF}$, хлор — электролизом водных растворов хлоридов щелочных металлов, а бром и йод — окислением бромидов и йодидов природной воды хлором.

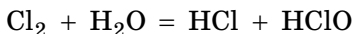
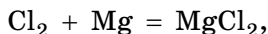
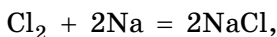
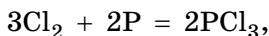
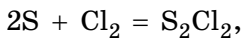
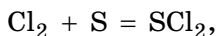
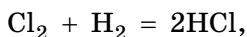
Физические свойства галогенов приведены в таблице 9.

Таблица 9

**Основные свойства элементов группы VIIA
и образуемых ими веществ**

Характеристика	${}^9\text{F}$	${}^{17}\text{Cl}$	${}^{39}\text{Br}$	${}^{53}\text{I}$
Ковалентный радиус атома, нм	0,073	0,099	0,114	0,133
t пл., °C	-219,5	-100,8	-7,1	113,7
t кип., °C	-188,0	-34,1	59,2	184,5

В химическом отношении галогены весьма активны. Их реакционная способность убывает с увеличением порядкового номера. Некоторые характерные для них реакции приведены ниже на примере хлора:



(хлорноватистая кислота при охлаждении),



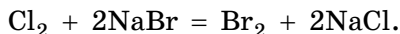
(гипохлорит калия),

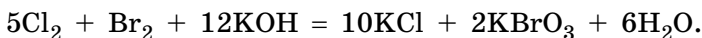


(хлорат калия),



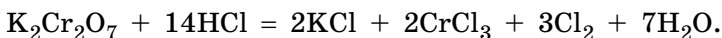
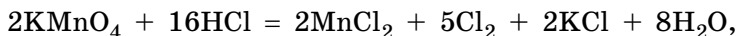
(гипохлорит кальция),



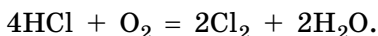


Водородные соединения галогенов — галогеноводороды имеют общую формулу HHal . Их водные растворы являются кислотами, сила которых возрастает от HF к HI .

Галогеноводородные кислоты (за исключением HF) способны реагировать с такими сильными окислителями, как KMnO_4 , MnO_2 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CrO_3 и другими с образованием галогенов:



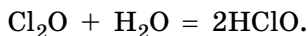
В присутствии катализаторов (например, CuCl_2) хлороводород реагирует с кислородом с образованием хлора и воды:



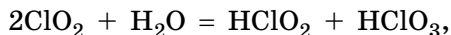
Эту реакцию используют в промышленности для регенерации хлора при производстве хлорорганических веществ.

Галогены образуют ряд оксидов, например для хлора известны кислотные оксиды состава Cl_2O , ClO_2 , ClO_3 , Cl_2O_7 . Все эти соединения получают косвенными методами. Они являются сильными окислителями и взрывоопасными веществами.

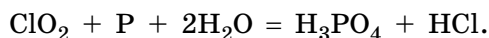
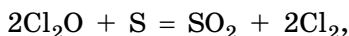
Наиболее устойчивым из оксидов хлора является Cl_2O_7 . Оксиды хлора легко реагируют с водой, образуя кислотосодержащие кислоты: хлороватистую HClO , хлористую HClO_2 , хлорноватую HClO_3 и хлорную HClO_4 , например:



Оксиды хлора (IV) и (VI) при взаимодействии с водой и щелочами диспропорционируют:



Оксиды хлора являются сильными окислителями, что можно проиллюстрировать с помощью следующих реакций:



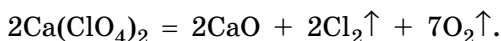
Кислородсодержащие кислоты хлора являются не слишком устойчивыми соединениями, все они, за исключением хлорной кислоты, существуют только в растворе. При этом водные растворы HClO и HClO_2 являются слабыми кислотами, а водные растворы HClO_3 и HClO_4 — сильными кислотами.

Кислородсодержащие кислоты хлора образуют соответствующие соли: гипохлориты, хлориты, хлораты и перхлораты. Соли хлорноватистой кислоты (гипохлориты) и хлористой (хлориты) в свободном состоянии неустойчивы и являются сильными окислителями в водных растворах. Растворы хлоратов и перхлоратов щелочных металлов, напротив, устойчивы и в растворах не проявляют окислительных свойств. Хлораты и перхлораты могут быть выделены в свободном состоянии.

При нагревании все перхлораты разлагаются с выделением кислорода, например:

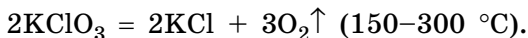
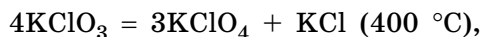


При разложении перхлоратов лития, натрия, щелочноземельных металлов одновременно протекает другая реакция, например:

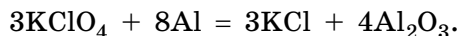
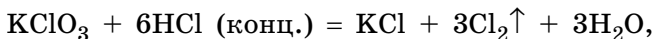
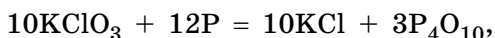
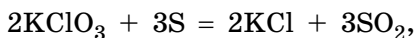


Перхлораты очень гигроскопичны. Их используют как осушители и окислители ракетного топлива.

Хлораты разлагаются легче перхлоратов. Реакция в зависимости от температуры может идти по-разному:



В твердом состоянии хлораты и перхлораты вступают в реакции с восстановителями при инициировании трением или ударом, при этом реакция может протекать со взрывом. Это свойство хлоратов используют в спичечной промышленности и в пиротехнике, например:



Соли фтористоводородной кислоты — неорганические фториды — широко применяются в различных областях техники, например для разделения изотопов урана, синтеза хладагентов и т. д. Жидкий фтор и некоторые из его соединений применяют в качестве окислителей ракетного топлива.

Соединения фтора обладают разнообразной биологической активностью. *Фтор относят к микроэлементам.* Его недостаток приводит к заболеванию, называемому гипопародонтозом, и проявляется кариесом зубов. При избыточном поступлении фтора в организм возникают различные формы флюороза и ряд профессиональных заболеваний. Практически все неорганические фториды являются высокотоксичными соединениями. В медицинской практике используют фторид натрия NaF в виде полосканий, а также как добавку к зубной пасте.

Важное значение имеют следующие соединения хлора.

Хлорид натрия NaCl применяют для получения гидроксида натрия, соляной кислоты, хлора, карбоната натрия, в мыловаренной и пищевой промышленности. Хлорид калия KCl применяют как калийное удобрение для получения гидроксида и солей калия. Хлорид магния MgCl_2 применяют для получения магния, цемента, в виде водных растворов — как средство против обледенения. Хлорид кальция CaCl_2 применяют для получения кальция как осушающего агента, его водные растворы используют в качестве хладагентов, средства против обледенения. Хлорид серебра AgCl применяют в фотографии. Хлорид алюминия AlCl_3 применяют как катализатор в органическом синтезе. Хлорид железа (III) FeCl_3 применяют как коагулянт при очистке воды, протраву при крашении. Хлорат калия KClO_3 применяют в производстве взрывчатых веществ, спичек, для получения кислорода в лабораторных условиях. Хлорат кальция $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ применяют как окислитель в пиротехнике, гербицид, дефолиант для хлопчатника.

Хлор и его соединения обладают высокой биологической активностью и играют в организме человека важную роль. Хлор относится к сильнодействующим ядовитым веществам. Во время Первой мировой войны его использовали как боевое отравляющее вещество. Хлорид-ион активизирует некоторые ферменты, участвует в поддержании осмотического давления. В медицинской практике при недостаточной кислотности желудочного сока применяют разведенную соляную кислоту. Раствор хлорида натрия 0,9% (изотонический) применяют при кровопотерях, интоксикациях, для растворения различных лекарственных веществ. Гипертонические растворы хлорида натрия (3, 5, 10% соответственно) применяют в виде компрессов при лечении гнойных ран. Хлорид кальция $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ широко применяют как кровоостанавливающее средство, при аллергических заболеваниях и т. д.

Бром применяют как бромирующий агент в органическом синтезе, для изготовления фотоматериалов, красителей и т. д.

Биологическая роль соединений брома выяснена недостаточно. В прошлом препараты брома NaBr и KBr широко применялись в качестве успокаивающих и противосудорожных средств. В настоящее время ими пользуются реже, но своего значения они не потеряли.

Йод широко применяют в аналитической химии, в промышленности — для рафинирования тугоплавких металлов, как реагент в синтезе лекарственных препаратов.

Йод относится к числу незаменимых биогенных элементов. В организме он находится в связанном состоянии — в виде некоторых гормонов. Пары йода ядовиты. Как избыток, так и недостаток йода в организме приводит к различным заболеваниям. В медицинской практике используют спиртовой раствор йода как антисептическое средство, а также йодид калия KI .

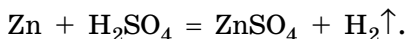
2.8. Водород

Водород занимает особое положение в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева. По числу валентных электронов, способности образовывать в растворах

гидратный ион H^+ он сходен со щелочными металлами, и его следует поместить в I группу. По числу электронов, необходимым для завершения внешней электронной оболочки, значению энергии ионизации, способности проявлять отрицательную степень окисления, малому атомному радиусу водород следует поместить в VII группу Периодической системы. Таким образом, размещение водорода в той или иной группе Периодической системы в значительной мере условно, но в большинстве случаев его помещают в VII группу.

Электронная формула водорода $1s^1$. Единственный валентный электрон находится непосредственно в сфере действия атомного ядра. Простота электронной конфигурации водорода отнюдь не означает, что химические свойства этого элемента просты. Напротив, химия водорода во многом отличается от химии других элементов. Водород в своих соединениях способен проявлять степени окисления $+1$ и -1 .

Существует большое количество методов получения водорода. В лаборатории его получают взаимодействием некоторых металлов с кислотами, например:



Водород можно получить электролизом водных растворов серной кислоты или щелочей. При этом происходит процесс выделения водорода на катоде и кислорода на аноде.

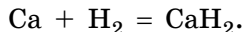
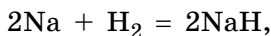
В промышленности водород получают главным образом из природных и попутных газов, продуктов газификации топлива и коксового газа.

Простое вещество водород (H_2) представляет собой горючий газ без цвета и запаха. Температура кипения $-252,8^\circ\text{C}$. Водород в 14,5 раз легче воздуха, мало растворим в воде.

Молекула водорода устойчива, обладает большой прочностью. Из-за высокой энергии диссоциации (435 кДж/моль) распад молекул H_2 на атомы происходит в заметной степени лишь при температуре выше 2000°C .

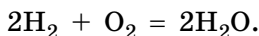
Для водорода возможны положительная и отрицательная степени окисления, поэтому в химических реакциях водород может проявлять как окислительные, так и восстановительные свойства. В тех случаях, когда водород выступает в качестве окислителя, он ведет себя подобно галогенам, об-

разуя аналогичные галогенидам гидриды (*гидридами* называют группу химических соединений водорода с металлами и менее электроотрицательными, чем он, элементами):



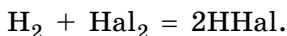
По окислительной активности водород существенно уступает галогенам. Поэтому ионный характер проявляют лишь гидриды щелочных и щелочно-земельных металлов. Ионные, а также комплексные гидриды, например, являются сильными восстановителями. Их широко используют в химических синтезах.

В большинстве реакций водород ведет себя как восстановитель. При нормальных условиях водород не взаимодействует с кислородом, однако при поджигании реакция протекает со взрывом:



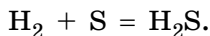
Смесь двух объемов водорода с одним объемом кислорода называют гремучим газом. При контролируемом горении происходит выделение большого количества тепла, и температура водородно-кислородного пламени достигает 3000 °С.

Реакция с галогенами протекает, в зависимости от природы галогена, по-разному:



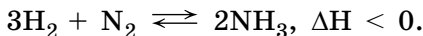
С фтором такая реакция идет со взрывом даже при низких температурах. С хлором на свету реакция также протекает со взрывом. С бромом реакция идет значительно медленнее, а с йодом не доходит до конца даже при высокой температуре. Механизм этих реакций радикальный.

При повышенной температуре водород взаимодействует с элементами VI группы — серой, селеном, теллуром, например:

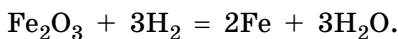
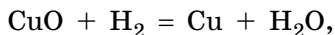


Очень важной является реакция водорода с азотом. Эта реакция обратима. Для смещения равновесия в сторону

образования аммиака используют повышенное давление. В промышленности данный процесс осуществляют при температуре 450–500 °С в присутствии различных катализаторов:



Водород восстанавливает многие металлы из оксидов, например:



Данную реакцию используют для получения некоторых чистых металлов.

Огромную роль играют реакции гидрирования органических соединений, которые широко используют как в лабораторной практике, так и в промышленном органическом синтезе.

Сокращение природных источников углеводородного сырья, загрязнение окружающей среды продуктами сгорания топлива повышают интерес к водороду как к экологически чистому топливу. Вероятно, водород будет играть важную роль в энергетике будущего.

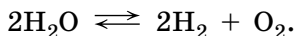
В настоящее время водород широко применяют в промышленности для синтеза аммиака, метанола, гидрогенизации твердого и жидкого топлива, в органическом синтезе, для сварки и резки металлов и т. д.

Вода H_2O , оксид водорода, является важнейшим химическим соединением. При нормальных условиях вода — бесцветная жидкость, без запаха и вкуса. Вода — самое распространенное вещество на поверхности Земли. В человеческом организме содержится 63–68% воды.

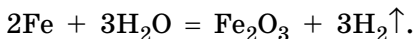
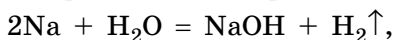
Физические свойства воды во многом являются аномальными. При нормальном атмосферном давлении вода кипит при 100 °С. Температура замерзания чистой воды 0 °С. В отличие от других жидкостей плотность воды при охлаждении возрастает не монотонно, а имеет максимум при +4 °С. Теплоемкость воды очень высока и составляет 418 кДж/моль·К. Теплоемкость льда при 0 °С составляет 2,038 кДж/моль·К. Аномально высокой является тепло-

та плавления льда. Электропроводность воды очень мала. Аномальные физические свойства воды объясняют ее строение. Валентный угол Н–О–Н равен 104,5°. Молекула воды представляет собой искаженный тетраэдр, в двух вершинах которого располагаются атомы водорода, а две другие заняты орбиталями неподеленных пар электронов атома кислорода, не участвующих в образовании химических связей.

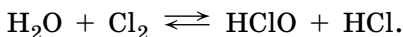
Вода является стабильным соединением, ее разложение на кислород и водород происходит лишь под действием постоянного электрического тока или при температуре около 2000 °С:



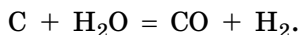
Вода непосредственно взаимодействует с металлами, стоящими в ряду стандартных электронных потенциалов до водорода. Продуктами реакции в зависимости от природы металла могут быть соответствующие гидроксиды и оксиды. Скорость реакции в зависимости от природы металла также изменяется в широких пределах. Так, натрий вступает в реакцию с водой уже при комнатной температуре, реакция сопровождается выделением большого количества тепла; железо реагирует с водой при температуре 800 °С:



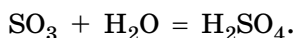
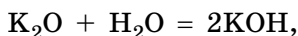
Вода может вступать в реакцию со многими неметаллами. Так, при обычных условиях вода обратимо взаимодействует с хлором:



При повышенной температуре вода взаимодействует с углем с образованием так называемого синтез-газа — смеси оксида углерода (II) и водорода:

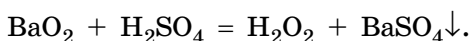


При обычных условиях вода реагирует со многими основными и кислотными оксидами с образованием оснований и кислот соответственно:

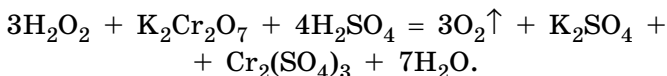
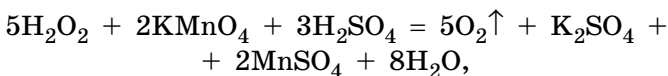
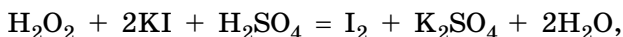


Реакция идет до конца, если соответствующее основание или кислота растворимы в воде.

Пероксид водорода (H_2O_2) представляет собой бесцветную жидкость, очень неустойчивую при комнатной температуре. Концентрированные растворы пероксида водорода взрывоопасны. В лаборатории H_2O_2 получают с помощью обменной реакции между пероксидом бария и концентрированной серной кислотой:

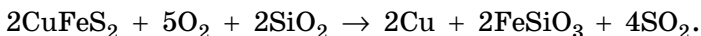


В химических реакциях H_2O_2 может проявлять свойства как окислителя, так и восстановителя, например:

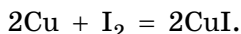
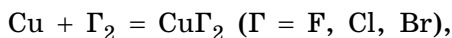
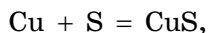
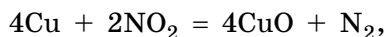
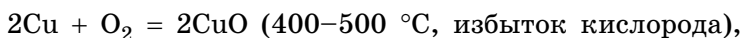
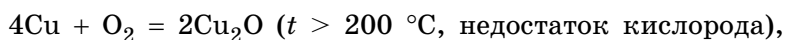


2.9. Химия *d*-элементов (медь, серебро, цинк, хром, марганец, железо)

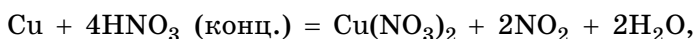
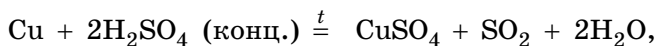
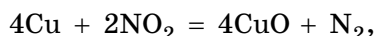
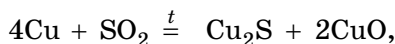
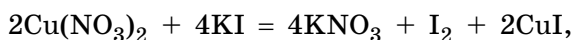
Медь находится в 4-м периоде, группе IB. Ее электронная формула $^{29}\text{Cu } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$, наиболее устойчивые степени окисления +2 и +1. Простое вещество медь представляет собой металл красного цвета, *t* пл. 1084,5 °С, плотность 8,92 г/см³. В сухом воздухе устойчива. Слабый восстановитель. Медь в промышленности получают пирометаллургическим методом, что можно описать следующим уравнением:



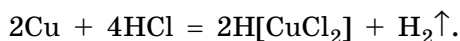
Полученную медь называют черновой (содержание меди 95–98%). Затем медь подвергают электролитическому рафинированию для получения меди высокой чистоты. Металл малой активности, в ряду напряжений металлов медь расположена после водорода. Ее химические свойства:



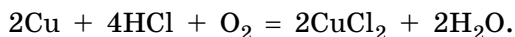
Йодид меди (II) не существует. Попытки получить его реакциями обмена приводят к йодиду меди (I) и йоду, например:



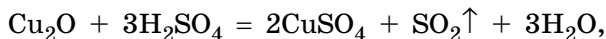
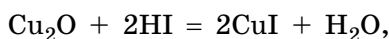
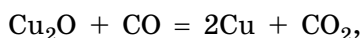
В электрохимическом ряду напряжений металлов медь расположена после водорода, поэтому с разбавленной соляной кислотой она не реагирует. Однако с концентрированной соляной кислотой она взаимодействует с образованием дихлоркупрата (I) водорода:

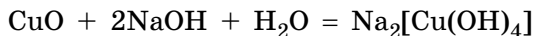
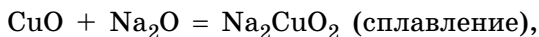
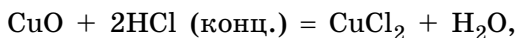
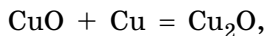


Кроме того, медь способна взаимодействовать с соляной кислотой в присутствии кислорода воздуха:

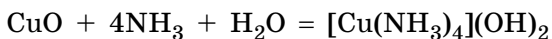
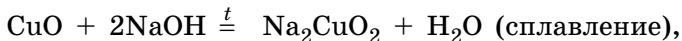


Медь образует оксиды состава Cu_2O , CuO . Первый проявляет основные, а второй амфотерные с преобладанием основных свойства. Оба оксида легко восстанавливаются до меди под действием различных восстановителей:

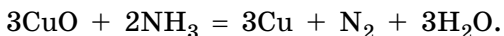
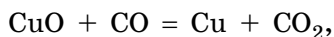
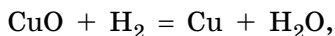




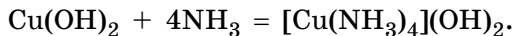
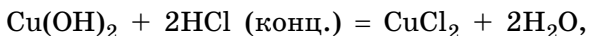
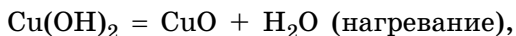
(тетрагидроксокупрат (II) натрия),



(тетрааммиакат гидроксида меди (II),
реактив Швейцера),



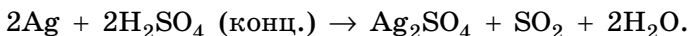
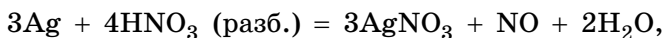
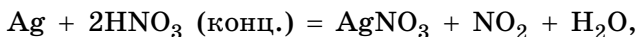
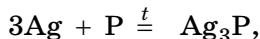
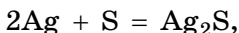
Гидроксид меди (II) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ разлагается при нагревании, проявляет амфотерные свойства с преобладанием основных:



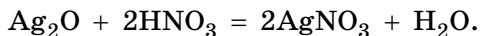
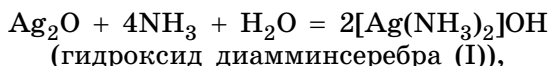
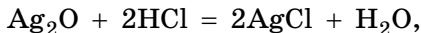
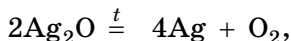
Чистую медь используют в электротехнической промышленности. На основе меди получены многочисленные сплавы: латунь (сплав меди с цинком), бронза (сплав меди с оловом), мельхиор (сплав меди с железом, никелем и марганцем). Ряд соединений меди используют для борьбы с вредителями в сельском хозяйстве.

Медь является жизненно важным микроэлементом растений и живых организмов. Известно более 25 медьсодержащих белков. Суточную потребность человека в меди оценивают в 2–3 мг в сутки. В больших количествах соединения меди токсичны. Известна болезнь Коновалова—Вильсона, которую связывают с избыточным содержанием меди в организме.

Серебро находится в пятом периоде, группе IB. Его электронная формула $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^1$. В промышленности серебро получают комплексной переработкой полиметаллических руд. Серебро представляет собой белый тяжелый пластичный металл (t пл. 962°C , плотность $10,5 \text{ г/см}^3$). Химические реакции, характерные для серебра:



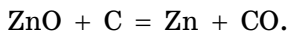
Оксид серебра Ag_2O — термически нестабильный, типичный основной оксид. Его химические свойства:



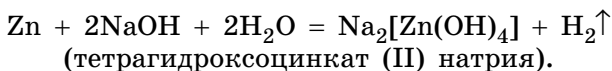
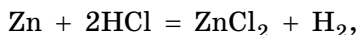
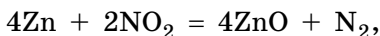
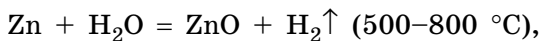
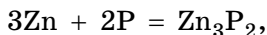
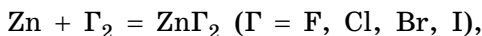
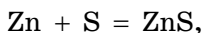
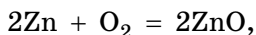
Серебро относят к микроэлементам. Оно обладает бактерицидными свойствами. В медицинской практике иногда используют нитрат серебра (ляпис) как вяжущее и противовоспалительное средство. Кроме того, широкое применение находит так называемая серебряная вода для стерилизации и увеличения срока хранения ряда лекарственных препаратов, а также для лечения ран и язв. Коллоидные соединения серебра (протаргол и колларгол) используют при лечении конъюнктивитов и инфекционных заболеваний слизистых оболочек.

Цинк находится в 4-м периоде, группе IIB. Его электронная формула $^{30}\text{Zn} \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$. Простое вещество цинк представляет собой хрупкий голубовато-белый металл, покрывающийся на воздухе защитной ок-

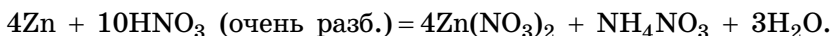
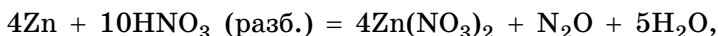
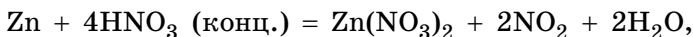
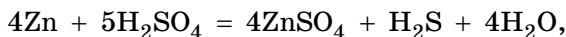
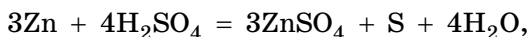
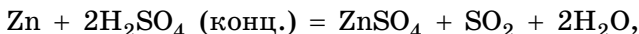
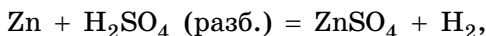
сидной пленкой; t пл. $420\text{ }^{\circ}\text{C}$, плотность $7,13\text{ г/см}^3$. В промышленности цинк получают либо электролизом водного раствора его сульфата, либо пирометаллургическим методом: сернистые руды подвергают обжигу с последующим восстановлением оксида цинка коксом:



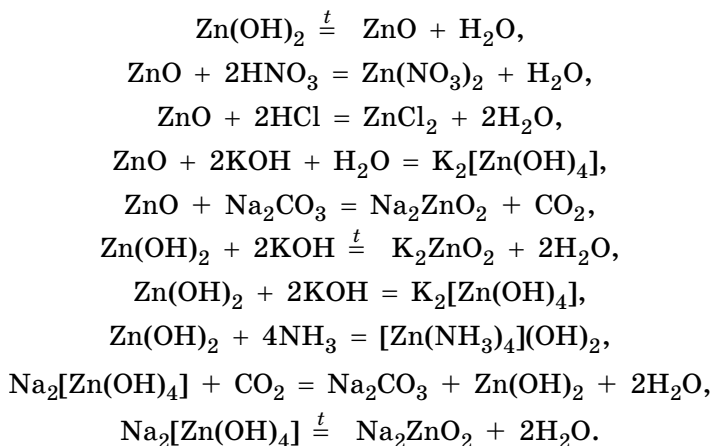
Цинк относится к металлам средней активности, в своих соединениях проявляет единственную степень окисления +2. Характерные для цинка химические реакции:



Особенностью цинка являются его реакции с серной и азотной кислотами различной концентрации. При этом в зависимости от концентрации кислот образуются различные продукты реакции:



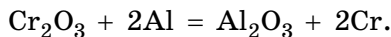
Оксид и гидроксид цинка являются амфотерными. Их характерные реакции:



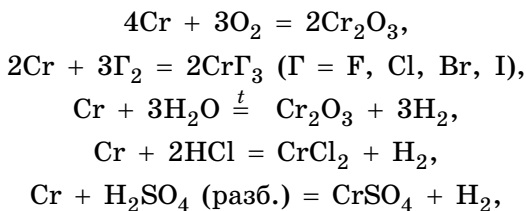
Цинк применяют прежде всего для цинкования железа и стали для создания антикоррозионных покрытий. На основе цинка изготавливают латунь (сплав цинка с медью). Соединения цинка входят в состав минеральных красок.

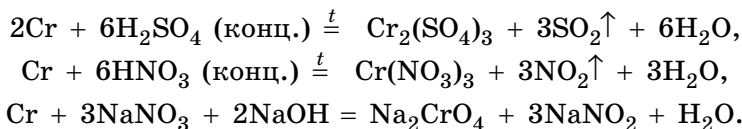
Цинк является жизненно необходимым элементом. Он входит в состав ряда ферментов и в состав гормона инсулина, который влияет на содержание сахара в крови. Растворимые соли цинка в больших количествах токсичны.

Хром расположен в 4-м периоде, группе VIВ. Его электронная формула $^{24}\text{Cr } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$. Металл средней активности. Твердый тугоплавкий (t пл. 1890 °С) металл серого цвета. На воздухе покрывается очень тонкой оксидной пленкой. Пассивируется в концентрированной и разбавленной азотной кислоте. В своих соединениях хром проявляет степени окисления +2, +3 и +6. В промышленности чистый хром получают восстановлением оксида хрома методом алюминотермии:



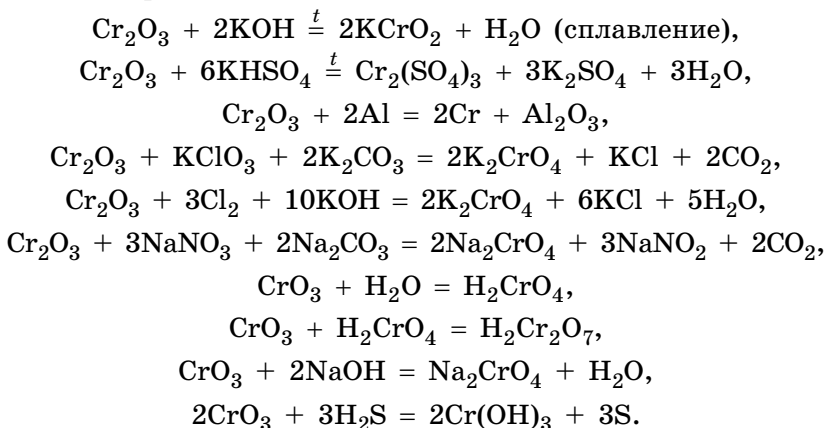
Его характерные химические реакции:



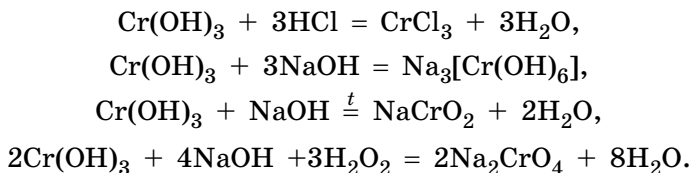


Хром образует ряд оксидов: CrO — основной оксид, Cr_2O_3 — амфотерный оксид, CrO_3 — кислотный оксид, следовательно, рост степени окисления сопровождается усилением кислотных свойств. Все оксиды хрома вступают в окислительно-восстановительные реакции.

Ниже приведены характерные для этих соединений химические реакции:



Гидроксид хрома (III) проявляет амфотерные свойства, вступает в окислительно-восстановительные реакции:

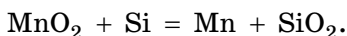
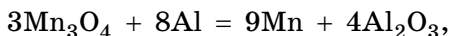


Хром используют для создания химически стойких гальванических покрытий, а также в качестве добавок к легированным сталям. Хром входит в состав нержавеющей, кислотоупорных, жаропрочных сталей, которые отличаются повышенной твердостью и прочностью. Оксид хрома (III) используют для изготовления красок, а также для окрашивания стекла и фарфора в зеленый цвет. Соли хрома (III) применяют в промышленности для получения

хромовой кожи. Двойную соль калия и хрома — хромокалиевые квасцы $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ — применяют в кожевенной промышленности для дубления кож и в текстильной промышленности для протравы при крашении. Хромат свинца PbCrO_4 — желтый крон — используют в качестве пигмента при изготовлении желтой масляной краски.

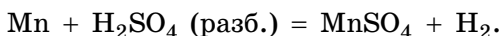
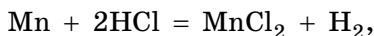
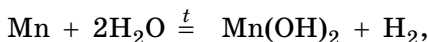
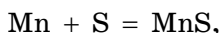
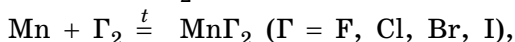
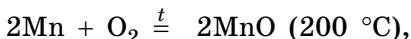
Хром относят к биогенным элементам, которые содержатся в растительных и животных организмах. Окончательно его влияние на нормальную жизнедеятельность человека не выяснено. Соли хрома токсичны, их воздействие на кожу может вызвать дерматиты.

Марганец расположен в 4-м периоде, группе VIIБ Периодической системы Д. И. Менделеева. Его электронная формула $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$. Простое вещество марганец представляет собой серебристый металл (в порошкообразном состоянии имеет светло-серую окраску). Его плотность $7,44 \text{ г/см}^3$, температура плавления 1244°C . Характерные степени окисления марганца +2, +4, +6 и +7. В чистом виде марганец получают термическим восстановлением оксидов или галогенидов водородом, натрием, магнием, алюминием, углеродом или кремнием (метод кремнийтермии):



Особо чистый марганец получают электролизом водного раствора сульфата марганца (II).

Химические свойства марганца:



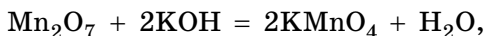
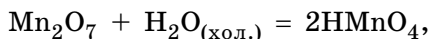
Марганец образует пять оксидов: MnO , Mn_2O_3 , MnO_2 , Mn_3O_4 , Mn_2O_7 . MnO проявляет основные свойства. Mn_2O_3 при взаимодействии с разбавленными растворами кислот диспропорционирует, а при нагревании с концентрированными растворами кислот выделяет кислород:



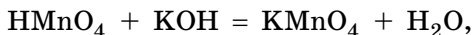
MnO_2 не взаимодействует ни со щелочами, ни с разбавленными растворами кислот. С концентрированными кислотами при нагревании реагирует так же, как и Mn_2O_3 :



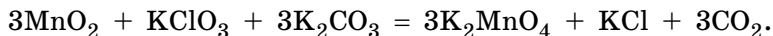
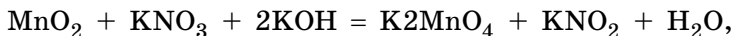
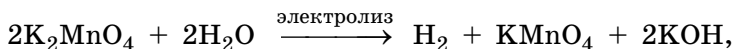
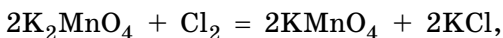
Mn_2O_7 — единственный среди оксидов марганца, который является жидкостью при нормальных условиях. Кислотный оксид. Разлагается уже при температуре 55°C , при ударе может взорваться.



Марганцевая кислота HMnO_4 в свободном виде не выделена. Существует в виде водного раствора с максимальной массовой долей 0,2. Является сильной кислотой и сильным окислителем:



Перманганат калия KMnO_4 получают из манганата калия K_2MnO_4 . Последний в свою очередь получают из оксида марганца (IV):



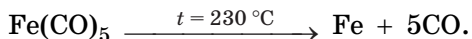
Перманганат калия и манганат калия — сильные окислители. Закономерности реакций с их участием рассмотрены в разделе 1.8.

Марганец используют в металлургических процессах, в том числе для выплавки ударопрочных сталей. Диоксид марганца применяют при производстве гальванических

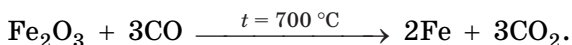
элементов как окислитель и катализатор, а также как пигмент минеральных красок.

Марганец является жизненно важным элементом. Он входит в состав металлоферментов, участвует в синтезе витаминов В и С. В медицинской практике используют растворы перманганата калия различной концентрации как антисептическое и кровоостанавливающее средство. Для лечения анемии используют комбинированные препараты, содержащие сульфат и хлорид двухвалентного марганца.

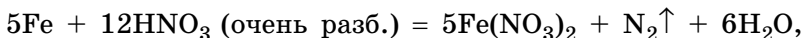
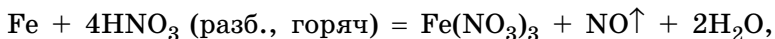
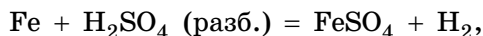
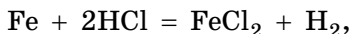
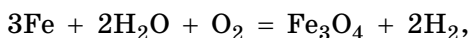
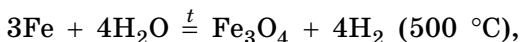
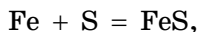
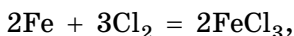
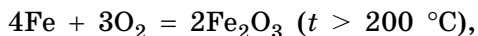
Железо находится в 4-м периоде, группе VIIIБ. Его электронная формула $^{26}\text{Fe } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$. Простое вещество железо представляет собой серебристо-белый металл с $t_{\text{пл.}}$ 1539 °С и плотностью 7,87 г/см³, обладающий магнитными свойствами. Металл средней активности, в своих соединениях проявляет степени окисления +2 и +3. Известны ряд соединений железа со степенью окисления +6. Они являются сильными окислителями. Химически чистое железо получают разложением его пентакарбонила:

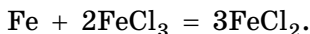


Основная масса железа используется не в чистом виде, а в виде сплавов с углеродом (сталь, чугун) и другими элементами. Эти сплавы получают в доменных печах. Упрощенно этот процесс можно описать уравнением:

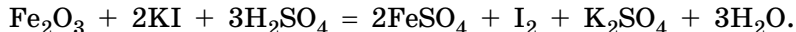
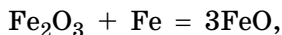
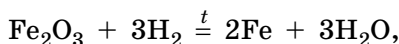
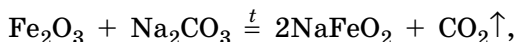
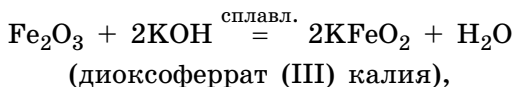
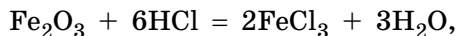
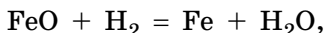
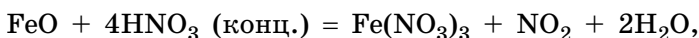
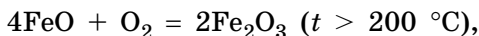
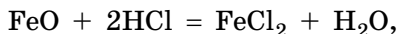


Характерные для железа химические реакции:

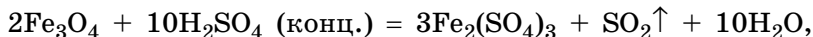
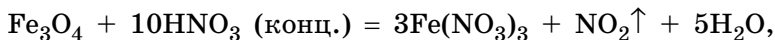
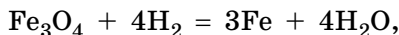
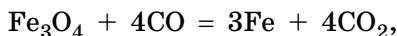
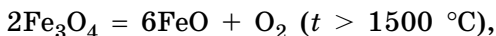




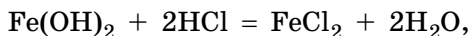
FeO проявляет основные, а Fe₂O₃ — амфотерные с преобладанием основных свойства. Оба оксида вступают в окислительно-восстановительные реакции:

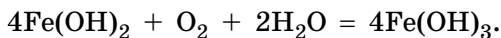
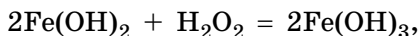
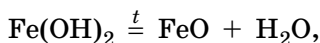


Для двойного оксида железа (II) — железа (III) Fe₃O₄ (магнетит) характерны в первую очередь окислительно-восстановительные реакции, а также реакции обмена, которые идут также, как и у входящих индивидуально в его состав оксидов:

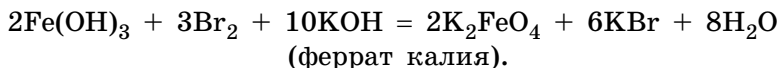
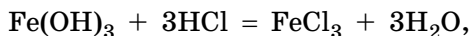


Гидроксид железа (II) практически проявляет только основные свойства, при нагревании разлагается, вступает в окислительно-восстановительные реакции:

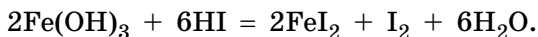
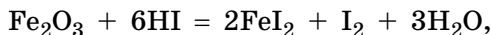




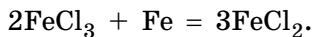
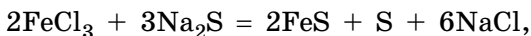
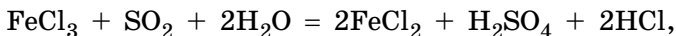
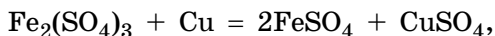
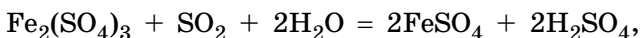
Гидроксид железа (III) проявляет амфотерные с преобладанием основных свойства, при нагревании разлагается, вступает в окислительно-восстановительные реакции:



Йодид железа (III) не существует. Попытки получить его обменными реакциями приводят к йодиду железа (II) и йоду:



Соли железа (III) вступают в многочисленные окислительно-восстановительные реакции, например:



Важнейшей областью применения железа является получение чугуна, стали и специальных сплавов. Из солей железа в промышленности применяют железный купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ для приготовления минеральных красок, борьбы с вредителями растений; хлорид железа (III) FeCl_3 как протраву при крашении ткани, коагулянт при очистке воды; сульфат железа (III) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ как коагулянт и для травления металлов.

Железо является важнейшим биогенным элементом. Его общее содержание в организме человека составляет около 5 г. Большая часть железа содержится в гемоглобине крови, который обратимо связывает кислород и переносит его от легких к тканям. Кроме того, железо входит в состав ряда ферментов. Как избыток, так и недостаток железа в организме приводит к различным заболеваниям. Одним из самых серьезных заболеваний, вызванных недостатком железа в организме, является гипохромная анемия. В медицинской практике используют более десяти различных препаратов железа, основу которых составляют $\text{FeCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, лактат железа (II) $[\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{COO}]_2 \text{Fe} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Раздел 3. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

3.1. Введение в органическую химию

Органическая химия — это химия углеводородов и их производных.

Основные положения теории строения органических соединений:

1. Все атомы, образующие молекулы органического вещества, связаны в определенной последовательности согласно их валентностям.

2. Свойства веществ зависят от строения молекул, т. е. свойства и строение взаимосвязаны между собой.

3. Зная свойства вещества, можно установить его строение и наоборот: химическое строение органического соединения может много сказать о его свойствах.

4. Химические свойства атомов и атомных группировок не являются постоянными, а зависят от других атомов (атомных групп), находящихся в молекуле. При этом наиболее сильное влияние атомов наблюдается в случае, если они непосредственно связаны друг с другом.

Ниже приводятся основные термины, используемые в органической химии.

Изомерией называют явление существования органических соединений с одинаковым качественным и количественным составом, но с различными свойствами.

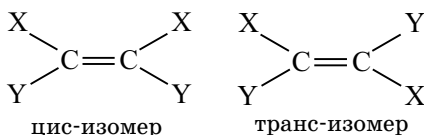
Изомерами называют химические соединения, имеющие одинаковый качественный и количественный состав, но разное химическое строение и разные свойства.

Структурной называют изомерию, вызванную наличием химических соединений с одинаковым составом, но с различным порядком связи структурных элементов. Различают изомерию углеродного скелета, изомерию положения заместителя или кратной связи.

Геометрическая, или **цис-транс-изомерия**, — явление существования веществ с различным расположением заместителей относительно двойной связи.

Геометрическая изомерия возможна как у соединений с двойной связью, так и у алициклических соединений.

Если одинаковые группы атомов располагаются по разные стороны от плоскости π -связи, то такие соединения называют **транс-изомерами**, если одинаковые группы атомов располагаются по одну сторону от плоскости π -связи, то такие соединения называют **цис-изомерами**.



Вещества, обладающие сходным химическим строением и химическими свойствами, но отличающиеся между собой на одну или несколько CH_2 -групп, называют **гомологами**. Гомологи образуют гомологичные ряды. Свой гомологичный ряд существует для каждого класса органических соединений.

Химическую связь, максимальная электронная плотность которой находится на линии связывания ядер, называют σ -связью.

Химическую связь, максимальная электронная плотность которой находится вне линии связывания ядер, называют π -связью.

В молекулах органических веществ атом углерода всегда находится в одном из трех валентных состояний с различными типами гибридизации:

sp^3 -гибридизация. При этой гибридизации происходит смешение одной $2s$ - и трех $2p$ -орбиталей, в результате чего образуются четыре одинаковые sp^3 -гибридные орбитали. Валентный угол $109^\circ 28'$. Атом углерода, находящийся в состоянии sp^3 связан с четырьмя другими атомами простыми (одинарными) связями. Все эти связи являются σ -связями

sp^2 -гибридизация. При этой гибридизации происходит смешение одной $2s$ - и двух $2p$ -орбиталей, в результате чего образуются три одинаковые sp^2 -гибридные орбитали. Валентный угол 120° . Атом углерода, находящийся в со-

стоянии sp^2 , связан с каким-либо другим атомом двойной связью, например, $>C=C<$; $>C=O$; $>C=N-$. Одна из двойных связей является σ -связью, другая π -связью.

sp -гибридизация. При этой гибридизации происходит смешение одной $2s$ - и одной $2p$ -орбитали, в результате чего образуются две одинаковые sp -гибридные орбитали. Валентный угол 180° . Атом углерода, находящийся в состоянии sp , связан с каким-либо другим атомом тройной связью, например $-C\equiv C-$; $-C\equiv N$. Одна из тройных связей является σ -связью, две другие — π -связями.

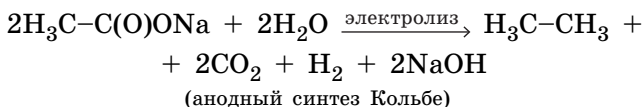
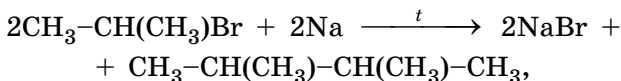
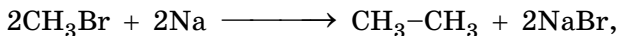
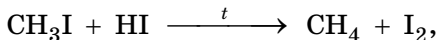
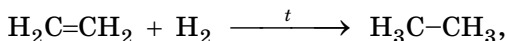
3.2. Углеводороды

Углеводородами называют органические вещества, состоящие только из углерода и водорода. По составу их классифицируют на насыщенные и ненасыщенные, по строению — на алифатические, циклические и ароматические.

Алканами называют предельные алифатические углеводороды, отвечающие общей формуле C_nH_{2n+2} , в молекулах которых атомы углерода связаны между собой простой (одинарной) σ -связью.

Для алканов характерна изомерия углеродного скелета.

Способы получения алканов. Как правило, алканы получают из природного сырья, однако известно большое число синтетических методов их получения. Это реакции гидрирования алкенов и алкинов, декарбоксилирование натриевых или калиевых солей карбоновых кислот, восстановление йодалканов йодоводородом, реакция Вюрца:

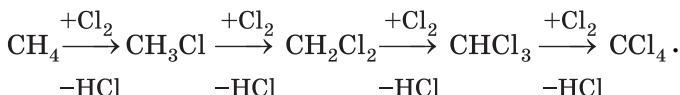


Для алканов характерны реакции замещения, которые идут при нагревании или УФ-облучении. При этом происходит разрыв связи С–Н с последующей заменой атома водорода на другой атом или группу атомов или же разрыв молекулы по связи С–С.

Большинство реакций алканов протекают по механизму радикального замещения S_R . В этих реакциях реакционная способность атомов водорода убывает в ряду: третичные > вторичные > первичные.

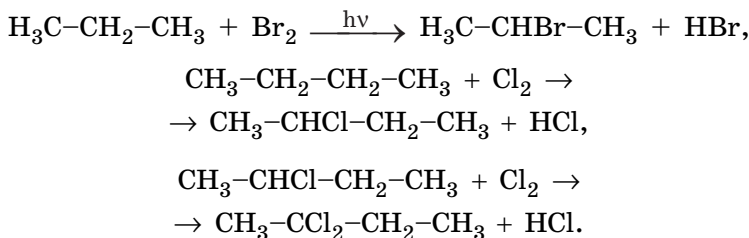
Ниже приведены уравнения химических реакций, характерных для алканов.

1. Галогенирование:



Реакция идет на свету или при температуре 250–400 °С.

Реакционная способность галогенов в этой реакции уменьшается в ряду $\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$.



Реакции замещения в алканах протекают по радикальному механизму. При этом легче всего происходит замещение атома водорода, связанного с третичным углеродным атомом, затем — со вторичным и наконец — с первичным. Это объясняют значением энергии связей С–Н, имеющих величину для первичной около 419 кДж/моль, вторичной — 393,6 кДж/моль и третичной — 372,6 кДж/моль.

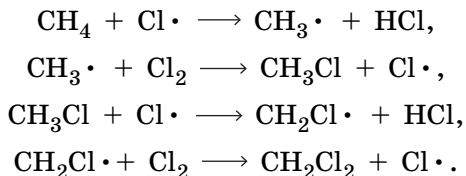
Наиболее широко известны реакции галогенирования алканов. Эти реакции идут на свету или при нагревании

в присутствии инициаторов радикальных реакций. Рассмотрим механизм реакции на примере хлорирования метана.

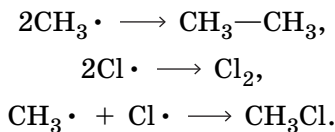
На первой стадии этой реакции происходит распад молекулы хлора на два свободных радикала:

$\text{Cl}:\text{Cl} \longrightarrow 2\text{Cl}\cdot$ — зарождение, или инициирование, цепи.

Затем начинается рост цепи, связанный с взаимодействием свободного радикала с молекулой метана, что приводит к образованию новых радикалов:

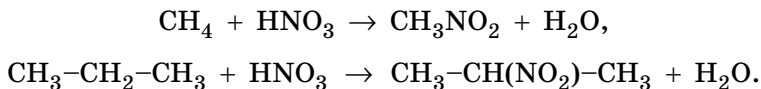


Реакция заканчивается обрывом цепи, который наступает в результате взаимодействия между собой свободных радикалов:

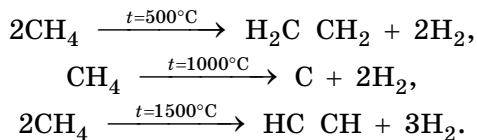


Механизм реакции галогенирования был установлен академиком Н. Н. Семеновым.

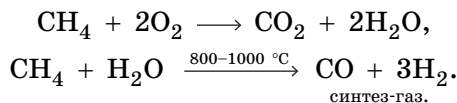
2. Нитрование:



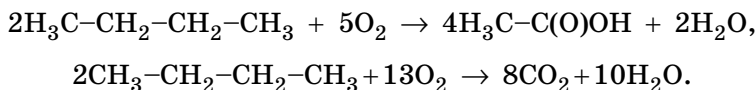
3. Термические превращения:



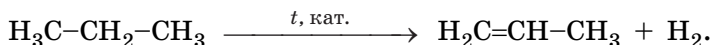
4. Окисление:



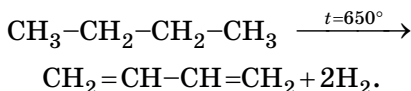
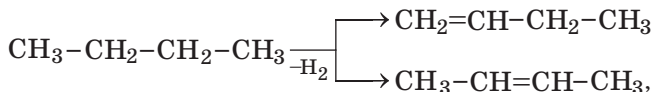
Каталитическое окисление бутана приводит к уксусной кислоте, а горение в кислороде — к углекислому газу и воде:



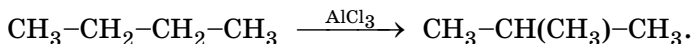
5. Дегидрирование:



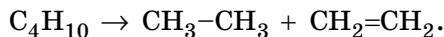
Реакции дегидрирования (отщепления водорода) протекают по разным направлениям:



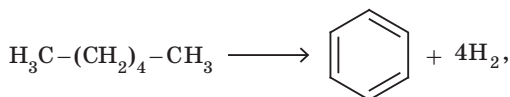
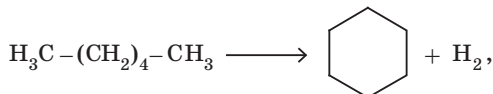
Изомеризация:

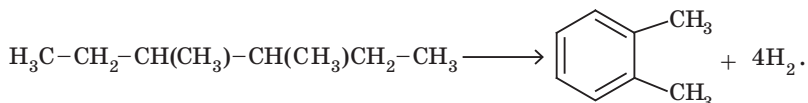
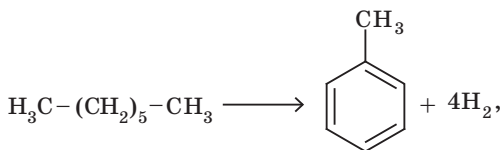


Крекинг:



Реакции циклизации и ароматизации:





Последние две реакции идут при температурах 450–500 °С с использованием в качестве катализаторов оксидов хрома или алюминия.

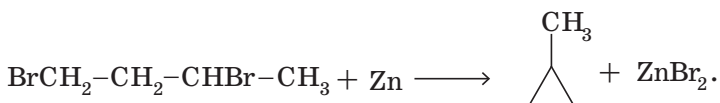
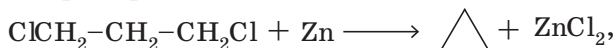
Алициклическими называют углеводороды, которые содержат один или несколько циклов неароматического характера. По своим свойствам они схожи с соответствующими соединениями алифатического ряда. Термин «алициклические» означает «алифатические циклические» углеводороды. Несмотря на большое сходство между алифатическими и алициклическими соединениями, у последних имеются некоторые специфические свойства, обусловленные их циклической структурой. Общая формула гомологического ряда циклоалканов C_nH_{2n} .

Иногда циклоалканы называют нафтенами, так как производные циклопентана и циклогексана содержатся в некоторых сортах нефти.

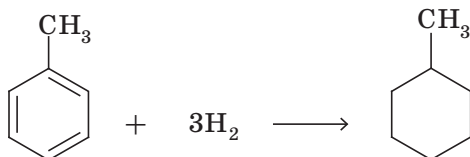
Для гомологов и производных циклоалканов возможны следующие виды изомерии: изомерия, связанная с размером цикла, например, циклобутан является изомером метилциклопропана; изомерия положений заместителей в цикле; изомерия боковых цепей.

Циклопентан, циклогексан и их производные широко распространены в природе и составляют основную часть некоторых сортов нефти.

Низшие циклы синтезируют циклизацией дигалогидпроизводных, например:

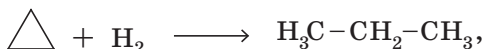


Циклобутан и циклопентан получают циклизацией 1,4-дибромбутана и 1,5-дибромпентана под действием амальгамы лития. Циклогексан и его производные получают из нефти или гидрированием бензола и его производных.

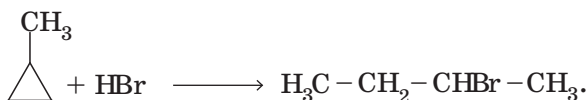
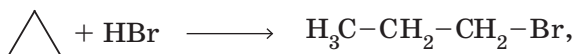


Химические свойства циклоалканов во многом определяются размерами цикла. Наибольшей химической стойкостью обладают пяти- и шестичленные циклы. Циклопропан склонен к многочисленным реакциям раскрытия цикла.

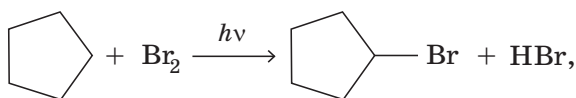
Гидрирование циклопропана и циклобутана идет над никелевым катализатором при температуре 80 и 120 °C соответственно. При этом образуются пропан и бутан.

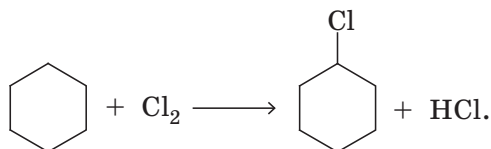
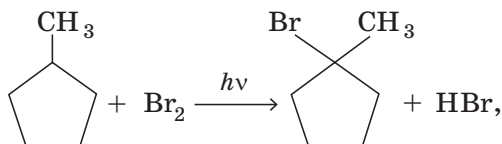


Циклопропановый цикл легко раскрывают при бромировании или гидробромировании, например:

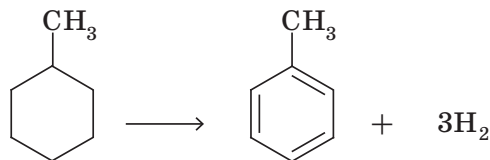
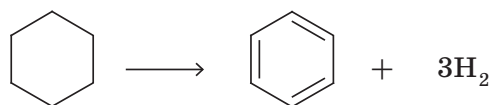


В аналогичных условиях углеводороды от циклобутана до циклогексана вступают в реакции замещения:





Дегидрирование с ароматизацией циклогексана и метилциклогексана приведёт к бензолу и толуолу соответственно;

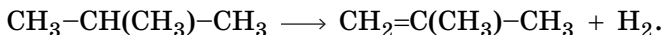


Циклопропан используют в качестве анестезирующего средства. Циклогексан используют как растворитель. Окислением циклогексана получают циклогексанол $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$, циклогексанон $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}$ и адиптиновую кислоту $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$. Циклогексанон является промежуточным продуктом при получении полиамидного волокна — капрона.

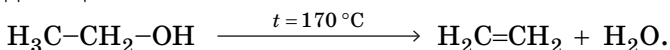
Алкенами, или **олефинами**, называют алифатические непредельные углеводороды, молекулы которых отвечают общей формуле C_nH_{2n} и имеют в своем составе одну двойную связь $\text{C}=\text{C}$. Родоначальником этого класса органических соединений является этилен $\text{CH}_2=\text{CH}_2$. Для алкенов характерна изомерия углеродного скелета, изомерия положения кратной связи, геометрическая изомерия, а также межклассовая изомерия с циклоалканами.

Способы получения алкенов. Этилен, пропилен и бутилены выделяют из газов нефтепереработки, образующихся при термическом крекинге. Алкены также образуются в большом количестве при пиролизе нефти.

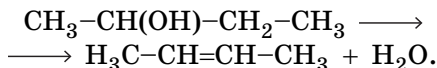
Промышленным способом получения алкенов является дегидрирование алканов на катализаторе ($\text{K}_2\text{O}-\text{Cr}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3$), при температуре $560-620^\circ\text{C}$ из *n*-бутана образуются изомерные бутены. Еще легче этот процесс идет в случае изобутана:



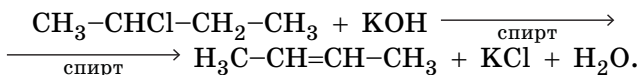
Алкены получают дегидратацией спиртов при катализе серной или фосфорной кислотами, оксидом алюминия или хлоридом цинка:



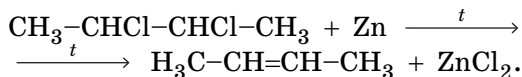
При дегидратации спиртов атом водорода наиболее легко отщепляется от наименее гидрогенизированного атома углерода (*правило Зайцева*):



Алкены образуются при действии на галоидные алкилы спиртовой или измельченной твердой щелочи. Эта реакция дегидрогалогенирования также идет по правилу Зайцева:



Алкены можно получить обработкой цинковым или магниевым порошком вицинальных дигалоидалканов:

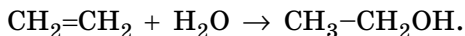
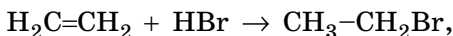
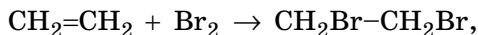
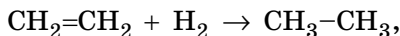


Алкены вступают в реакции соединения по двойной связи. Они протекают по механизму электрофильного присоединения, или A_{E} . Присоединение галогеноводородов и воды к несимметричным алкенам идет по правилу Марковникова: *атом водорода присоединяется к наиболее гидрогенизированному, т. е. связанному с наибольшим числом водородных атомов, атому углерода*. По легкости присо-

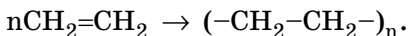
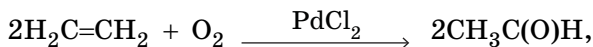
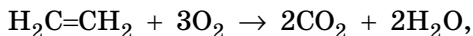
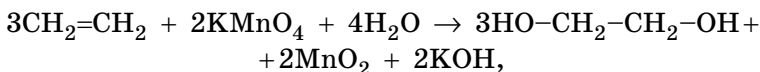
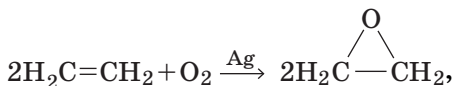
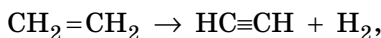
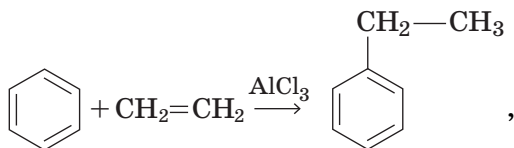
единения к алкенам галогеноводороды можно расположить в ряд: $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl} > \text{HF}$.

Ниже приведены реакции алкенов на примере этена и пропена:

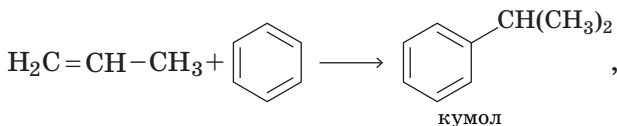
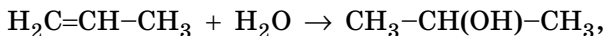
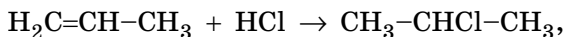
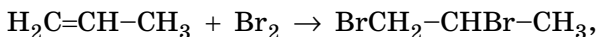
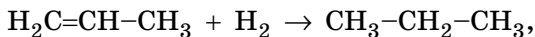
Этен:

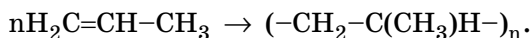
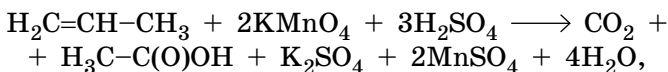
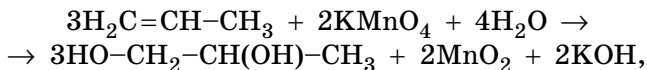
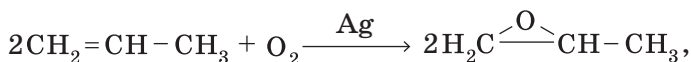


Реакция гидратации катализируется кислотами.

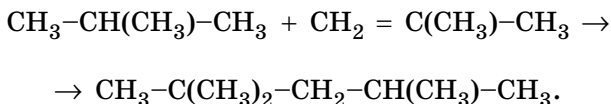


Пропен:

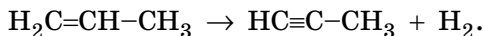
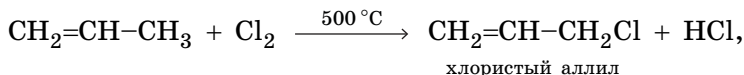




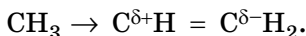
Реакция алкилирования протекает между алканами и алкенами в присутствии катализаторов:



Кроме реакций соединения для алкенов возможны отдельные реакции замещения, которые протекают по радикальному механизму, а также реакции разложения:



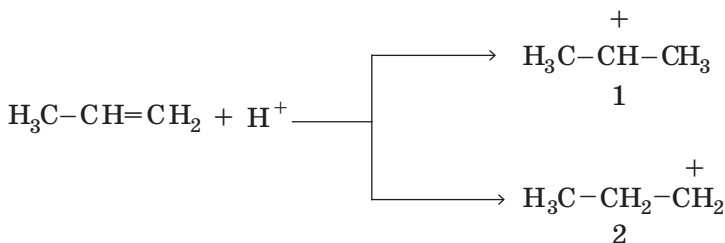
С позиции электронной теории правило Марковникова объясняют так: под действием метильного радикала в молекуле пропилена происходит перераспределение электронной плотности электронного облака π -связи в сторону крайнего ненасыщенного атома углерода, в результате чего на атомах углерода, связанных двойной связью, возникают частичные заряды:



При взаимодействии такой молекулы с галогеноводородом присоединение положительно заряженного иона водо-

рода идет по атому углерода с частичным отрицательным зарядом, а отрицательно заряженного галогенид-иона — по атому углерода с частичным положительным зарядом.

Другое объяснение правила Марковникова следующее. В результате электрофильного присоединения возможно образование двух различных карбокатионов: из-за положительного индуктивного эффекта двух метильных групп карбокатион 1 более стабилен, чем карбокатион 2.



Таким образом, реакции электрофильного присоединения по двойной связи идут в направлении образования наиболее устойчивого промежуточного карбокатиона.

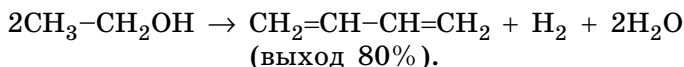
Существуют исключения из правила Марковникова. Это присоединение бромоводорода к алкенам в присутствии органических пероксидов или кислорода. В этом случае из пропена и бромоводорода образуется 1-бромпропан (перекисный эффект Хараши). Подчеркнем особо: перекисный эффект имеет место только в случае реакции алкенов с бромоводородом. При присоединении к алкенам HCl , H_2O , HI пероксиды не влияют на направление реакции, и она идет по правилу Марковникова.

Диеновыми углеводородами называют класс химических соединений, молекулы которых отвечают общей формуле $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ и содержат в своем составе две двойные углерод-углеродные связи. Для диенов характерна изомерия углеродного скелета, изомерия положения кратных связей, геометрическая изомерия, а также межклассовая изомерия с ацетиленовыми углеводородами.

Способы получения диенов. Дивинил и изопрен выделяют из продуктов пиролиза нефти. Основным промышленным способом получения бутадиена-1,3 является деги-

дирование бутан-бутеновой смеси над катализатором, состоящим из окиси хрома, нанесенной на окись алюминия.

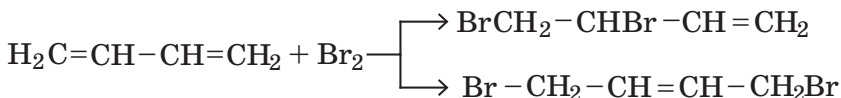
Метод получения дивинила по С. В. Лебедеву заключается в дегидрировании-дегидратации этилового спирта над катализатором $\text{MoO} - \text{ZnO}$ при 450°C .



Диены, у которых двойные связи разделены более чем одной одинарной связью, в химическом отношении ведут себя подобно алкенам.

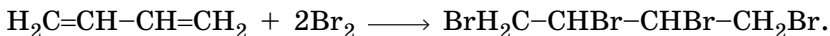
Диены, у которых двойные связи разделены одной простой связью, называют конъюгированными или сопряженными диенами. Эти соединения обладают специфическими химическими свойствами и имеют важное практическое значение.

Своеобразные химические свойства диенов проявляются в реакциях присоединения, которые идут не только по одной или двум отдельным двойным связям (1,2-присоединение), но и по противоположным концам молекулы (1,4-присоединение). Выход продуктов 1,2- или 1,4-присоединения определяется характером реагента и условиями реакции.

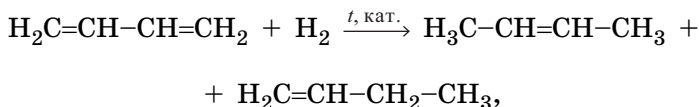


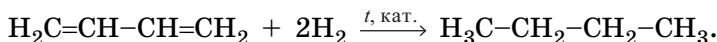
При низких температурах преобладают продукты 1,2-присоединения, при повышенных — 1,4-присоединения.

Полное бромирование бутадиена-1,3 приведет к 1,2,3,4-тетрабромбутану:



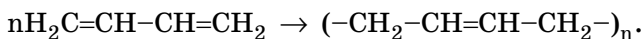
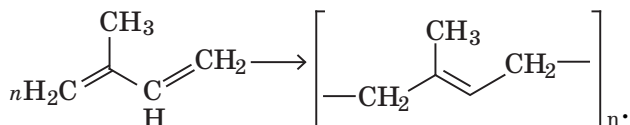
Неполное гидрирование диенов приводит к смеси алкенов, а при полном образуются алканы:





Окисление сопряженных диенов, в зависимости от используемого окислителя и условий проведения реакции, может протекать с образованием различных кислородсодержащих соединений. При частичном окислении в нейтральной среде образуется щавелевая кислота, а действие перманганата калия в кислой среде при нагревании приведет к полному окислению диена до углекислого газа и воды.

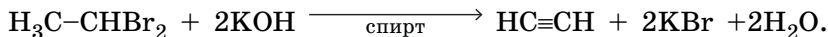
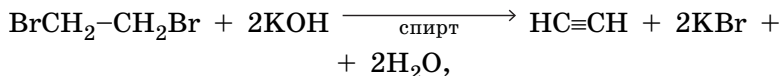
Полимеризация диенов:

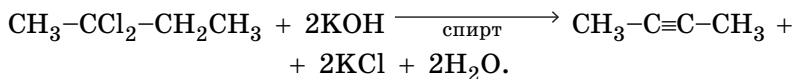
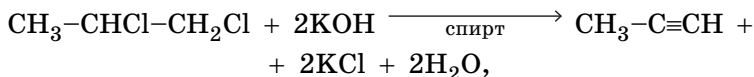


При использовании в качестве катализатора лития образуется 100% *цис*-1,4-полибутадиена. Если использовать в качестве катализатора натрия содержание *цис*-изомера упадет до 25–30%.

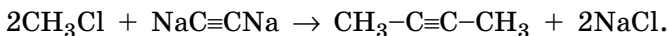
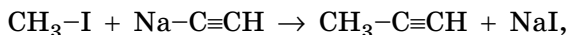
Ацетиленовыми углеводородами, или **алкинами**, называют класс органических соединений, которые соответствуют общей формуле $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ и содержат в молекуле одну тройную связь. Родоначальником этого класса соединений является ацетилен, или этин, — $\text{HC}\equiv\text{CH}$. Для ацетиленовых углеводородов характерна изомерия углеродной цепи, изомерия положения кратной связи и межклассовая изомерия с диеновыми углеводородами.

Общим методом получения алкинов является реакция спиртовых растворов щелочи с дигалоидалканами, содержащими два атома галогена при одном атоме углерода или двух соседних атомах углерода:

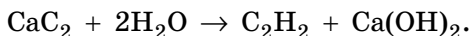




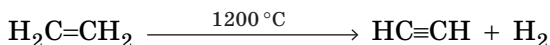
Производные ацетилена можно получить, действуя на его металлические производные галогидными алкилами:



Ацетилен получают действием воды на карбид кальция:

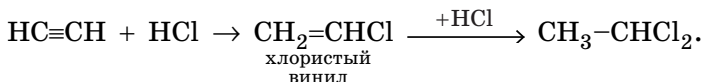
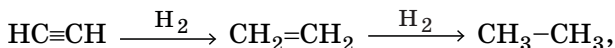


Кроме того, ацетилен получают термолизом метана и дегидрированием этилена:

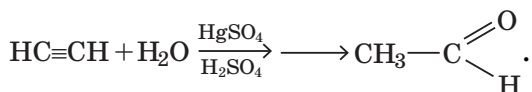


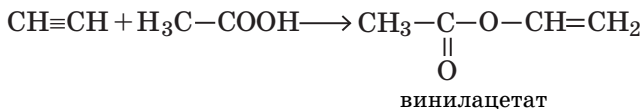
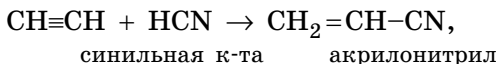
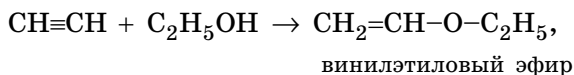
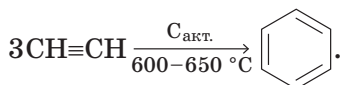
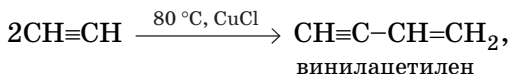
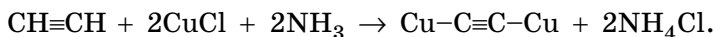
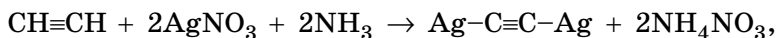
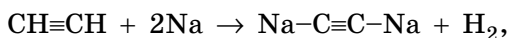
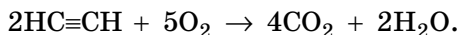
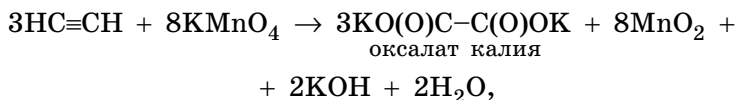
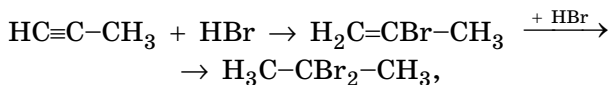
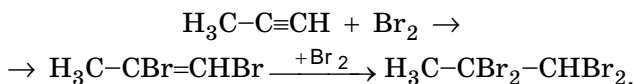
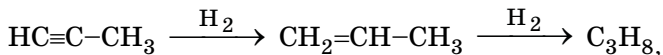
Для алкинов характерны реакции соединения и некоторые реакции замещения, которые приведены ниже на примере ацетилена и пропина. Катализаторами для реакций гидрирования алкинов являются Pd или PbO. Следует отметить, что реакции галогенирования и гидрогалогенирования алкинов идут медленнее, чем с алкенами.

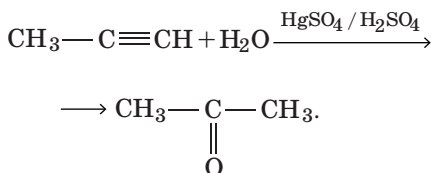
Ацетилен:



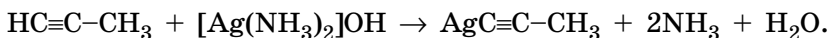
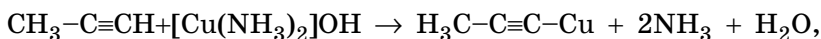
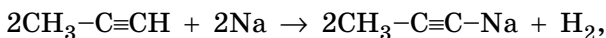
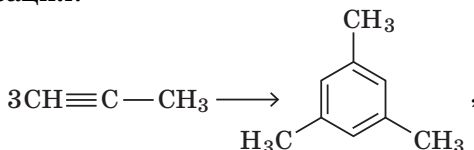
Реакция Кучерова:



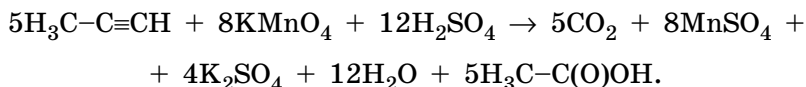
Реакции винилирования:**Реакции ди- и тримеризации:****Реакции замещения:****Реакции окисления:****Пропин:**



Тримеризация:



При окислении алкинов с терминальными (концевыми) тройными связями образуется карбоновая кислота и углекислый газ, например:



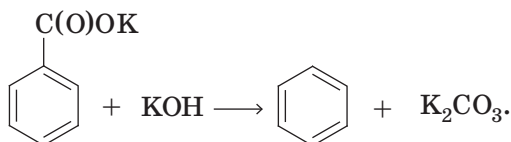
Ароматическими углеводородами, или **аренами**, называют класс химических соединений, который отвечает общей формуле $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ и имеет в своем составе устойчивую циклическую группировку (бензольное кольцо), обладающую особыми химическими свойствами.

Получение ароматических углеводородов. Основным природным источником ароматических углеводородов является нефть. Для получения гомологов бензола разработаны многочисленные синтетические методы.

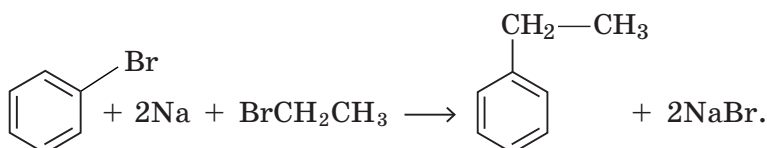
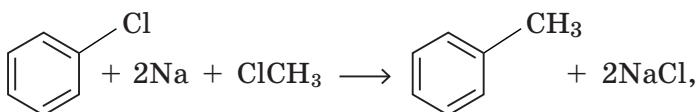
Некоторые сорта нефти содержат достаточное количество ароматических углеводородов, которые выделяют простой перегонкой, пиролизом или каталитическим крекингом.

Синтетические методы — это ароматизация алканов, алкилирование бензола и т. д.

Так, например, бензол можно получить реакцией декарбоксилирования бензоата натрия или калия:



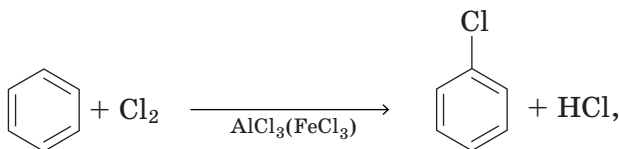
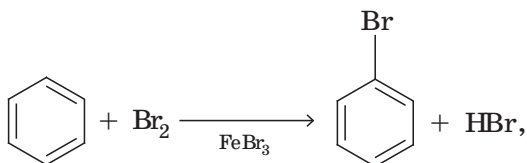
Гомологи бензола можно получить по реакции Вюрца — Фиттига:

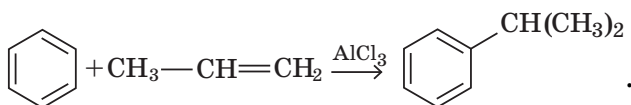
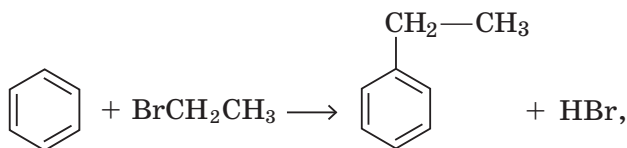
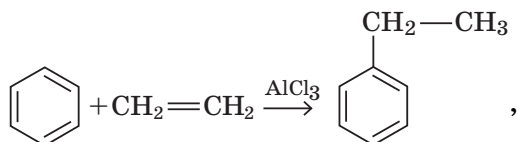
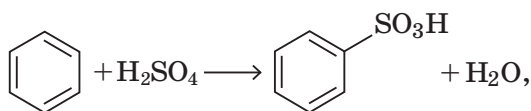
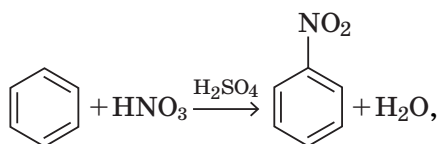
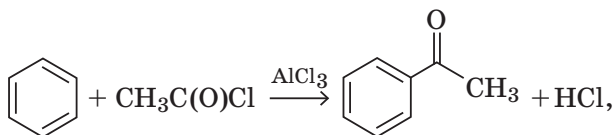
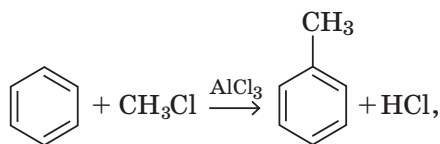


Кроме того, гомологи бензола могут быть получены с помощью реакции алкилирования бензола алкенами. Они будут рассмотрены ниже.

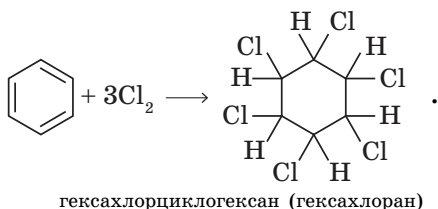
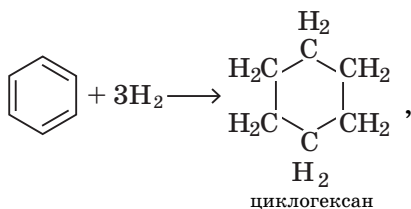
Для ароматических углеводородов наиболее характерны *реакции замещения* и некоторые *реакции присоединения*.

Как правило, все реакции замещения в ароматических соединениях протекают по электрофильному механизму S_E . К таким реакциям относятся реакции алкилирования, галогенирования, нитрования, сульфирования, ацилирования и др. Характерные химические свойства бензола:

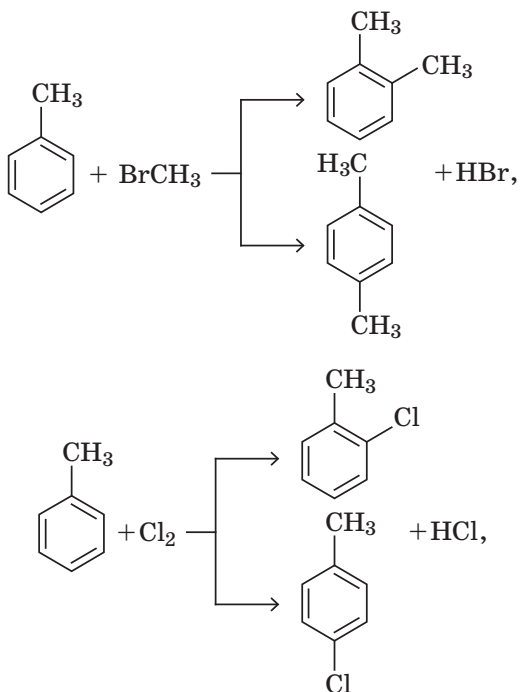


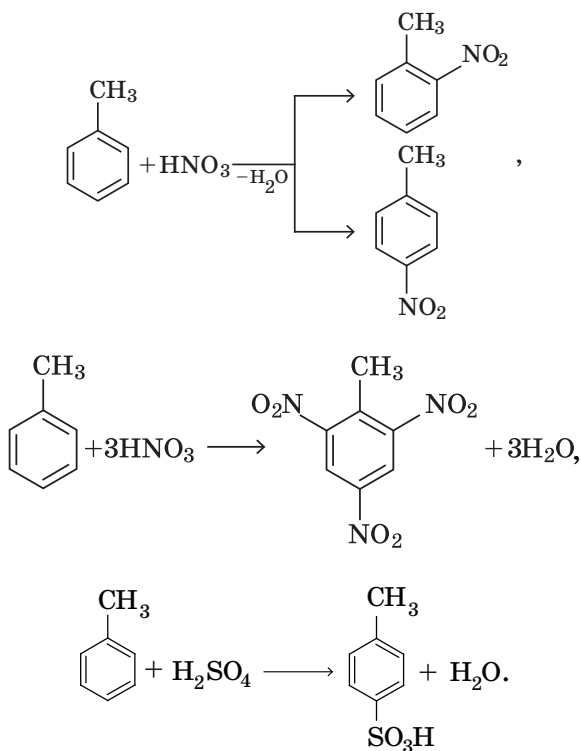


Гидрирование бензола до циклогексана идет при повышенной температуре в присутствии катализатора (никель, платина), а хлорирование до гексахлорциклогексана — в газовой фазе под ультрафиолетовым излучением.

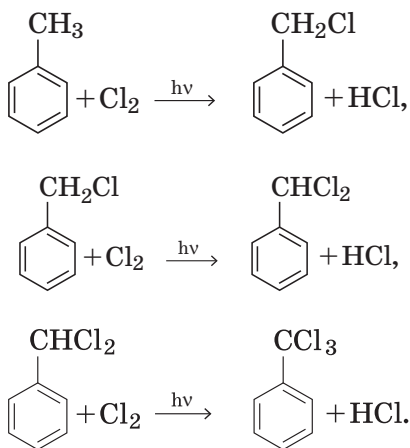


В молекуле толуола проявляется взаимное влияние метильного радикала на ароматическое ядро и ароматического ядра на метильный радикал. Толуол вступает в реакции замещения легче, чем бензол. При этом метильная группа ориентирует вхождение заместителей в *орто*- и *пара*положения:

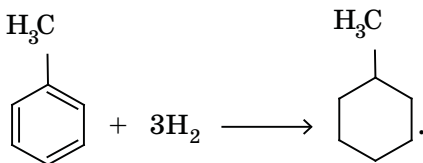




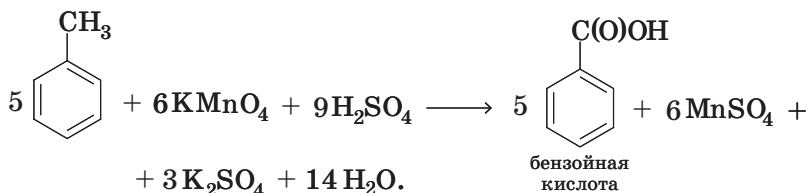
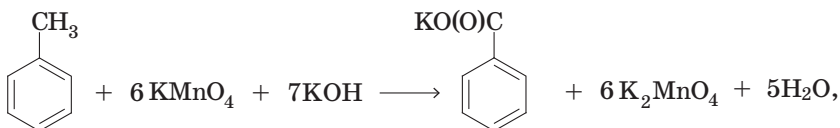
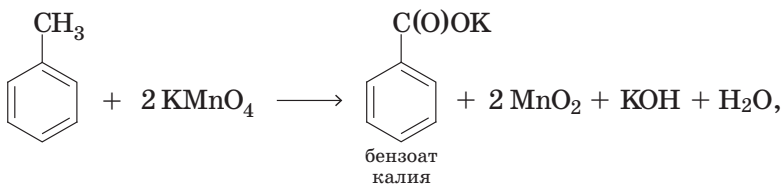
Галогенирование атомов водорода боковой цепи:



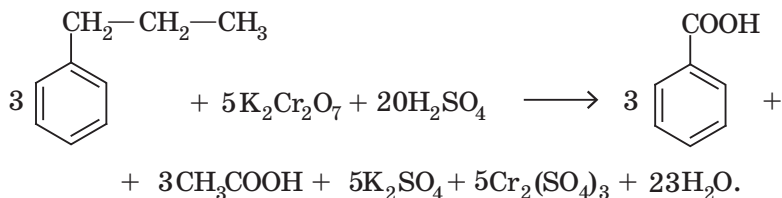
Каталитическое гидрирование толуола приводит к метилциклогексану:



Окисление метильного радикала сильными окислителями, в зависимости от среды реакции, идет по разным направлениям:

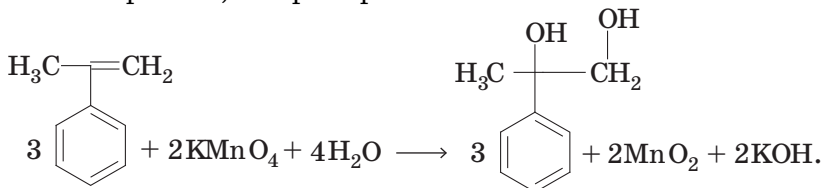


В ходе реакций окисления алкилбензолов происходит окисление боковой цепи, а бензольное кольцо изменений не претерпевает:

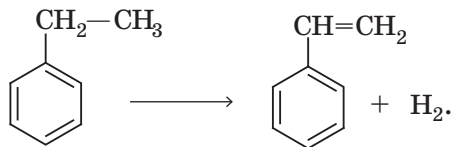


Исключением являются третбутильные группы, связанные с бензольным кольцом — бензольное кольцо окисляется легче, чем эти группы.

При окислении жирноароматических соединений, содержащих ненасыщенные радикалы, соблюдаются общие закономерности, например:

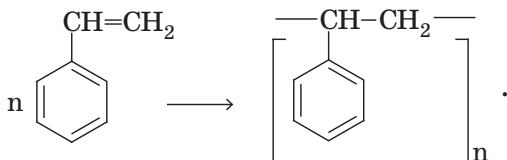
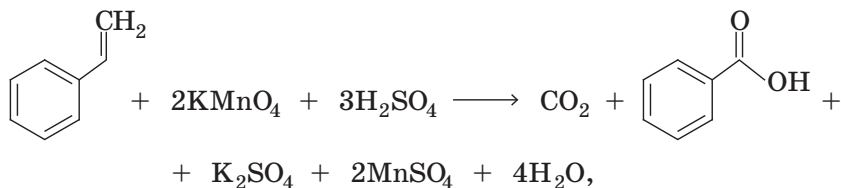
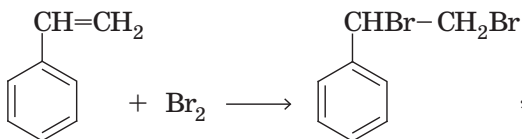


Этилбензол вступает в реакцию дегидрирования с образованием стирола:



Реакция протекает с высоким (92%) выходом при катализе оксидом цинка при температуре 600–650 °С.

Стирол легко вступает в реакции по двойной связи и в реакции полимеризации и сополимеризации:



Свойства бутадиен-стирольных каучуков зависят от их состава. На их основе изготавливают шины и другие резинотехнические изделия.

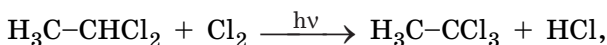
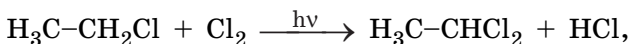
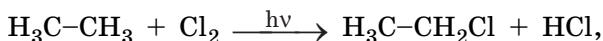
3.3. Галогенпроизводные углеводородов

Производные углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода замещены атомами галогенов, называют галогенуглеводородами.

Различают алифатические и ароматические галогенпроизводные. В зависимости от типа атома углерода, связанного с галогеном, галогенпроизводные классифицируют на первичные, вторичные и третичные. В зависимости от числа атомов галогена в молекуле их классифицируют на моно-, ди- и полигалогенпроизводные.

Основными способами получения галогенпроизводных являются следующие.

Прямое галогенирование алканов:

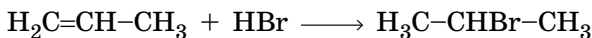


Реакция хлорирования протекает с невысокой региоселективностью; реакция бромирования — с большей.

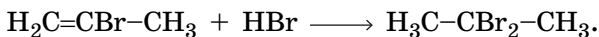
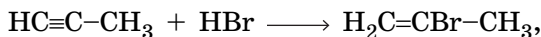
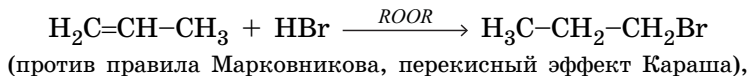
При хлорировании алканов с разветвленными цепями наблюдается следующая последовательность замещения: третичный CH > вторичный CH_2 > первичный CH_3 .

Галогенирование и гидрогалогенирование алкенов и алкинов. Алкены и алкины легко реагируют с растворами брома или хлора в воде или четыреххлористом углероде.

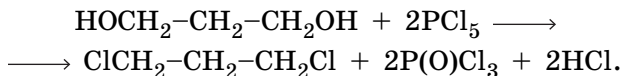
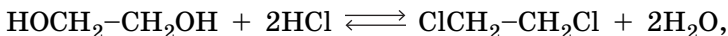
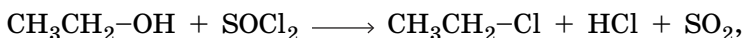
Реакция присоединения галогенводородов к несимметричным алкенам протекает по правилу Марковникова, но в присутствии перекисных соединений направление реакции меняется:



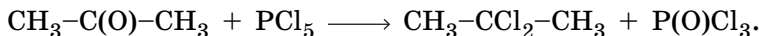
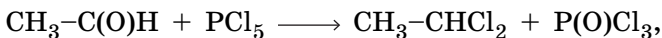
(в соответствии с правилом Марковникова),



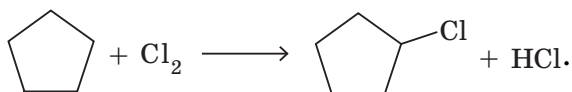
Замещение гидроксигруппы на галоген в спиртах. С галогенводородами эта реакция идет обратимо, а под действием хлорида фосфора (V) или хлористого тионила эти реакции становятся необратимыми:



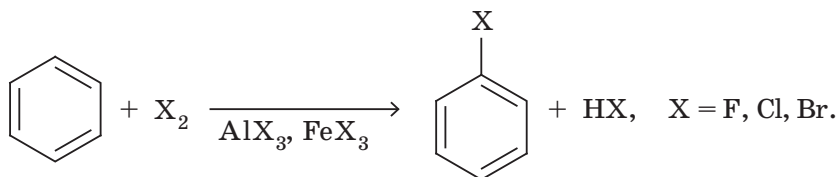
Дигалогеналканы, содержащие два атома галогена при одном и том же атоме углерода, можно получить в результате реакции альдегидов или кетонов с хлоридом фосфора (V):



Галогенциклоалканы образуются при взаимодействии хлора и брома с циклоалканами с размером цикла от четырех до семи атомов, например:



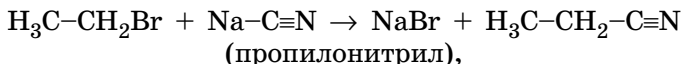
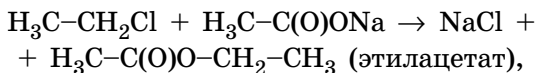
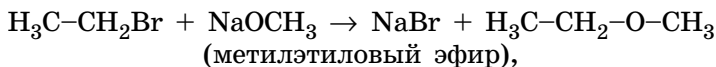
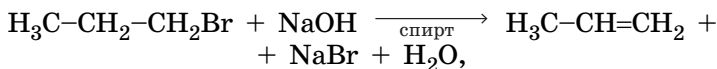
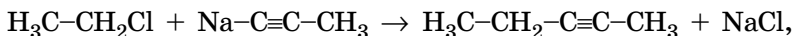
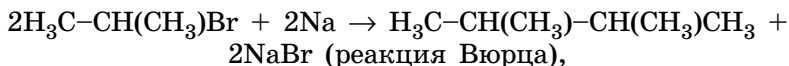
Моногалогенпроизводные ароматических углеводородов образуются при взаимодействии аренов с галогенами при комнатной температуре в присутствии таких катализаторов, как галогениды алюминия или железа (III):



В ряду фтор > хлор > бром > йод реакционная способность галогенов в этой реакции падает.

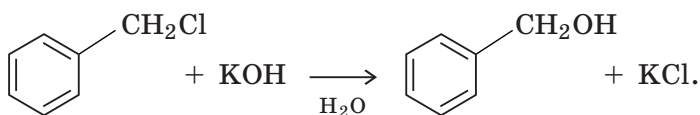
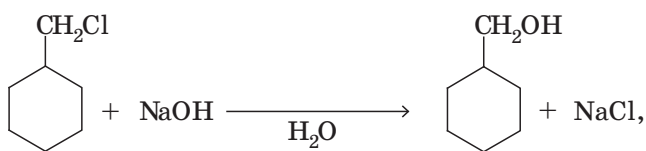
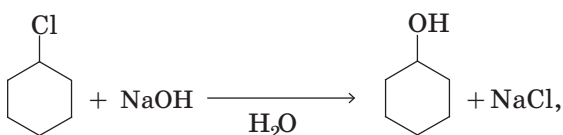
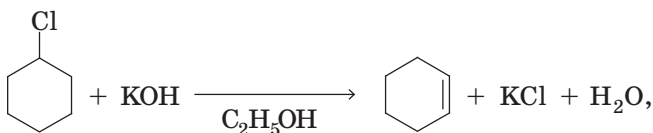
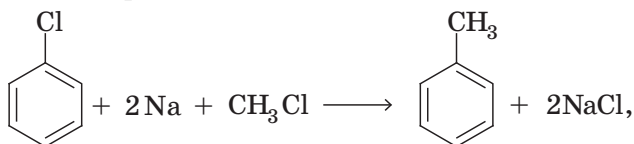
Ди- и полигалогенарены образуются в гораздо более жестких условиях.

Галогенпроизводные углеводородов являются важными полупродуктами органического синтеза. Они вступают в многочисленные реакции, протекающие по разным механизмам. Продукты реакции определяются как реагентами, так и условиями реакции. Ниже приведены уравнения реакций, характерные для моногалогенпроизводных.

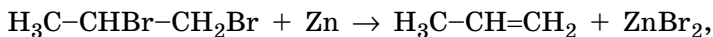
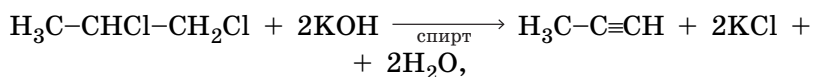


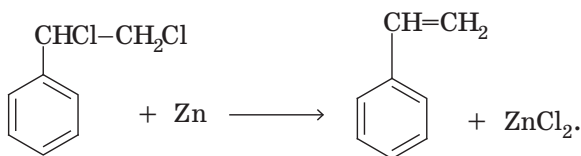
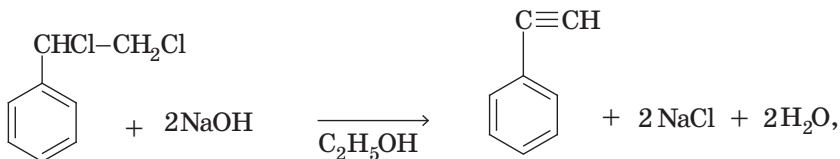
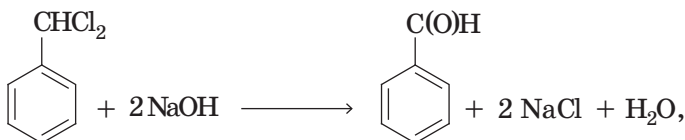
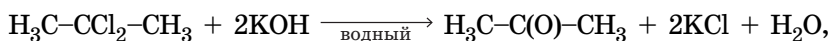
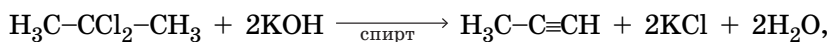
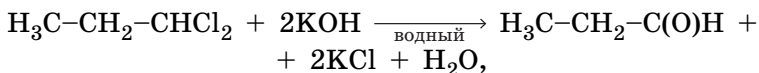
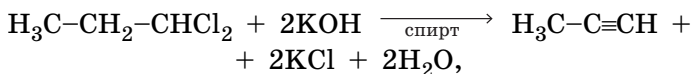
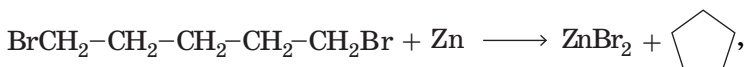
$\text{H}_3\text{CBr} + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{Br} + \text{H}_3\text{CNH}_2$ (реакция Гофмана).

Реакция Вюрца — Фиттига:

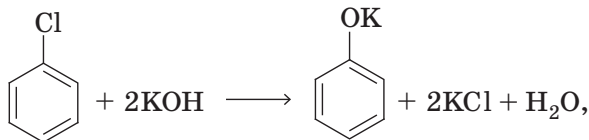
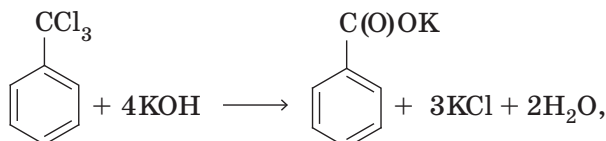


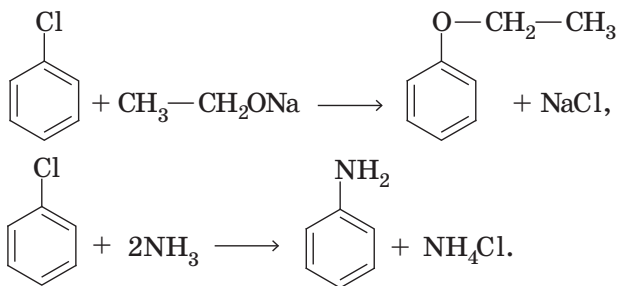
Уравнения реакций, характерные для дигалогенпроизводных:





Уравнения реакций, характерные для тригалогенпроизводных:





Таким образом, из галогенпроизводных углеводородов можно получить практически все основные классы органических веществ.

3.4. Спирты и фенолы

Спиртами называют производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на гидроксильные группы (—OH).

По характеру радикала спирты классифицируют на *насыщенные* и *ненасыщенные*, по числу гидроксильных групп — на *одноатомные*, *двухатомные*, *трехатомные* и *многоатомные*.

В зависимости от того, к какому атому углерода присоединена гидроксильная группа, спирты делят на *первичные*, *вторичные* и *третичные*.

Для спиртов характерна изомерия углеродного скелета, изомерия положения гидроксильной группы, а также межкалассовая изомерия с простыми эфирами.

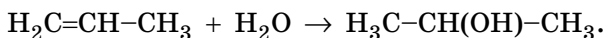
Способы получения спиртов. Существует много способов получения предельных одноатомных спиртов.

1. Гидролиз моногалогенпроизводных алканов:

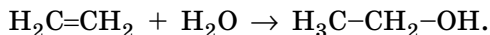


Эта реакция может протекать по различным механизмам в зависимости от строения исходного галоидного алкила и условий реакции.

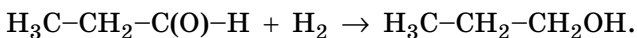
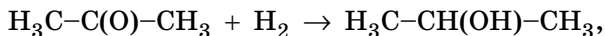
2. Гидратация алкенов. Эта реакция идет в присутствии катализаторов, например серной или фосфорной кислоты, оксида алюминия. Направление реакции определяется правилом Марковникова:



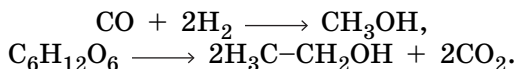
Гидратация этена приводит к образованию этилового спирта:



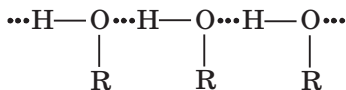
3. Восстановление альдегидов и кетонов. В присутствии катализаторов альдегиды при восстановлении водородом переходят в первичные спирты, а кетоны — во вторичные:



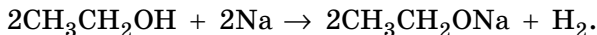
Метиловый спирт получают из синтез-газа, а этиловый — при спиртовом брожении глюкозы:



В жидком состоянии молекулы спиртов ассоциированы за счет образования водородных связей:



Химические свойства спиртов определяются наличием реакционноспособной гидроксильной группы и строением связанного с ней углеводородного радикала. Ниже приведены некоторые характерные для спиртов реакции:

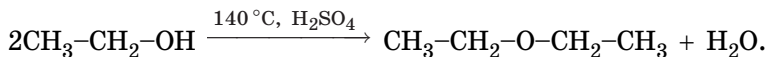


Ряд реакционной способности спиртов в реакциях со щелочными металлами: первичные > вторичные > третичные.

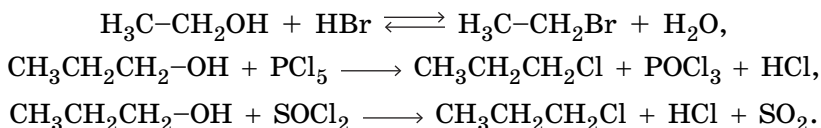
Образовавшиеся алкоголяты под действием воды разлагаются на спирт и соответствующую щелочь:



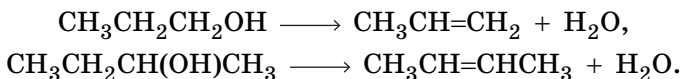
Образование простых эфиров:



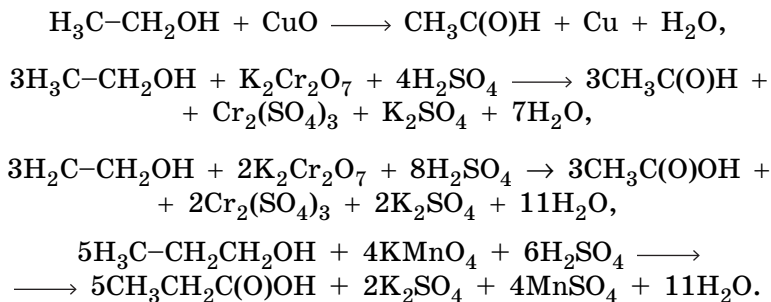
Образование галоидных алкилов:



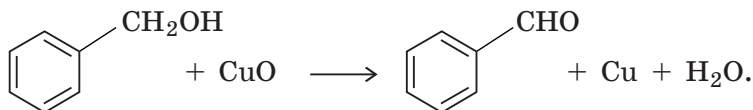
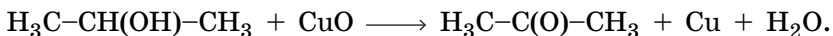
Внутримолекулярная дегидратация спиртов. Реакция идет в присутствии катализатора — серной кислоты (температура 170 °С) или в присутствии Al_2O_3 при температуре 400 °С. Отщепление атома водорода подчиняется правилу Зайцева: *атом водорода отщепляется от наименее гидрогенизированного атома углерода*. Примеры:



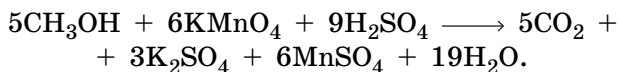
Реакции окисления. Спирты окисляются под действием сильных окислителей. Направление реакции зависит от природы окислителя и температуры реакции. Оксид меди при нагревании окисляет спирты до альдегидов. Дихромат калия или перманганат калия в кислой среде на холоде окисляет первичные спирты до альдегидов, а при нагревании — до карбоновых кислот:



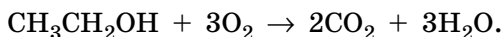
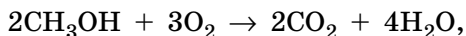
Вторичные спирты окисляются до кетонов, третичные спирты при обычных условиях не окисляются:



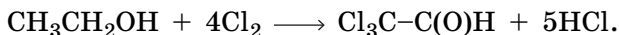
Метиловый спирт окисляется до углекислого газа:



Спирты горят на воздухе:

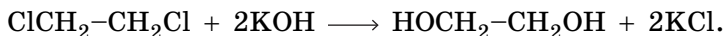


Наиболее важной в практическом отношении реакцией является окисление этанола хлором с получением хлорала (2,2,2-трихлорэтанала). Формально реакцию можно описать следующим уравнением, хотя оно не отражает всех стадий и механизма процесса:

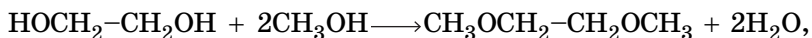
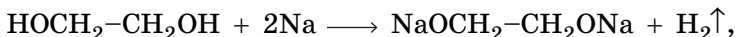


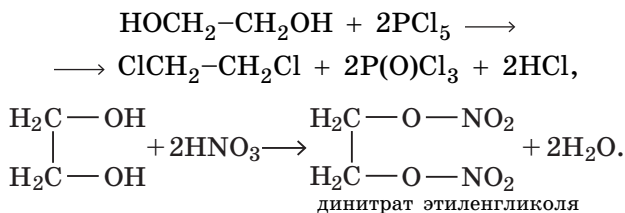
Алкандиолами, или *гликолями*, называют двухатомные спирты, которые отвечают общей формуле $\text{C}_n\text{H}_{2n}(\text{OH})_2$ и содержат в своем составе две гидроксильные группы, расположенные при различных углеродных атомах. Для двухатомных спиртов возможна изомерия углеродного скелета и изомерия положения гидроксильных групп. Родоначальником двухатомных спиртов является этиленгликоль $\text{HOCH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$.

Диолы получают водным или щелочным гидролизом дигалоидалканов или контролируемым окислением алкенов перманганатом калия в водном растворе.

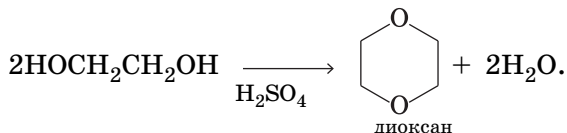


Этиленгликоль получают гидратацией окиси этилена. Его химические свойства:

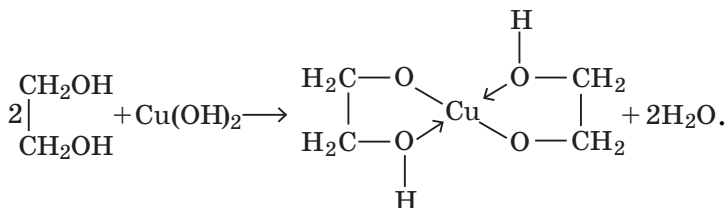




Межмолекулярная дегидратация этиленгликоля протекает при катализе концентрированной серной кислотой. При этом образуется гетероциклическое соединение — диоксан:

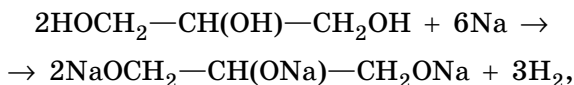


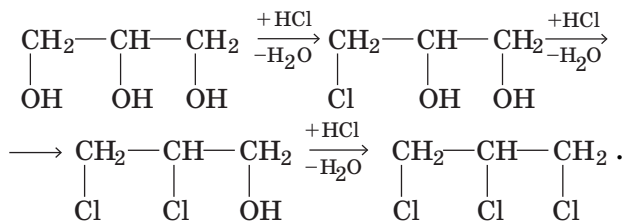
Качественная реакция для многоатомных спиртов — взаимодействие со свежееосажденным гидроксидом меди (II) с образованием комплексного соединения — гликолята меди, которое имеет характерную голубую окраску:



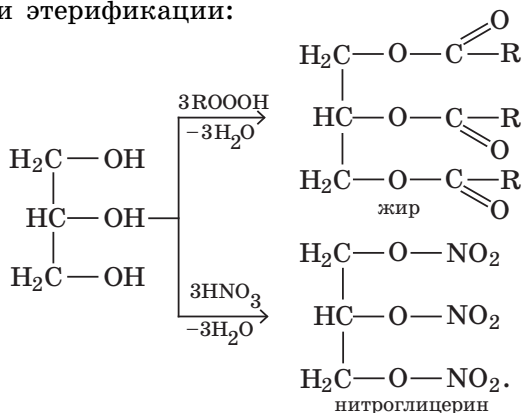
Этиленгликоль применяют в производстве антифризов, растворителей, взрывчатых веществ, пластиков.

Трехатомные спирты, или **триолы**, отвечают формуле $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}(\text{OH})_3$ и содержат в своем составе три гидроксильные группы, связанные с алифатическим углеводородным радикалом. Для трехатомных спиртов возможна изомерия углеродной цепи и изомерия положения гидроксильных групп. Их родоначальником является глицерин $\text{HOCH}_2\text{—CH(OH)—CH}_2\text{OH}$. Получают глицерин омылением растительных или животных жиров в присутствии щелочных или кислотных катализаторов. Его химические свойства:





Реакции этерификации:

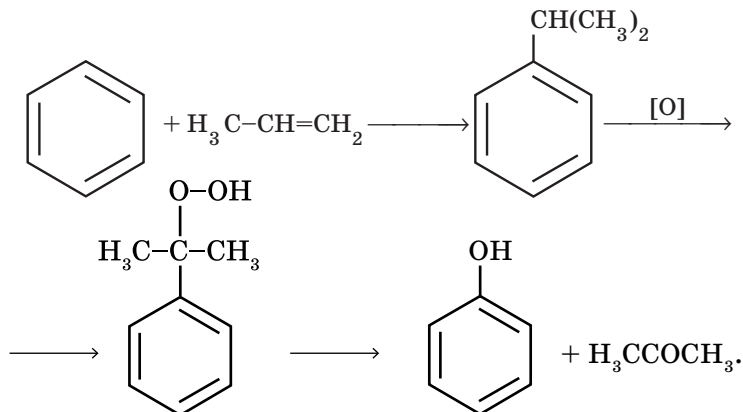


Глицерин применяют в парфюмерии, пищевой промышленности, в производстве различного рода смол и лакокрасочных материалов.

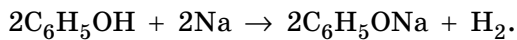
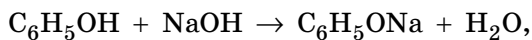
Фенолами называют соединения, у которых гидроксильная группа связана непосредственно с бензольным кольцом. По числу гидроксильных групп в кольце различают одно-, двух- и трехатомные фенолы. Для фенолов характерны изомерия относительного положения радикалов в кольце, структурная изомерия заместителей и межклассовая изомерия с ароматическими спиртами.

Методы получения фенола и его гомологов. Фенол и его метильные гомологи — *о*-, *м*- и *п*-крезолы в значительном количестве встречаются в каменноугольной смоле. Фенол и ацетон получают в промышленности по методу Сергеева — Кужалова: бензол в присутствии безводного треххлористого алюминия реагирует с пропиленом с образованием изопропилбензола. При окислении этого соединения кислородом при температуре 110—130 °С образуется неу-

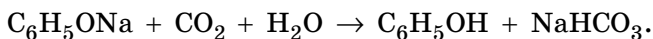
стойчивое соединение — гидроперекись изопропилбензола. Под действием серной кислоты оно распадается на фенол и ацетон:



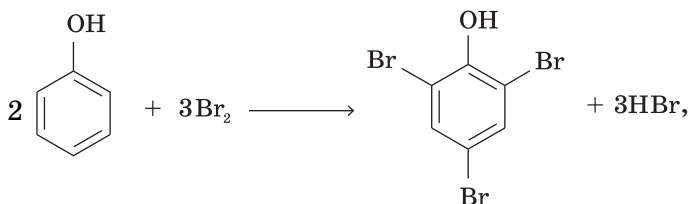
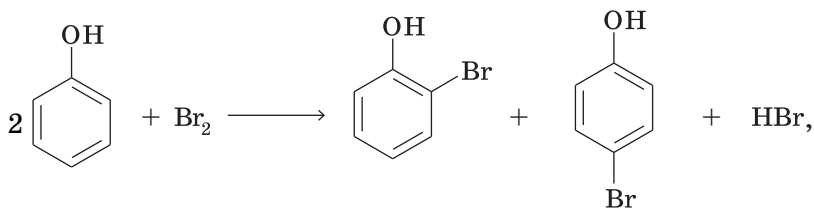
Химические свойства фенолов:

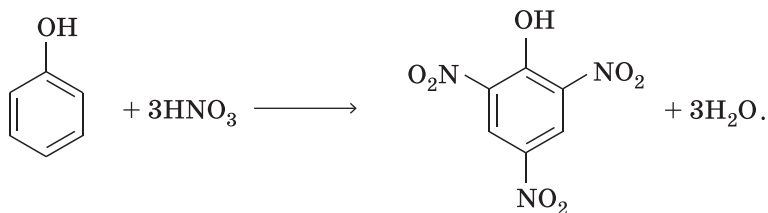
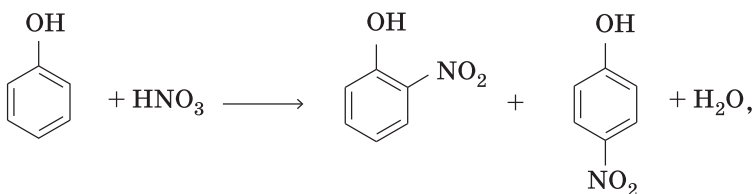


Разложение фенолятов:

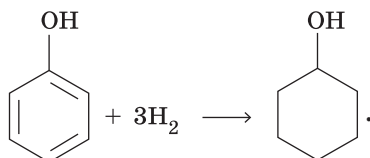


Реакции замещения (в зависимости от соотношения между реагентами образуются следующие продукты):





Гидрирование (на никелевых катализаторах):



Фенол используют в производстве фенолформальдегидных и эпоксидных смол, в синтезе лекарственных препаратов и в качестве антисептика.

3.5. Альдегиды и кетоны

Альдегидами называют класс химических соединений, у которых карбонильная группа $>\text{C}=\text{O}$ связана с одним углеводородным радикалом и атомом водорода. Исключением является родоначальник ряда альдегидов — формальдегид (муравьиный альдегид) $\text{H}-\text{C}(\text{O})\text{H}$, в котором карбонильная группа связана с двумя атомами водорода.

Кетонами называют класс химических соединений, у которых карбонильная группа $>\text{C}=\text{O}$ связана с двумя углеводородными радикалами.

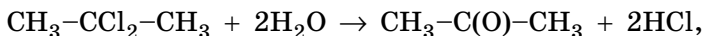
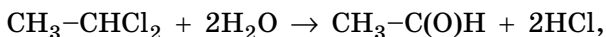
У альдегидов возможна изомерия углеродного скелета молекулы, у кетонов, кроме изомерии углеродного скелета, возможна изомерия положения карбонильной группы.

Альдегиды и кетоны являются межклассовыми изомерами.

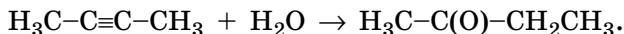
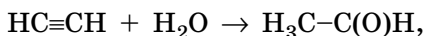
Способы получения альдегидов. Из многочисленных способов получения альдегидов и кетонов отметим следующие:

1. Окисление спиртов. При действии перманганата калия или хромовой смеси в жидкой форме первичные спирты окисляются до альдегидов, а вторичные — до кетонов. Эти реакции были рассмотрены ранее в разделе 3.4.

2. Гидролиз дигалогеналканов. При водном или щелочном гидролизе геминальных, т. е. содержащих два атома галогена при одном углеродном атоме соединений, альдегиды и кетоны образуются с высокими выходами:

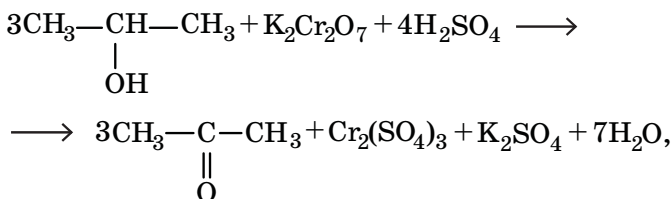
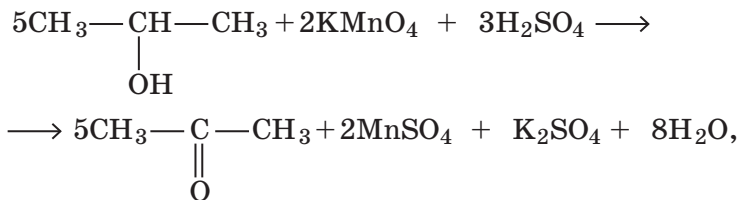


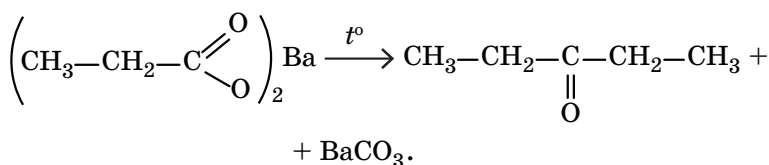
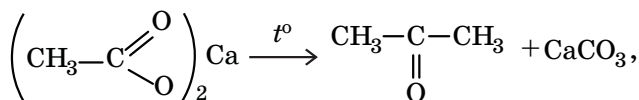
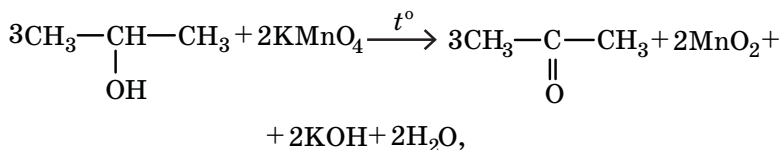
3. Гидратация ацетилена и его гомологов. При гидратации ацетилена образуется уксусный альдегид (этаналь), а при гидратизации гомологов ацетилена — кетоны:



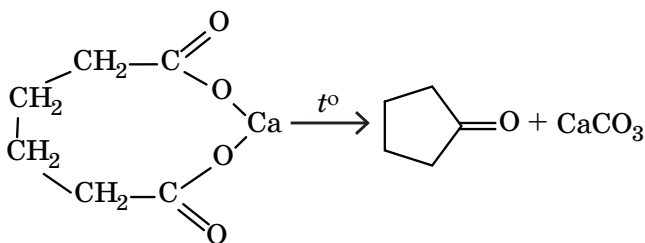
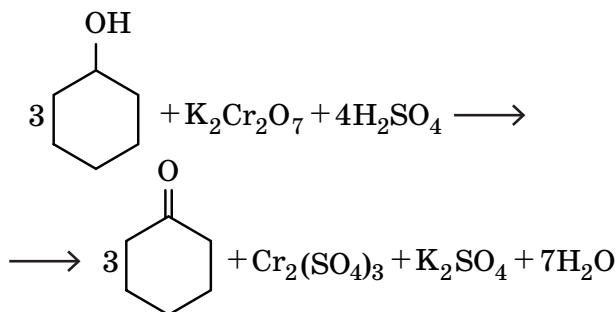
Подробнее эта реакция была рассмотрена в разделе 3.2.

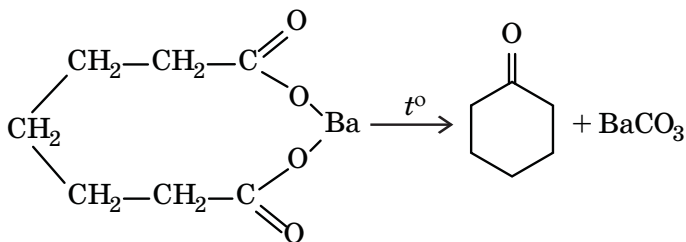
4. Ацетон и его гомологи можно получить при окислении вторичных спиртов или декарбоксилировании кальциевых или бариевых солей карбоновых кислот:





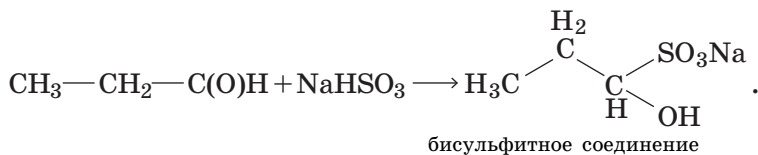
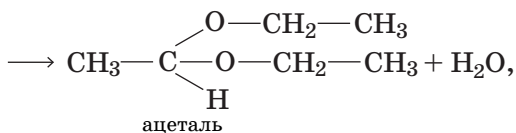
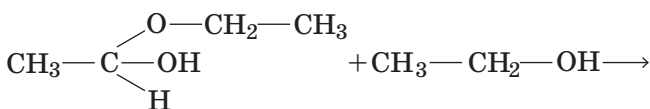
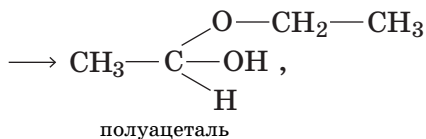
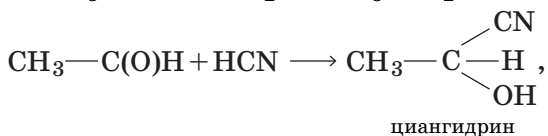
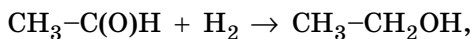
Циклические кетоны получают при окислении соответствующих спиртов либо в результате реакции декарбоксилирования кальциевых или бариевых солей дикарбоновых кислот, например:



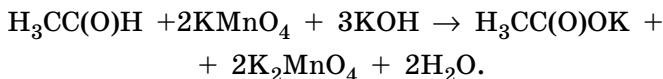
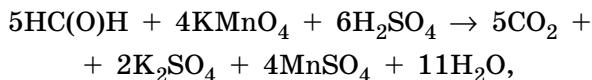
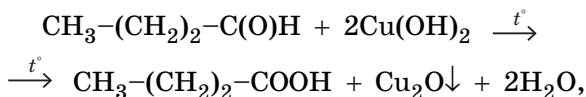
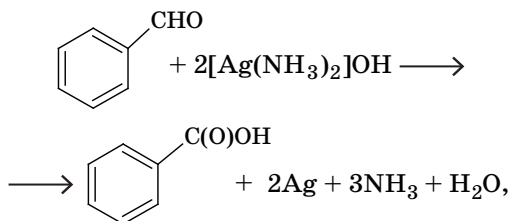
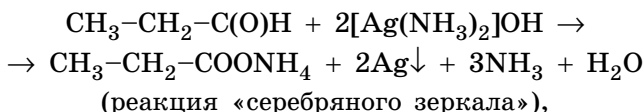
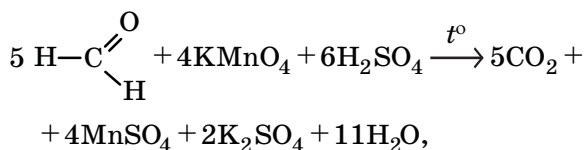
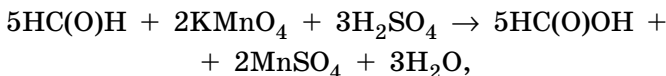
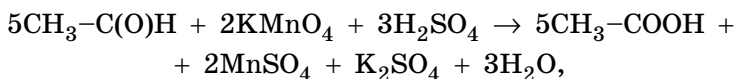


Химические свойства альдегидов:

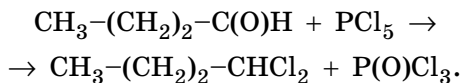
1. Реакции соединения по карбонильной группе (механизм нуклеофильного присоединения, A_N).



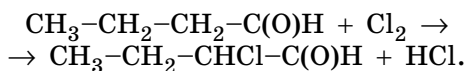
Различные схемы окисления альдегидов:



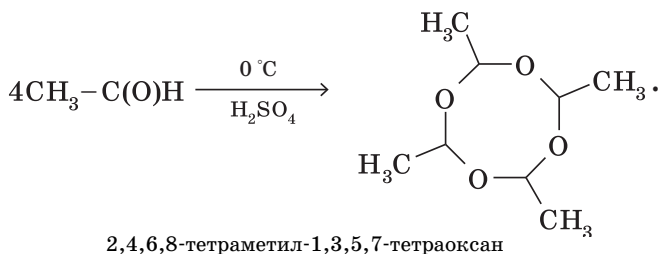
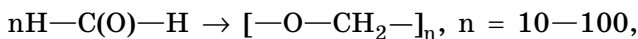
Получение дигалогеналканов:



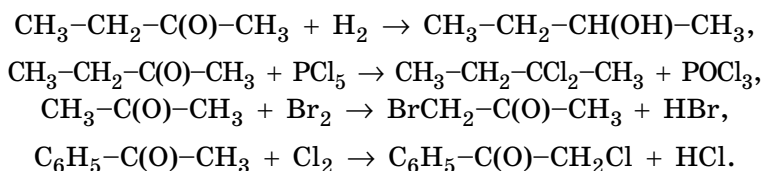
Реакции замещения:



Реакции полимеризации:



Химические свойства кетонов:



В отличие от альдегидов кетоны не вступают в реакции полимеризации, «серебряного зеркала», а также не реагируют с гидроксидом меди, спиртами.

3.6. Карбоновые кислоты

Предельными одноосновными карбоновыми кислотами называют класс химических соединений, которые содержат в своем составе одну карбоксильную группу --C(O)OH и отвечают общей формуле $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C(O)OH}$.

Для предельных одноосновных карбоновых кислот характерна изомерия углеродного скелета, а также межклассовая изомерия со сложными эфирами.

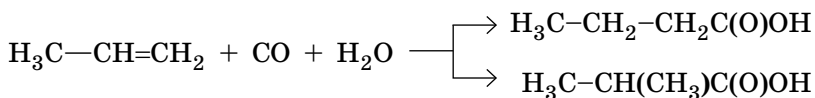
Сила кислот зависит от природы радикала, связанного с карбоксильной группой. Самой сильной из предельных одноосновных карбоновых кислот является муравьиная кислота. Она является кислотой средней силы. Все остальные члены гомологического ряда являются довольно слабыми кислотами. Замена атомов водорода в радикале на электроотрицательные атомы, например галогены, приводит к увеличению кислотности. Так, хлоруксусная кислота будет сильнее уксусной, трихлоруксусная — сильнее монохлоруксусной, трифторуксусная — сильнее трихлоруксусной.

Способы получения карбоновых кислот. Некоторые карбоновые кислоты встречаются в природе, например муравьиная — в крапиве, изовалериановая — в валериановом корне. Основным источником получения карбоновых кислот является органический синтез.

Из многочисленных методов получения карбоновых кислот отметим следующие:

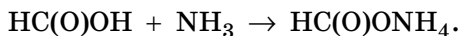
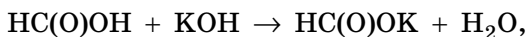
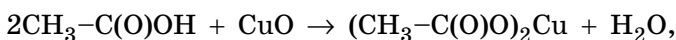
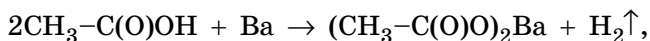
1. Окисление спиртов, альдегидов и парафинов. Эти реакции были рассмотрены ранее в соответствующих разделах.

2. Оксосинтез. Взаимодействие алкенов с оксидом углерода (II) и H_2O в присутствии катализаторов (серная или фосфорная кислоты, тетракарбонилникеля $Ni(CO)_4$) при высокой температуре приводит к смеси карбоновых кислот:

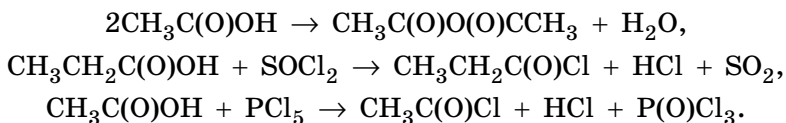


Химические свойства карбоновых кислот:

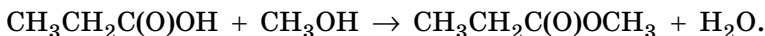
1. Образование солей:



2. Образование ангидридов и галогенангидридов. Реакции идут при нагревании.

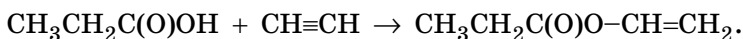


3. Реакция этерификации:



Особенностью реакции этерификации является то, что атом водорода отщепляется от молекулы спирта, а гидроксильная группа — от молекулы кислоты.

4. Реакция винилирования:



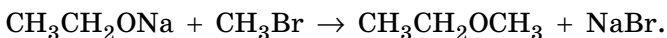
5. Взаимодействие карбоновых кислот с галогенами протекает в присутствии красного фосфора и приводит к образованию α -замещенных галогенпроизводных:



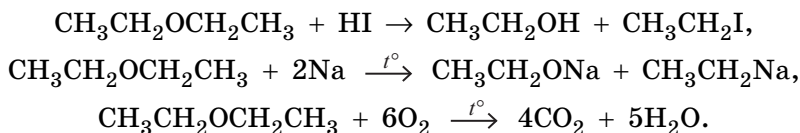
3.7. Простые и сложные эфиры

Простыми эфирами называют класс химических соединений, в которых два углеводородных радикала связаны между собой атомом кислорода (кислородным мостиком). В общем виде формула простых эфиров $\text{R}-\text{O}-\text{R}^1$, где R и R^1 — углеводородные радикалы. Для этого класса соединений характерны структурная изомерия, а также межклассовая изомерия со спиртами.

Простые эфиры образуются при межмолекулярной дегидратации спиртов (раздел 3.7), а также при взаимодействии алкоголятов с галоидными алкилами, например:



Простые эфиры химически инертны. Их характерные реакции на примере диэтилового эфира:

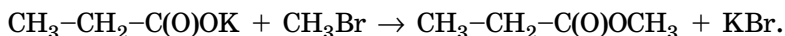


Пары диэтилового эфира пожаро- и взрывоопасны.

Сложными эфирами называют класс химических соединений, который отвечает общей формуле $\text{R}-\text{C}(\text{O})\text{O}-\text{R}^1$, где R и R^1 — углеводородные радикалы. Таким образом, сложные эфиры можно рассматривать как производные карбоновых кислот, в которых атом водорода карбоксильной группы замещен на углеводородный радикал, или производные спиртов, в которых атом водорода гидроксильной группы замещен на кислотный остаток карбоновой кислоты.

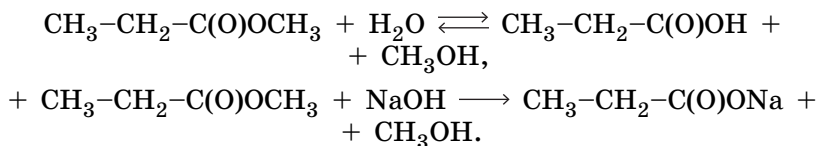
Сложные эфиры образуются в результате реакции этерификации (раздел 3.6). При этом следует отметить, что при одной и той же кислоте скорость этерификации первичных спиртов в два раза выше, чем у вторичных и во много раз превосходит третичные.

Кроме того, сложные эфиры можно получить в результате взаимодействия солей карбоновых кислот с галоидными алкилами:

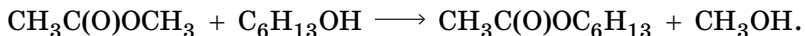


Для сложных эфиров характерны изомерия углеводородных радикалов кислот и спиртов, составляющих сложный эфир, а также межклассовая изомерия с карбоновыми кислотами. Ниже приведены реакции, иллюстрирующие характерные химические свойства сложных эфиров.

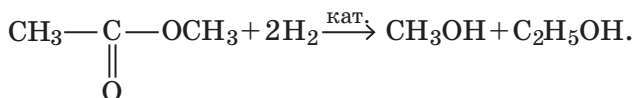
1. Кислый или щелочной гидролиз:



2. Реакция переэтерификации (идет в том случае, если брать избыток спирта и отгонять образующийся более легкокипящий спирт):

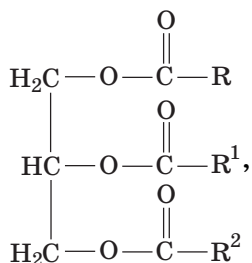


3. Восстановление:



3.8. Жиры

Жирами называют сложные эфиры глицерина и высших карбоновых кислот общей формулы



где R, R¹, R² — углеводородные остатки.

Жиры встречаются в природе как соединения, образующиеся в процессе обмена веществ. Существуют жиры животного и растительного происхождения.

Ниже приведены формулы и тривиальные названия наиболее важных карбоновых кислот, входящих в состав жиров:

C₁₅H₃₁C(O)OH (пальмитиновая кислота);

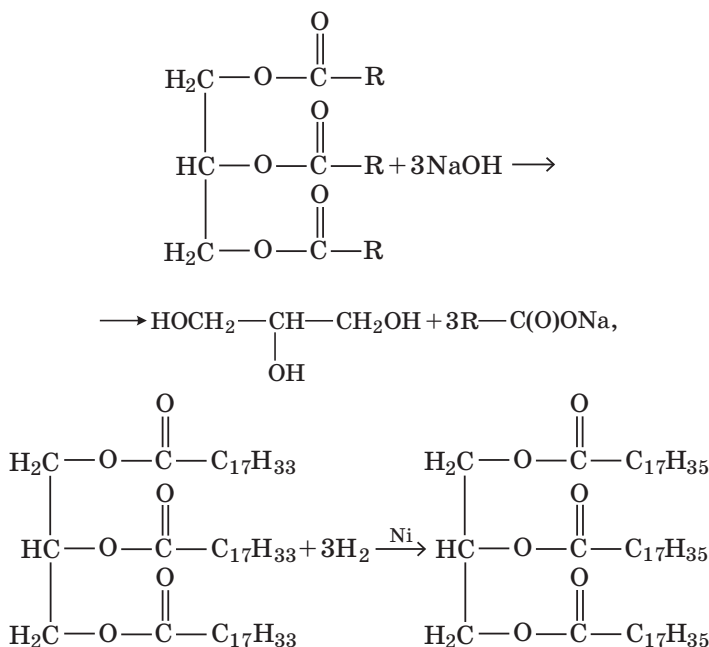
C₁₇H₃₅C(O)OH (стеариновая кислота);

CH₃-(CH₂)₇-CH=CH-(CH₂)₇-C(O)OH (олеиновая кислота
C₁₇H₃₃C(O)OH);

CH₃-(CH₂)₄-CH=CH-CH₂-CH=CH-(CH₂)₇-C(O)OH
(линолевая кислота C₁₇H₃₁C(O)OH);

CH₃CH₂-CH=CH-(CH₂-CH=CH)₂-(CH₂)₇-C(O)OH
(линоленовая кислота C₁₇H₂₉C(O)OH).

Характерные химические свойства жиров — реакции гидролиза в кислой или щелочной среде и реакции гидрогенизации:



3.9. Углеводы

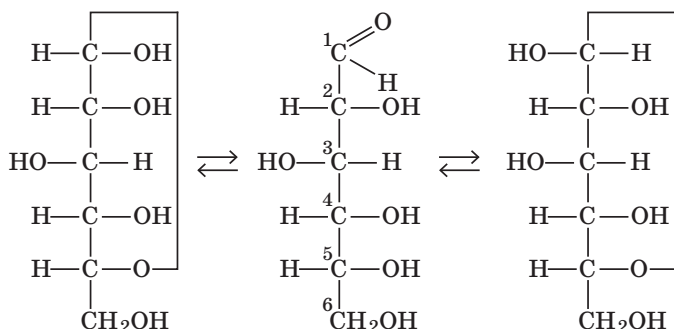
Углеводами называют класс полиоксикарбонильных соединений, который отвечает общей формуле $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$. В своем большинстве эти соединения являются многоатомными альдегидспиртами или многоатомными кетоспиртами.

Углеводы делят на две группы: *моносахариды* и *полисахариды*. Моносахариды при гидролизе не способны распадаться на более простые углеводы. Полисахариды подвергаются гидролизу с образованием моносахаридов.

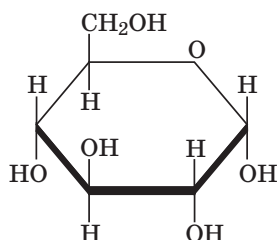
Альдозами называют моносахариды, имеющие в своем составе альдегидную группу.

Кетозами называют моносахариды, имеющие в своем составе кетогруппу. По числу углеродных атомов в молекуле моносахарида различают *гексозы*, *пентозы* и т. д.

Моносахариды. Наиболее распространенными среди моносахаридов являются *глюкоза* и *фруктоза*. Глюкоза имеет формулу $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ и может существовать в линейной и циклической формах.

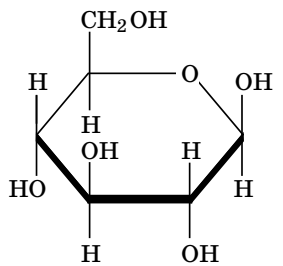


линейная форма D-глюкозы



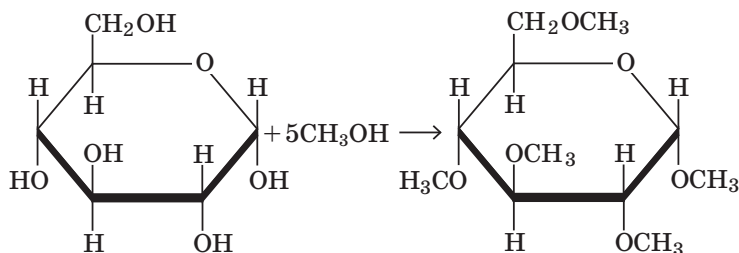
α-Форма L-глюкозы

или

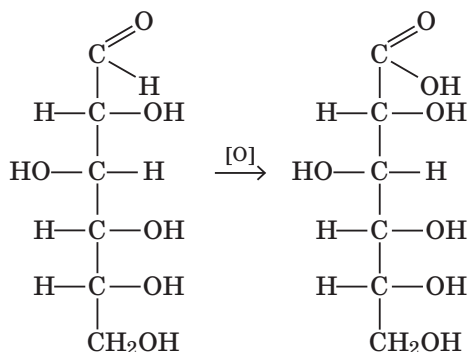


β-Форма D-глюкозы

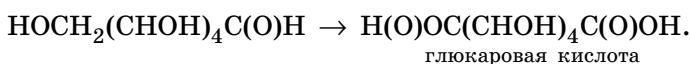
Характерные химические свойства углеводов определяются функциональными группами, которые входят в состав углеводов. Как многоатомные спирты они дают характерное яркое окрашивание при взаимодействии со свежеосажденным гидроксидом меди (II), образуют простые эфиры и т. д.:



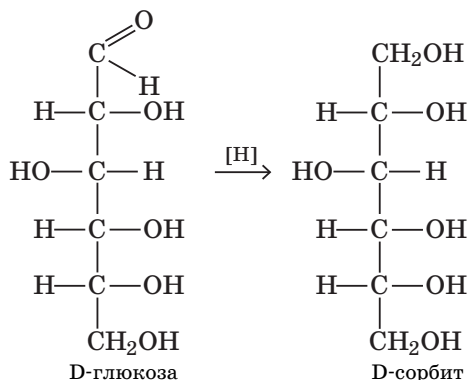
Как альдегид глюкоза окисляется с образованием глюконовой кислоты. В качестве окислителей используют аммиачный раствор оксида серебра, свежеосажденный гидроксид меди (II) или бромную воду:



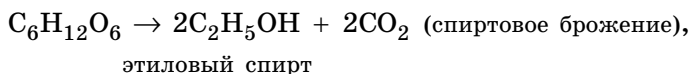
При взаимодействии глюкозы с разбавленной азотной кислотой образуется D-глюкаровая кислота:

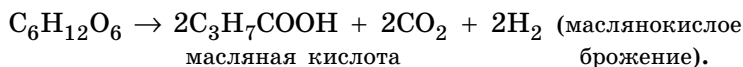


Восстановление глюкозы приводит к сорбиту:

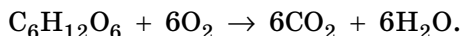


Под действием микроорганизмов глюкоза вступает в различные реакции брожения. В зависимости от вида бактерий образуются этиловый спирт, молочная или масляная кислоты.

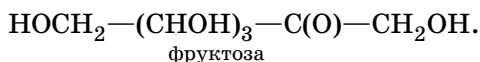




Глюкоза является основным источником энергии для живых организмов. Процесс ее окисления описывают уравнением



Фруктоза является структурным изомером глюкозы и относится к кетогексозам:



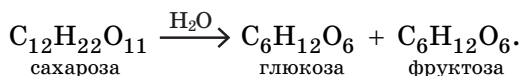
Дисахаридами называют вещества, состоящие из двух одинаковых или различных остатков моносахаридов. В состав дисахаридов входят остатки моносахаридов, находящихся в циклических формах.

Связь между двумя молекулами моносахаридов устанавливается с помощью двух гидроксильных групп — по одной от каждой молекулы моносахарида. Одна из таких групп всегда является полуацетальным гидроксилом. Вторая молекула моносахарида участвует в образовании связи либо с полуацетальным, либо с любым другим гидроксилом.

По отношению к окислителям дисахариды делят на два типа: восстанавливающие и невосстанавливающие. К восстанавливающим относят мальтозу и лактозу, поскольку они могут вступать в окислительно-восстановительные реакции с аммиачным раствором оксида серебра или свежеосажденным раствором гидроксида меди (II). Невосстанавливающим дисахаридом является сахароза.

Сахароза $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ состоит из двух циклов, один из которых шестичленный (остаток α -глюкозы в пиранозной форме), а другой — пятичленный (остаток β -фруктозы в фуранозной форме).

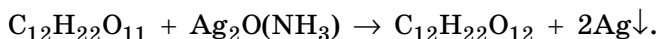
При гидролизе сахарозы образуются *глюкоза* и *фруктоза*:



По отношению к окислителям дисахариды делят на *восстанавливающие* и *невосстанавливающие*. К первым отно-

сятся мальтоза и лактоза, которые способны реагировать с аммиачным раствором оксида серебра.

Упрощенно процесс окисления описывают уравнением



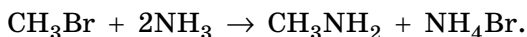
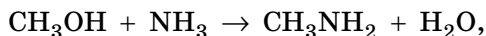
К невосстанавливающим относится сахароза. Это соединение не реагирует с гидроксидом меди (II) и аммиачным раствором оксида серебра.

Из дисахаридов в природе наиболее распространена сахароза. Ее получают из сахарной свеклы или сахарного тростника. Сахароза является главным источником углеводов в пище человека.

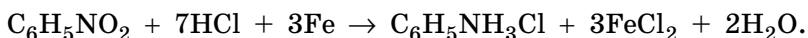
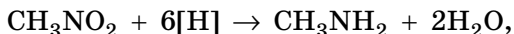
3.10. Амины

Аминами называют класс органических соединений, которые являются продуктами замещения атомов водорода в молекуле аммиака углеводородными радикалами. *Алифатическими* называют амины, в которых атомы водорода замещены алифатическими углеводородными радикалами. *Ароматическими* называют амины, в которых атомы водорода замещены ароматическими радикалами. В зависимости от того, сколько атомов водорода замещено радикалами, различают первичные, вторичные и третичные амины.

Амины получают путем алкилирования аммиака или аминов спиртами или галогенидами алкилами (реакция Гофмана):



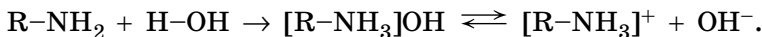
Другим общим способом получения аминов является восстановление нитросоединений:



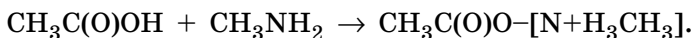
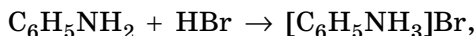
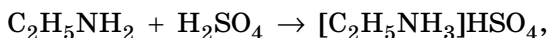
Амины проявляют основные свойства. Алифатические амины жирного ряда обладают по сравнению с аммиаком

большими основными свойствами, ароматические — меньшими. В водных растворах амины, присоединяя протон, образуют аммонийные соединения. Реакция этих растворов щелочная.

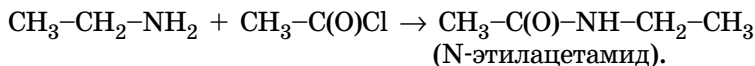
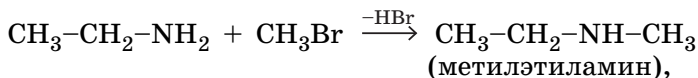
В порядке убывания основности амины расположены в ряду: третичные > вторичные > первичные > аммиак > ароматические. Также основность возрастает с увеличением длины и степени разветвленности углеводородного радикала.



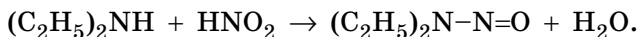
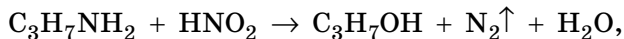
Реакции с кислотами:



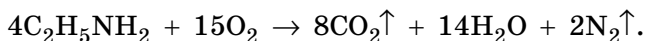
Реакции алкилирования и ацилирования:



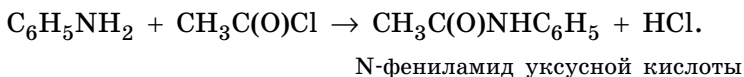
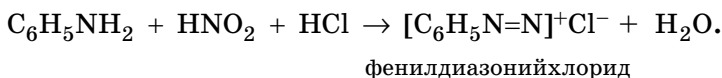
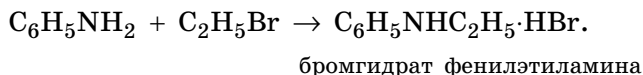
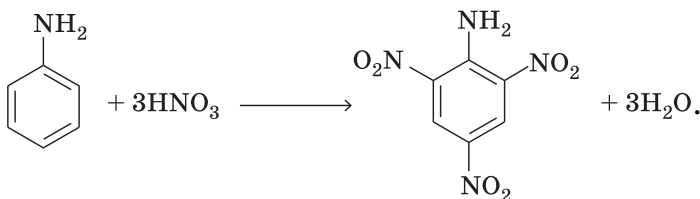
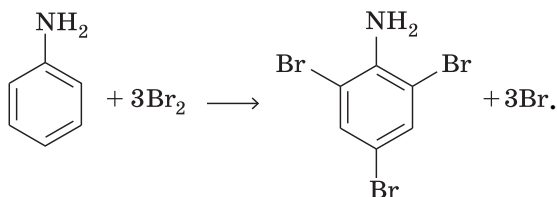
Реакции с азотистой кислотой: первичные амины переходят в спирты (реакция диазотирования), вторичные — в N-нитрозоамины, третичные в реакцию не вступают.



Горение на воздухе:

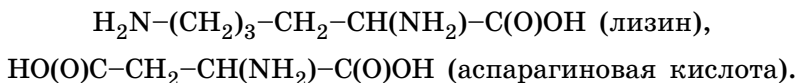


Химические свойства ароматических аминов на примере анилина $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$.

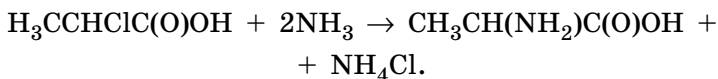
Реакции по аминогруппе:**Реакции по ароматическому кольцу:****3.11. Аминокислоты, пептиды и белки**

Аминокислотами называют соединения, которые содержат в своем составе одновременно карбоксильную и аминогруппы. Родоначальником этого класса соединений является аминуксусная кислота, или глицин, — $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{O})\text{OH}$. Изомерия аминокислот определяется изомерией углеродной цепи и изомерией положения аминогруппы по отношению к карбоксильной группе. Наиболее важными в биологическом отношении являются α -аминокислоты. Во всех белковых веществах постоянно встречаются 20 аминокислот.

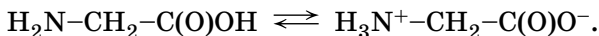
В молекулах аминокислот могут содержаться и несколько амино- и карбоксильных групп, например:



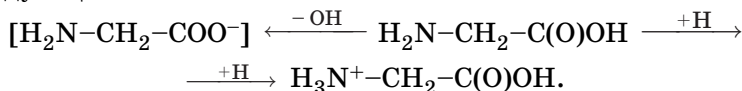
Основным способом получения аминокислот является взаимодействие α -хлорзамещенных карбоновых кислот с аммиаком, например:



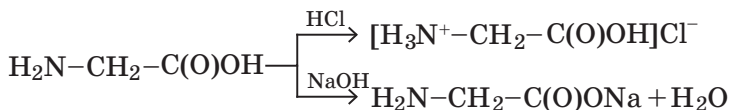
Моноаминокарбоновые кислоты представляют собой внутренние соли, которые образуются при переходе протона от карбоксильной группы к аминогруппе:



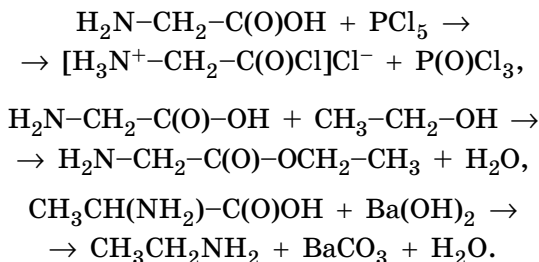
Их называют также *цвиттер-ионами*, или *биполярными* ионами. В кислой среде эти ионы ведут себя как катионы, а в щелочной — как анионы, что иллюстрирует следующая схема:



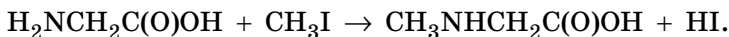
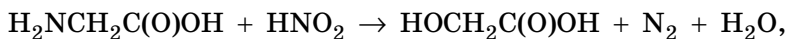
Аминокислоты проявляют свойства, характерные как для кислот, так и для аминов.



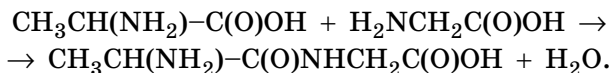
Реакции по карбоксильной группе:



Реакции по аминогруппе:



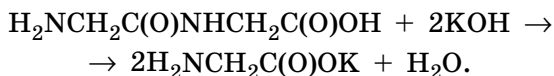
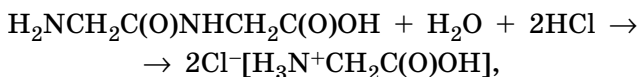
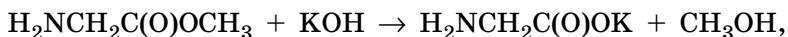
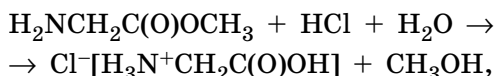
Образование пептидов:



Пептидами называют природные и синтетические вещества, построенные из остатков аминокислот, соединенных пептидными связями:



Ниже приведены уравнения реакций кислотного и щелочного гидролиза сложных эфиров аминокислот и пептидов:



К **белкам** относят полипептиды, содержащие в своем составе больше 100 аминокислотных остатков. Их молекулярная масса лежит в пределах от 10 000 до нескольких миллионов.

В соответствии с числом аминокислотных остатков пептиды делят на **олигопептиды** и **полипептиды**. В состав олигопептидов (низкомолекулярных пептидов) входят не более 10 аминокислотных остатков. В состав цепи полипептидов входят от 10 до 100 аминокислотных остатков.

По химическому составу белки делят на *протеины*, т. е. белки, при гидролизе которых образуются только аминокислоты (простые белки), и *протеиды*, т. е. соединения, при гидролизе которых, кроме аминокислот, выделяются и другие компоненты. Эта неаминокислотная часть сложного белка называется *простетической группой*.

По форме молекул различают глобулярные (шаровидные) и фибриллярные (нитевидные) белки.

К глобулярным белкам относят альбумины и глобулины (широко распространенные в органах и тканях организма), а к фибриллярным — коллаген (основной белок соединительной ткани).

Последовательность аминокислотных звеньев в линейной полипептидной цепи называют *первичной структурой* белка.

Вторичной структурой белка называют форму полипептидной цепи в пространстве. Вторичная структура определяется тем, что из-за образования внутримолекулярных водородных связей макромолекулы принимают определенную конформацию. Часто вторичная структура представляет собой спираль.

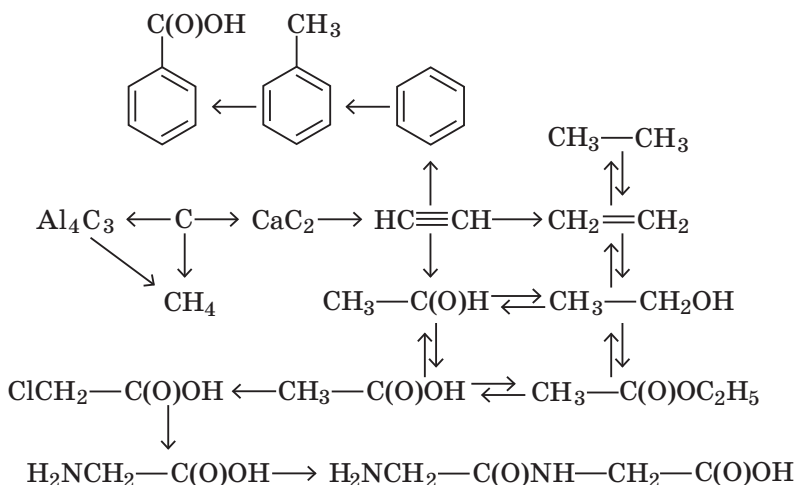
Третичная структура определяется пространственным расположением макромолекулы как целого и зависит, например, от взаимодействия полярных и неполярных заместителей в разных местах цепи, от образования S—S-связей между противоположными цистеиновыми остатками.

Четвертичной структурой белка называют сложные образования из отдельных молекул белка.

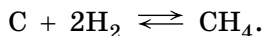
Денатурацией белка называют процесс потери им его естественных свойств. Денатурация происходит под действием высоких температур или активных химических веществ, при этом происходит нарушение всех структур белковой молекулы, за исключением первичной.

3.12. Гомологическая связь между классами органических соединений

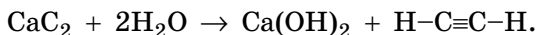
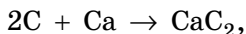
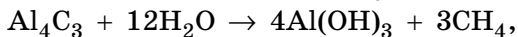
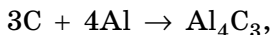
Все классы органических соединений связаны между собой и способны к взаимным переходам. При этом из неорганических веществ можно получить органические и наоборот. Рассмотрим эти превращения на простейших примерах:



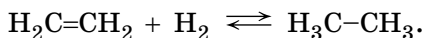
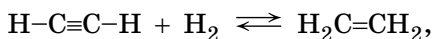
Переход от углерода к органическим соединениям класса углеводородов возможен несколькими путями. Возможен прямой синтез метана из неорганических веществ:



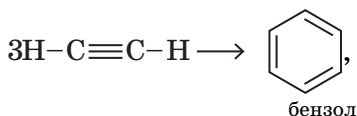
Углеводороды можно получить и через стадии соответствующих карбидов:

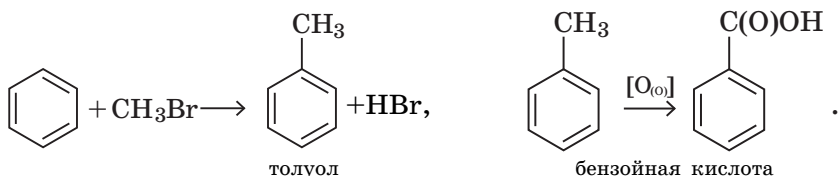


Предельные и непредельные углеводороды способны к взаимному переходу:

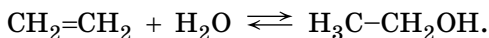


Из ацетилена возможно получение ароматического углеводорода — бензола, затем — его гомолога толуола и далее — функционального производного, бензойной кислоты:

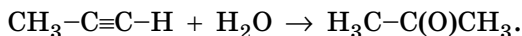
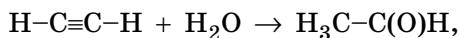




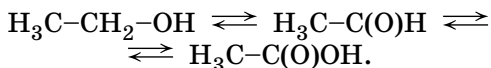
Из алкена возможно обратимое получение спирта:



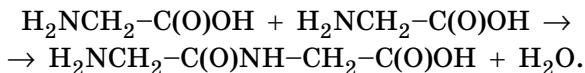
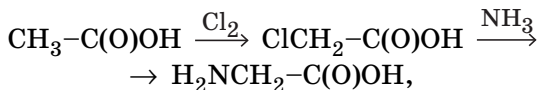
Из алкинов возможно получение альдегидов и кетонов:



Спирты, альдегиды, карбоновые кислоты и сложные эфиры способны к взаимному переходу:



И наконец, из карбоновых кислот возможно получение аминокислот, далее — пептидов и белков:



Таким образом, практически все органические соединения способны к взаимным превращениям.

Раздел 4. ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ В ФОРМЕ ЕГЭ

4.1. Кодификатор

Кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена по химии (далее — кодификатор) составлен на основе Обязательного минимума содержания основных образовательных программ Федерального компонента государственных стандартов основного общего и среднего (полного) общего образования по химии (базовый и профильный уровни) (приказ Министерства образования РФ от 05.03.2004 № 1089).

Кодификатор содержит систематизированный перечень важнейших элементов содержания (56), который рассматривается в качестве инвариантного ядра действующих программ по химии для образовательных организаций.

Кодификатор состоит из двух разделов: «Перечень элементов содержания, проверяемых на едином государственном экзамене по химии» (раздел 1) и «Перечень требований к уровню подготовки, проверяемых на едином государственном экзамене по химии» (раздел 2).

Структура раздела 1 кодификатора приведена в соответствие со структурой Обязательного минимума стандартов 2004 года. Лишь по отдельным элементам содержания, формулировки которых представлены в стандарте в слишком общем виде, проведена их детализация с учетом уровня формирования соответствующих понятий в курсе химии.

В раздел 1 кодификатора не вошли те элементы содержания обязательного минимума, которые:

- подлежат изучению, но не являются объектом контроля и не включены в «Требования к уровню подготовки выпускников»;

- не находят должного применения и развития в программах и учебниках как базового, так и профильного уровня изучения химии;

— не могут быть проверены в рамках единого государственного экзамена.

4.2. Спецификация

Содержание КИМ ЕГЭ определяется на основе Федерального компонента государственного стандарта среднего (полного) общего образования по химии, базовый и профильный уровни (приказ Минобразования России от 05.03.2004 № 1089).

КИМ ориентированы на проверку усвоения системы знаний, которая рассматривается в качестве инвариантного ядра содержания действующих программ по химии для общеобразовательных организаций. В стандарте эта система знаний представлена в виде требований к подготовке выпускников. С данными требованиями соотносится уровень предъявления в КИМ проверяемых элементов содержания.

Стандартизированные варианты КИМ, которые будут использоваться при проведении экзамена, содержат задания, различные по форме предъявления условия и виду требуемого ответа, по уровню сложности, а также по способам оценки их выполнения. Задания построены на материале основных разделов курса химии. Как и в прежние годы, объектом контроля в рамках ЕГЭ 2020 года является система знаний основ неорганической, общей и органической химии. К числу главных составляющих этой системы относятся: ведущие понятия о химическом элементе, веществе и химической реакции, основные законы и теоретические положения химии, знания о системности и причинности химических явлений, генезисе веществ, способах познания веществ. В стандарте эта система знаний представлена в виде требований к уровню подготовки выпускников.

Информация по обобщенному плану экзаменационной работы по химии обновляется ежегодно. Ознакомиться с ней можно на официальном информационном портале ЕГЭ (www.fipi.ru).

Общая продолжительность выполнения экзаменационной работы по химии составляет 3,5 часа (210 минут).

Примерное время, отводимое на выполнение отдельных заданий, составляет:

- 1) для каждого задания базового уровня сложности части 1 — 2–3 минуты;
- 2) для каждого задания повышенного уровня сложности части 1 — 5–7 минут;
- 3) для каждого задания высокого уровня сложности части 2 — 10–15 минут.

Дополнительные материалы и оборудование

К каждому варианту экзаменационной работы прилагаются следующие материалы:

- Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева;
- таблица растворимости солей, кислот и оснований в воде;
- электрохимический ряд напряжений металлов.

Во время выполнения экзаменационной работы разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Перечень дополнительных устройств и материалов, пользование которыми разрешено на ЕГЭ, утверждается приказом Минобрнауки России.

4.3. Анализ отдельных заданий повышенного уровня сложности с кратким ответом

Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот)

Пример. Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ

А) NaBr

Б) CuCl_2

В) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$

Г) AgNO_3

ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

1) металл, галоген

2) водород, металл, кислород

3) металл, кислород

4) водород, кислород

5) водород, галоген

Бромид натрия. Натрий стоит в ряду напряжений металлов до алюминия. Следовательно, при электролизе водного раствора NaBr на катоде выделится водород. При электролизе бромидов на аноде выделяется галоген. Ответ: 5.

Хлорид меди (II). Медь стоит в ряду напряжений металлов после водорода. Следовательно, при электролизе водного раствора CuCl_2 на катоде выделится металл. При электролизе хлоридов на аноде выделяется галоген. Ответ: 1.

Сульфат хрома (III). Хром стоит в ряду напряжений металлов после алюминия, но до водорода. Следовательно, при электролизе водного раствора $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ на катоде будут одновременно выделяться металл и водород. При электролизе сульфатов на аноде выделяется кислород. Ответ: 2.

Нитрат серебра. Серебро стоит в ряду напряжений металлов после водорода. Следовательно, при электролизе водного раствора AgNO_3 на катоде выделится металл. При электролизе нитратов на аноде выделяется кислород. Ответ: 3.

О т в е т:

А	Б	В	Г
5	1	2	3

Гидролиз солей. Среда водных растворов: кислая, нейтральная, щелочная. Теоретический материал по этой теме изложен в параграфе 1.7.

Пример. Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) ацетат лития	1) не гидролизуется
Б) нитрат кобальта	2) гидролиз по катиону
В) сульфид калия	3) гидролиз по аниону
Г) сульфид алюминия	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

Ацетат лития и сульфид калия — это соли, образованные сильными основаниями и слабыми кислотами. Они гидролизуются по аниону, реакция среды щелочная. Нитрат кобаль-

та образован сильной азотной кислотой и слабым основанием — гидроксидом кобальта. Гидролиз по катиону, реакция среды кислая. Сульфид алюминия образован слабым основанием и слабой кислотой. Соль полностью гидролизуется.

О т в е т:

А	Б	В	Г
3	2	3	4

Задания, проверяющие знания химических свойств неорганических веществ и соединений. Они посвящены характерным химическим свойствам неорганических веществ: простых веществ-металлов: щелочных, щелочно-земельных, алюминия, переходных металлов — меди, цинка, хрома, железа; простых веществ-неметаллов: водорода, галогенов, кислорода, серы, азота, фосфора, углерода, кремния; оксидов: основных, амфотерных, кислотных; оснований и амфотерных гидроксидов; кислот; солей: средних, кислых, основных; комплексных (на примере соединений алюминия и цинка). Теоретический материал по данной категории вопросов очень обширный и изложен в разделах 1 и 2 настоящего пособия. Для ответа на соответствующие тесты необходимо хорошо знать основные химические свойства простых веществ и основных классов неорганических соединений.

Пример. Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) K_2O

1) H_2O , HCl , Al_2O_3

Б) Cl_2

2) P , S , Fe

В) SO_2

3) Fe , Al_2O_3 , ZnO

Г) H_2SO_4 (разб.)

4) SO_3 , HNO_3 , P

5) H_2S , O_2 , $NaOH$

Оксид калия проявляет ярко выраженные основные свойства. Он реагирует с водой с образованием гидроксида калия; с соляной кислотой с образованием хлорида калия

и воды; при его сплавлении с амфотерным оксидом алюминия образуется диоксоалюминат (III) калия.

Хлор — активный неметалл. При его взаимодействии с фосфором, в зависимости от соотношения реагентов, может образоваться хлорид фосфора (III) или хлорид фосфора (V); с серой — хлориды серы различного состава; с железом — хлорид железа (III).

Оксид серы (IV) вступает с сероводородом в окислительно-восстановительную реакцию с образованием серы и воды; окисляется кислородом до оксида серы (VI); с гидроксидом натрия образует, в зависимости от соотношения реагентов, либо гидросульфит натрия, либо сульфит натрия и воду.

Разбавленная серная кислота реагирует с железом с образованием сульфата железа (II) и водорода; при ее взаимодействии с амфотерными оксидами алюминия и цинка образуются соответствующие соли и вода.

О т в е т:

А	Б	В	Г
1	2	5	3

Следующий тип заданий предназначен проверке знаний основ аналитической химии, а именно качественным реакциям на неорганические вещества и ионы и качественным реакциям органических соединений. Данные реакции описаны в приложениях № 1 и 2 этой книги, а теоретический материал — в разделах 2 и 3.

Пример. Установите соответствие между двумя веществами и реактивом, с помощью которого можно различить эти вещества.

ВЕЩЕСТВА	РЕАКТИВ
А) этанол и метилэтилкетон	1) H_2SO_4
Б) гексин-2 и диэтиловый эфир	2) Na
В) триэтиламин и анилин	3) Br_2 (водн.)
Г) октен-1 и бензол	4) HBr
	5) KOH

Этанол, в отличие от метилэтилкетона, будет реагировать с металлическим натрием с выделением водорода. Гексин-2 будет обесцвечивать бромную воду, а диэтиловый эфир с ней реагировать не будет. Анилин при взаимодействии с бромной водой даст осадок триброманилина, а триэтиламин в реакцию с ней не вступит. Также бромная вода позволит отличить октен-1 (наблюдаем обесцвечивание) от бензола (с бромной водой не реагирует).

О т в е т:

А	Б	В	Г
2	3	3	3

Задания, предназначенные для проверки знаний основ химии углеводов. Они посвящены характерным химическим свойствам углеводов: алканов, алкенов, диенов, алкинов. Проверяются знания механизмов реакций замещения и присоединения в органической химии. Правило В. В. Марковникова. Теоретический материал к данным тестам вы найдете в параграфе 3.2. Ответ на данную группу тестов возможен только при хороших знаниях химических свойств и методов получения углеводов.

Пример. Установите соответствие между названием вещества и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этого вещества с эквимольным количеством брома: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА

- А) метилциклопропан
- Б) циклогексен
- В) бутен-1
- Г) бутен-2

ПРОДУКТ БРОМИРОВАНИЯ

- 1) 1-бром-1-метилциклопропан
- 2) 1,2-дибромбутан
- 3) 1,4-дибромбутан
- 4) 2,3-дибромбутан
- 5) 1,3-дибромбутан
- 6) 1,2-дибромциклогексан

Для малых циклов при взаимодействии с бромом характерно их раскрытие. Продуктом этой реакции будет 1,3-дибромбутан. Для соединений с двойной связью, к которым относятся все остальные перечисленные в задании углеводороды, характерна реакция соединения, в ходе которой происходит разрыв двойной связи, а атомы брома встанут у соседних атомов углерода. Поэтому циклогексен даст 1,2-дибромциклогексан, бутен-1 — 1,2-дибромбутан, а бутен-2 — 2,3-дибромбутан.

О т в е т:

А	Б	В	Г
5	6	2	4

Задания, предназначенные для проверки знаний основ химии кислородсодержащих соединений. Они посвящены характерным химическим свойствам предельных одноатомных и многоатомных спиртов; фенола; альдегидов, предельных карбоновых кислот, сложных эфиров. При ответе на эту категорию заданий нужно продемонстрировать хорошие знания химических свойств и методов получения соответствующих соединений.

Весь необходимый теоретический материал вы найдете в параграфах 3.3—3.6.

Пример. Установите соответствие между реагирующими веществами и углеродсодержащим продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА

- А) метанол и калий
- Б) муравьиная кислота и метанол
- В) уксусная кислота и ацетилен
- Г) этаналь и KMnO_4 (КОН)

ПРОДУКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- 1) ацетат калия
- 2) винилацетилен
- 3) метилацетат
- 4) метилформиат
- 5) метилат калия
- 6) уксусная кислота

При взаимодействии спиртов со щелочными металлами образуются соответствующие алкоholes и выделяется водород. Реакция муравьиной кислоты с метанолом приведет к сложному эфиру и воде. При присоединении уксусной кислоты к ацетилену (реакция винилирования) образуется сложный эфир — винилацетилен. Окисление этанала перманганатом калия в щелочной среде даст ацетат калия.

О т в е т:

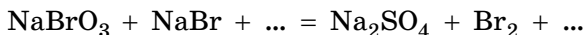
А	Б	В	Г
5	4	2	1

4.4. Анализ отдельных заданий высокого уровня сложности (часть 2)

Задания, посвященные окислительно-восстановительным реакциям. Теоретический материал по химии неорганических соединений изложен в разделе 2; правила составления уравнений реакций методом электронного баланса вы найдете в параграфе 1.8. При ответе на задания такого рода необходимо логически вычислить и обосновать пропущенные исходные вещества или продукты реакции.

Ниже приведен пример задания ЕГЭ образца 2008–2009 гг.

Пример. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:

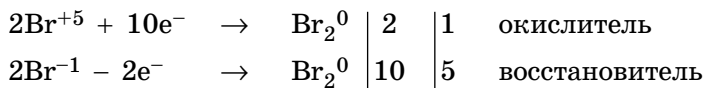


Бромат натрия является сильным окислителем. Он окисляет бромид натрия (восстановитель) до брома (реакция конмутации). Так как в правой части уравнения присутствуют сульфат-ионы, то их донором в левой части должны быть молекулы серной кислоты. Тогда недостающим веществом в правой части будет вода, в которую будут связываться катионы водорода из молекулы серной кислоты, и ионы кислорода из бромата натрия.

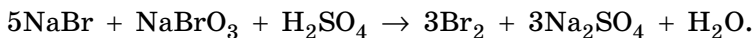
В этой реакции бромат натрия является окислителем. Два атома брома изменяют свою степень окисления от +5 до 0, принимая при этом 10 электронов.

Бромид натрия является восстановителем. Два атома брома изменяют свою степень окисления от -1 до 0, отдавая при этом два электрона.

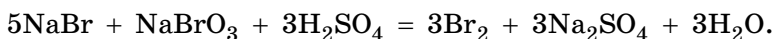
Составляем уравнения электронного баланса и уравниваем число присоединенных и отданных электронов:



Подставляем найденные коэффициенты перед окислителем и восстановителем в левой части уравнения реакции и перед продуктом окисления и восстановления в правой части уравнения реакции:



По количеству ионов натрия в правой части уравнения определяем число молекул серной кислоты в левой части уравнения. Уравниваем реакцию, поставив коэффициент перед молекулой воды, в окончательном виде получаем:



Основы неорганической химии. В этих заданиях проверяется знание реакций, подтверждающих взаимосвязь различных классов неорганических веществ. Теоретический материал изложен в разделе 2. Напомним, что обменные химические реакции идут до конца, если в результате таких реакций образуется осадок, выделяется газ или вода, а также выделяется большое количество энергии. Закономерности протекания окислительно-восстановительных реакций изложены в разделе 2, параграфе 1.8.

Признаками протекания химических реакций являются выделение или поглощение газа, образование или растворение осадка, изменение цвета, выделение или поглощение теплоты.

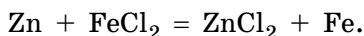
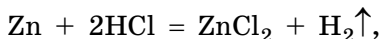
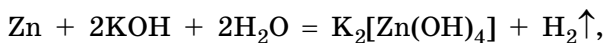
Начиная с 2018 года задания 30 «Реакции окислительно-восстановительные» и 31 «Электролитическая диссоциация электролитов в водных растворах. Сильные и слабые электролиты. Реакции ионного обмена» объединены общим перечнем веществ.

Пример

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: цинк, хлорат калия, гидроксид калия, соляная кислота, хлорид железа (III). Допустимо использование водных растворов веществ.

30.1 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

Для ответа на это задание рекомендуем выписать формулы веществ и соединений: Zn , KClO_3 , KOH , HCl , FeCl_2 . Фиксируем первое простое вещество — цинк. Он способен реагировать практически со всеми веществами набора:



Бертолетова соль способна окислить соляную кислоту:



Какой же вариант выбрать?

Чем проще, тем лучше. Эксперт будет проверять только одну реакцию. При этом нужно помнить о следующих рекомендациях по оцениванию отдельных элементов ответа и решению возможных проблемных ситуаций.

Основные элементы ответа

1. Ставится 1 балл, если выбраны вещества из списка, и составлено молекулярное уравнение окислительно-восстановительной реакции между ними:

- из приведенного в условии списка веществ выбраны те вещества, между которыми протекает окислительно-восстановительная реакция;
- правильно составлены формулы продуктов этой окислительно-восстановительной реакции;
- расставлены все коэффициенты в уравнении (при этом допустимо использование кратных коэффициентов, в том числе и дробных).

Дополнительные рекомендации, которые необходимо учитывать в случае проблемных ситуаций:

— в качестве исходных веществ (окислителя и восстановителя) могут быть использованы только вещества из предложенного списка (вода используется в качестве среды протекания реакций);

— реакции разложения сложных веществ не могут быть приняты в качестве верного ответа, так как по условию задания требуется выбрать «вещества, между которыми...»).

2. Ставится 1 балл за составление электронного баланса при условии, если:

- правильно указаны степени окисления элемента-окислителя и элемента-восстановителя, участвующих в процессах окисления и восстановления;
- электронный баланс можно считать составленным верно в случае, если любым способом будет показано, что число отданных восстановителем электронов равно числу электронов, принимаемых окислителем: это могут быть коэффициенты в уравнении реакции; могут быть указаны множители за вертикальной чертой; может присутствовать словесная запись о числе отданных и присоединенных электронов; может быть использован метод полуреакций (электронно-ионный баланс);
- указан окислитель и восстановитель.

Дополнительные рекомендации, которые необходимо учитывать в случае проблемных ситуаций.

— степень окисления 0 может не указываться экзаменуемым;

— если степень окисления не указана, то считать ее равной 0;

— считать верными записи, подобные следующим « Cl^{-1} », « Cl^{-} », « 2Cr^{3+} », « Cr^{+6} », которые экзаменуемый использовал при указании степени окисления;

— считать неверными записи, подобные следующим « N_2^{3-} », « Cr_2^{6+} » (или « N_2^{-3} », « Cr_2^{+6} »);

— наличие в ответе экзаменуемого взаимоисключающих суждений или обозначений следует рассматривать как факт несформированности умения применять данные знания (например, знаки «+» и «-» в записи электронного баланса не соответствуют природе окислителя или восстановителя).

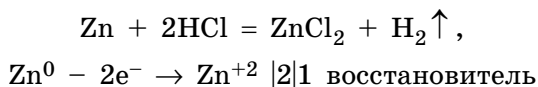
Экзаменуемый может:

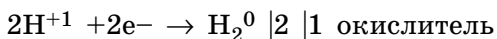
— в качестве окислителя и восстановителя указать элементы в соответствующей строчке электронного баланса, или отдельно выписать формулы/названия веществ.

— обозначить окислитель и восстановитель даже одной буквой («В» и «О»).

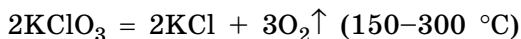
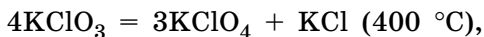
При оценивании выполнения задания принимается во внимание тот факт, что экзаменуемый может использовать свой алгоритм выполнения задания (отличный от предложенного «варианта ответа»). В случае если выбраны вещества из списка, между которыми невозможно протекание окислительно-восстановительной реакции, то за молекулярное уравнение ставится 0 баллов и электронный баланс не оценивается — 0 баллов. В случае если выбраны вещества, между которыми возможна окислительно-восстановительная реакция, но **допущена(-ы) ошибка(-и) в определении состава продуктов реакции** (к примеру, не учтен характер среды раствора), то за первый элемент ответа (уравнение реакции) ставится 0 баллов, а электронный баланс оценивается применительно к составленному экзаменуемым уравнению реакции. **Если в ответе к данному заданию будут приведены уравнения нескольких реакций, то проверяется только первое из них.**

Следовательно, наиболее простым и полным ответом будет следующий:





Реакции разложения хлоратов:



правильным ответом не будут.

31.1 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Основные элементы ответа

1. Ставится 1 балл, если выбраны вещества из списка, и составлено молекулярное уравнение реакции ионного обмена между ними:

- из приведенного в условии списка веществ выбраны те вещества, которые могут участвовать в реакции ионного обмена;

- расставлены все коэффициенты в молекулярном уравнении реакции.

2. Ставится 1 балл, если записаны полное и сокращенное ионные уравнения:

- правильно указаны заряды ионов в каждом из ионных уравнений реакций (например, « Na^{+} », или « SO_4^{2-} »);

- в ионном уравнении реакции формулы слабых электролитов, практически нерастворимых веществ и газов записаны в молекулярном виде;

- в сокращенном ионном уравнении коэффициенты должны быть минимальными целыми числами.

Дополнительные рекомендации, которые необходимо учитывать в случае проблемных ситуаций:

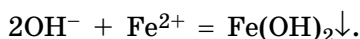
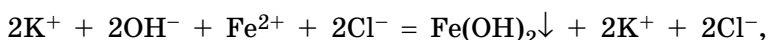
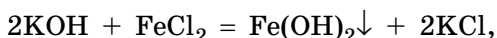
- при составлении как молекулярного, так и ионного уравнения реакции экзаменуемый может не использовать обозначения осадка « \downarrow » или газа « \uparrow ».

При оценивании выполнения задания принимается во внимание тот факт, что экзаменуемый может использовать свой алгоритм выполнения задания (отличный от предло-

женного «варианта ответа»). Если в ответе к данному заданию будут приведены уравнения нескольких реакций, то проверяется только первое из них.

Из приведенного выше списка веществ гидроксид калия способен вступить в обменную реакцию как с HCl , так и с FeCl_2 .

Выберем второй вариант:



Описание качественных реакций, используемых для определения некоторых катионов и анионов приводится в Приложении к данной книге.

В таблице 10 представлены сведения о внешнем виде и свойствах некоторых распространенных веществ и соединений, используемых при описании внешних признаков протекания химической реакции.

Таблица 10

Внешний вид и свойства некоторых распространенных веществ и соединений, используемые при описании внешних признаков протекания химической реакции

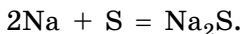
Группа	Формула вещества	Внешний вид и свойства
I	H_2	Бесцветный газ, легче воздуха, плохо растворим в воде
	Cu_2O	Темно-красное твердое вещество, нерастворимо в воде, растворяется в кислотах и щелочах
	CuO	Темно-коричневое твердое вещество, нерастворимо в воде, растворяется в разбавленных кислотах, концентрированных щелочах и гидрате аммиака
I	Cu(OH)_2	Ярко-голубое кристаллическое или светло-голубое аморфное вещество (осажденное из водного раствора). Нерастворимо в воде, растворяется в разбавленных кислотах, концентрированных щелочах и гидрате аммиака

Группа	Формула вещества	Внешний вид и свойства
I	CuS	Вещество черного цвета, нерастворимое в воде
	AgCl	Кристаллическое вещество белого цвета, нерастворимое в воде и кислотах. Реагирует с концентрированными щелочами
	AgBr	Светло-желтое кристаллическое вещество, нерастворимое в воде. Реагирует с концентрированными щелочами и кислотами
	AgI	Желтое кристаллическое вещество, нерастворимое в воде. Разлагается концентрированными кислотами и щелочами
	Ag_3PO_4	Твердое вещество желтого цвета. Нерастворимо в воде
II	CaCO_3	Твердое вещество белого цвета, нерастворимое в воде и щелочах. Растворяется в кислотах и переводится в раствор избытком углекислого газа
	BaSO_4	Белое вещество, нерастворимое в воде, щелочах и кислотах, за исключением концентрированной серной кислоты
	BaCO_3	Вещество белого цвета нерастворимо в воде, реагирует с кислотами
	ZnS	Вещество белого цвета нерастворимо в воде, реагирует с кислотами
III	Al(OH)_3	Вещество белого цвета, термически неустойчивое. Растворяется в кислотах и щелочах
IV	CO_2	Бесцветный газ, тяжелее воздуха. Не поддерживает дыхание и горение. Не реагирует с кислотами, реагирует со щелочами и гидратом аммиака
V	N_2	Бесцветный газ, плохо растворим в воде. Не реагирует с кислотами и со щелочами
	NH_3	Бесцветный газ с характерным резким запахом, хорошо растворим в воде
	NO	Бесцветный газ, плохо растворим в воде, не реагирует с кислотами и со щелочами
	NO_2	Бурый газ, хорошо растворимый в воде. Ядовит

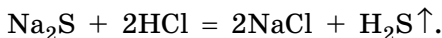
Группа	Формула вещества	Внешний вид и свойства
VI	O_2	Бесцветный газ. Плохо растворим в воде. Поддерживает дыхание и горение
	O_3	Светло-синий газ, плохо растворим в воде. Сильный окислитель. Ядовит
	H_2S	Бесцветный газ с запахом тухлых яиц. Плохо растворяется в воде, реагирует со щелочами. Ядовит
	SO_2	Бесцветный газ с резким запахом, хорошо растворяется в воде. Ядовит
	SO_3	Белая гигроскопичная жидкость, хорошо растворимая в воде
	$Cr(OH)_3$	Серо-зеленое вещество, нерастворимое в воде
	K_2CrO_4	Желтое вещество, хорошо растворимое в воде
	$K_2Cr_2O_7$	Оранжево-красное вещество, хорошо растворимое в воде
VII	Cl_2	Газ желто-зеленого цвета с характерным запахом, тяжелее воздуха, плохо растворим в воде. Ядовит
	Br_2	Простое вещество бром представляет собой темно-красную тяжелую ядовитую жидкость, малорастворимую в воде
	I_2	Фиолетово-черное кристаллическое вещество, плохо растворимое в воде. Обладает бактерицидным действием
VIII	$Fe(OH)_2$	Белое термически неустойчивое вещество, нерастворимое в воде
	$Fe(OH)_3$	Бурое вещество, нерастворимое в воде, растворяется в кислотах и концентрированных щелочах

Пример. Натрий сплавляли с серой. Образовавшееся соединение обрабатывали соляной кислотой, выделившийся газ нацело прореагировал с оксидом серы (IV). Образовавшееся вещество обрабатывали концентрированной азотной кислотой. Напишите уравнения описанных реакций.

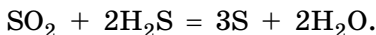
Сплавление натрия с серой приведет к образованию сульфида натрия:



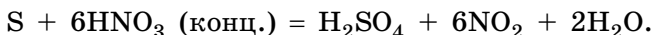
Под действием соляной кислоты произойдет обменная реакция, и сероводород уйдет из сферы реакции:



Взаимодействие сероводорода с оксидом серы (IV) приведет к образованию серы и воды:



Окисление серы концентрированной азотной кислотой даст серную кислоту, оксид азота (IV) и воду:



4.5. Тренировочные задания. Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот)

- 1** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ

ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

А) LiCl

1) металл, галоген

Б) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$

2) водород, металл, кислород

В) CrCl_2

3) металл, кислород

Г) AgNO_3

4) металл, водород, галоген

5) водород, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 2** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ**ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА**А) $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$

1) металл, галоген

Б) CsCl

2) водород, металл, кислород

В) AlCl_3

3) металл, кислород

Г) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

4) водород, кислород

5) водород, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 3** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ**ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА**А) CrBr_3

1) металл, водород, галоген

Б) FeCl_2

2) водород, металл, кислород

В) NiCl_2

3) металл, кислород

Г) BaCl_2

4) водород, кислород

5) водород, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 4** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ

ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| А) CsCl | 1) металл, галоген |
| Б) $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$ | 2) водород, металл, кислород |
| В) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ | 3) металл, кислород |
| Г) CoCl_2 | 4) металл, водород, галоген |
| | 5) водород, галоген |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 5** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ

ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| А) NaI | 1) металл, водород, галоген |
| Б) $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ | 2) водород, металл, кислород |
| В) $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$ | 3) металл, кислород |
| Г) ZnCl_2 | 4) водород, кислород |
| | 5) водород, галоген |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 6** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ**ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА**

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| A) CsNO_3 | 1) металл, водород, галоген |
| B) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ | 2) водород, металл, кислород |
| B) SrCl_2 | 3) металл, кислород |
| Г) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ | 4) водород, кислород |
| | 5) водород, галоген |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 7** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ**ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА**

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| A) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ | 1) металл, водород, галоген |
| B) CoCl_2 | 2) водород, металл, кислород |
| B) NiBr_2 | 3) металл, кислород |
| Г) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ | 4) водород, кислород |
| | 5) водород, галоген |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 8** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ**ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА**А) AgNO_3

1) металл, галоген

Б) CuCl_2

2) водород, металл, кислород

В) LiCl

3) металл, кислород

Г) BaCl_2

4) водород, кислород

5) водород, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 9** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ**ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА**А) CoCl_2

1) металл, галоген

Б) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$

2) водород, металл, кислород

В) CuCl_2

3) металл, кислород

Г) ZnBr_2

4) водород, кислород

5) водород, металл, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 10** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ**ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА**А) SnCl_2

1) водород, металл, галоген

Б) KI

2) водород, металл, кислород

В) CrCl_3

3) металл, кислород

Г) AgNO_3

4) водород, кислород

5) водород, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 11** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ**ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА**А) KNO_3

1) металл, галоген

Б) BaCl_2

2) водород, металл, кислород

В) K_2SO_4

3) металл, кислород

Г) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

4) водород, кислород

5) водород, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 12** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ

ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

А) NaBr

1) металл, галоген

Б) Na_2SO_4

2) водород, металл, кислород

В) KF

3) металл, кислород

Г) KNO_3

4) водород, кислород

5) водород, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 13** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ

ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

А) BaBr_2

1) металл, галоген

Б) Na_3PO_4

2) водород, металл, кислород

В) NaNO_3

3) металл, кислород

Г) KCl

4) водород, кислород

5) водород, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 14** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ**ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА**А) ZnF_2

1) металл, водород, галоген

Б) K_2CO_3

2) водород, металл, кислород

В) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$

3) металл, кислород

Г) CoCl_2

4) водород, кислород

5) водород, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 15** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ**ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА**А) NiBr_2

1) металл, водород, галоген

Б) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

2) водород, металл, кислород

В) K_3PO_4

3) металл, кислород

Г) $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$

4) водород, кислород

5) водород, галоген

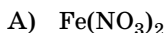
О т в е т:

А	Б	В	Г

- 16** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ

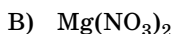
ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА



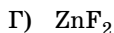
1) металл, галоген



2) водород, металл, кислород



3) металл, кислород



4) водород, кислород

5) водород, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

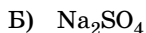
- 17** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ

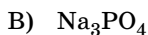
ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА



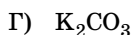
1) металл, галоген



2) водород, металл, кислород



3) металл, кислород



4) водород, кислород

5) водород, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 18** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ**ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА**

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| A) CoF_2 | 1) металл, водород, галоген |
| B) FeI_2 | 2) водород, металл, кислород |
| B) $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ | 3) металл, кислород |
| Г) $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ | 4) водород, кислород |
| | 5) водород, галоген |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 19** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ**ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА**

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| A) ZnI_2 | 1) металл, водород, галоген |
| B) Na_2SO_4 | 2) водород, металл, кислород |
| B) ZnSO_4 | 3) металл, кислород |
| Г) Na_2CO_3 | 4) водород, кислород |
| | 5) водород, галоген |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 20** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ

ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

А) NaNO_3

1) металл, галоген

Б) KF

2) водород, металл, кислород

В) NaCl

3) металл, кислород

Г) K_3PO_4

4) водород, кислород

5) водород, галоген

О т в е т:

А	Б	В	Г

Гидролиз солей.

Среда водных растворов: кислая, нейтральная, щелочная

- 1** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ

**СПОСОБНОСТЬ
К ГИДРОЛИЗУ**

А) нитрат лития

1) не гидролизуется

Б) нитрат цинка

2) гидролиз по катиону

В) сульфид калия

3) гидролиз по аниону

Г) сульфид алюминия

4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 2** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) нитрит калия	1) не гидролизуется
Б) нитрит бария	2) гидролиз по катиону
В) сульфид цезия	3) гидролиз по аниону
Г) сульфид хрома	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 3** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) фосфат калия	1) не гидролизуется
Б) сульфат натрия	2) гидролиз по катиону
В) хлорид цинка	3) гидролиз по аниону
Г) хлорид бария	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 4** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) бромид меди	1) не гидролизуется
Б) бромид железа (II)	2) гидролиз по катиону
В) сульфит натрия	3) гидролиз по аниону
Г) ацетат калия	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 5** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) сульфат цинка	1) не гидролизуется
Б) сульфид натрия	2) гидролиз по катиону
В) сульфат калия	3) гидролиз по аниону
Г) сульфид алюминия	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 6** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) хлорид стронция	1) не гидролизуется
Б) сульфид калия	2) гидролиз по катиону
В) ацетат калия	3) гидролиз по аниону
Г) нитрат железа (II)	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 7** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) бромид никеля	1) не гидролизуется
Б) сульфид алюминия	2) гидролиз по катиону
В) карбонат натрия	3) гидролиз по аниону
Г) ацетат бария	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 8** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) хлорид марганца	1) не гидролизуется
Б) сульфид хрома	2) гидролиз по катиону
В) сульфид алюминия	3) гидролиз по аниону
Г) сульфид калия	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 9** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) сульфат натрия	1) не гидролизуется
Б) нитрат серебра	2) гидролиз по катиону
В) хлорид кобальта	3) гидролиз по аниону
Г) бромид цинка	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 10** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) бромид аммония	1) не гидролизуется
Б) бромид калия	2) гидролиз по катиону
В) сульфид хрома	3) гидролиз по аниону
Г) сульфат хрома	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 11** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) хлорид никеля	1) не гидролизуется
Б) йодид кобальта	2) гидролиз по катиону
В) сульфат алюминия	3) гидролиз по аниону
Г) нитрит калия	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 12** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) нитрит натрия	1) не гидролизуется
Б) сульфид лития	2) гидролиз по катиону
В) сульфит калия	3) гидролиз по аниону
Г) нитрат аммония	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 13** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) нитрат бария	1) не гидролизуется
Б) нитрат кобальта	2) гидролиз по катиону
В) хлорид марганца	3) гидролиз по аниону
Г) нитрат свинца	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 14** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) сульфат цезия	1) не гидролизуется
Б) нитрат рубидия	2) гидролиз по катиону
В) хлорид магния	3) гидролиз по аниону
Г) бромид цинка	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 15** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) нитрат серебра	1) не гидролизуется
Б) хлорид натрия	2) гидролиз по катиону
В) ацетат калия	3) гидролиз по аниону
Г) хлорид цинка	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 16** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) сульфат олова	1) не гидролизуется
Б) силикат натрия	2) гидролиз по катиону
В) сульфид алюминия	3) гидролиз по аниону
Г) йодид стронция	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 17** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) нитрит рубидия	1) не гидролизуется
Б) бромид цезия	2) гидролиз по катиону
В) сульфид алюминия	3) гидролиз по аниону
Г) ацетат калия	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 18** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ

СПОСОБНОСТЬ
К ГИДРОЛИЗУ

- | | |
|-------------------|--|
| А) хлорид цезия | 1) не гидролизуется |
| Б) карбонат калия | 2) гидролиз по катиону |
| В) ацетат бария | 3) гидролиз по аниону |
| Г) нитрат серебра | 4) полный гидролиз (по катиону и аниону) |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 19** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ

СПОСОБНОСТЬ
К ГИДРОЛИЗУ

- | | |
|-------------------|--|
| А) ацетат рубидия | 1) не гидролизуется |
| Б) фосфат калия | 2) гидролиз по катиону |
| В) сульфид хрома | 3) гидролиз по аниону |
| Г) бромид лития | 4) полный гидролиз (по катиону и аниону) |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 20** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) сульфид алюминия	1) не гидролизуется
Б) сульфид аммония	2) гидролиз по катиону
В) хлорид цинка	3) гидролиз по аниону
Г) нитрат марганца	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 21** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) сульфид цезия	1) не гидролизуется
Б) йодид лития	2) гидролиз по катиону
В) сульфид хрома	3) гидролиз по аниону
Г) нитрат аммония	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 22** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) сульфат рубидия	1) не гидролизуется
Б) йодид бария	2) гидролиз по катиону
В) нитрит натрия	3) гидролиз по аниону
Г) карбонат аммония	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 23** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) сульфид аммония	1) не гидролизуется
Б) нитрит лития	2) гидролиз по катиону
В) ацетат аммония	3) гидролиз по аниону
Г) сульфат цезия	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 24** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) фосфат натрия	1) не гидролизуется
Б) сульфид алюминия	2) гидролиз по катиону
В) йодид стронция	3) гидролиз по аниону
Г) нитрат хрома	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 25** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) йодид никеля	1) не гидролизуется
Б) сульфид алюминия	2) гидролиз по катиону
В) нитрат кобальта	3) гидролиз по аниону
Г) хлорид цинка	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 26** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) бромид марганца	1) не гидролизуется
Б) сульфат цинка	2) гидролиз по катиону
В) силикат натрия	3) гидролиз по аниону
Г) нитрит цезия	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 27** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) сульфат рубидия	1) не гидролизуется
Б) йодид лития	2) гидролиз по катиону
В) сульфат марганца	3) гидролиз по аниону
Г) бромид цинка	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 28** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) нитрат кобальта	1) не гидролизуется
Б) нитрит лития	2) гидролиз по катиону
В) сульфат никеля	3) гидролиз по аниону
Г) бромид хрома	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 29** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) сульфид алюминия	1) не гидролизуется
Б) сульфат никеля	2) гидролиз по катиону
В) сульфид хрома (III)	3) гидролиз по аниону
Г) йодид цинка	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 30** Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) ацетат цезия	1) не гидролизуется
Б) сульфид хрома (III)	2) гидролиз по катиону
В) йодид никеля	3) гидролиз по аниону
Г) бромид кобальта	4) полный гидролиз (по катиону и аниону)

О т в е т:

А	Б	В	Г

Характерные химические свойства неорганических веществ

Материал для ответа на эти задания вы найдете в разделе 2 (Неорганическая химия). Чтобы правильно ответить на эти вопросы, вам необходимо знать химические свойства элементов и их соединений.

- 1** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	РЕАГЕНТЫ
А) NaOH	1) CO_2 , Mg, SO_3
Б) O_2	2) Al_2O_3 , HCl, HBr
В) Cl_2	3) KBr, KOH, CO
Г) P	4) HCl, P_2O_3 , FeO
	5) HNO_3 , Al, Li

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 2** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) КОН

1) ZnO, CO₂, Si

Б) HCl

2) Mg, K[Al(OH)₄], C

В) S

3) HNO₃ (конц.), O₂, K

Г) CO₂

4) O₂, CuO, Na₂CO₃

5) KMnO₄, SO₃, MgO

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 3** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) S

1) H₂SO₄ (конц.), KOH, AgNO₃

Б) Fe₂O₃

2) CO₂, H₂O, P₂O₅

В) NH₄Cl

3) Cu, K₂O, N₂

Г) Na₂O

4) O₂, Zn, KOH (конц.)

5) HBr, H₂SO₄, Na₂CO₃

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 4** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|----------------------------|--|
| А) Р | 1) H_2SO_4 , HNO_3 , Li_2O |
| Б) Al_2O_3 | 2) O_2 , H_2S , CO_2 |
| В) BaCl_2 | 3) S, KOH, HNO_3 (конц.) |
| Г) CrO_3 | 4) Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , AgNO_3 |
| | 5) NaOH, HCl, H_2O |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 5** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|-------------------------------|--|
| А) FeO | 1) Li, H_2 , O_2 |
| Б) SO_2 | 2) Na_2CO_3 , KOH, H_3PO_4 |
| В) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ | 3) C, HCl, H_2 |
| Г) N_2 | 4) O_2 , NaOH, KOH |
| | 5) Br_2 , H_2SO_4 , KOH |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 6** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|------------------------|---|
| А) Mg | 1) HCl , H_2SO_4 (p-p), O_2 |
| Б) Zn(OH)_2 | 2) KOH , HNO_3 , HCl |
| В) KOH | 3) S , Na_2CO_3 , Cl_2 |
| Г) $\text{Cu(NO}_3)_2$ | 4) CO_2 , KHCO_3 , Al_2O_3 |
| | 5) Fe , KOH , Na_2S |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 7** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|---------------------------|--|
| А) HCl | 1) Li_2O , HNO_3 , H_2O |
| Б) P_2O_5 | 2) O_2 , Ca , Cl_2 |
| В) S | 3) N_2 , P_2S_5 , CO_2 |
| Г) Al | 4) KOH , KMnO_4 , Al_2O_3 |
| | 5) S , Fe_2O_3 , P |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 8** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) HNO_3 (конц.)

1) KI , NaOH , H_2

Б) $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

2) BaSO_4 , CO_2 , Fe_2O_3

В) Br_2

3) P , C , P_2O_5

Г) C

4) He , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, I_2

5) Na_2CO_3 , K_3PO_4 , KOH

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 9** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) CrO_3

1) AgNO_3 , CaCl_2 , LiOH

Б) NO_2

2) HCl , KOH , Na_2O

В) H_3PO_4

3) AgNO_3 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, H_3PO_4

Г) LiCl

4) S , BaSO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$

5) KOH , O_3 , H_2O

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 10** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) H_2S

1) AgNO_3 , CrO_3 , NaOH

Б) HCl

2) O_2 , I_2 , S

В) CO_2

3) N_2 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Fe

Г) Fe

4) CuSO_4 , HCl , FeCl_3

5) KOH , C , Ca

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 11** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) KHSO_4

1) SrCl_2 , H_2SO_4 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

Б) K_2SO_4

2) KHCO_3 , KOH , Na

В) S

3) Li , Al , O_2

Г) O_2

4) N_2 , SO_2 , CO

5) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Cl_2 , Na

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 12** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) Fe

1) KOH, C, Mg

Б) NaI

2) Cl₂, Cu(NO₃)₂, AgNO₃

В) HBr

3) Na₂SO₄, S, HCl

Г) CO₂

4) Cl₂, NaOH, NaHCO₃

5) CaCl₂, H₂O, BaSO₄

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 13** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) SO₂

1) AgNO₃, K₂SO₄, Na₂CO₃

Б) BaCl₂

2) S, HCl, NaOH

В) Al

3) O₂, H₂S, H₂O

Г) Cu

4) SO₂, H₂SO₄ (конц.), Br₂

5) N₂, Ca₃(PO₄)₂, LiCl

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 14** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) Mg

1) HBr , HNO_3 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

Б) Al_2O_3

2) Fe , KOH , K_2S

В) CuSO_4

3) P , H_2SO_4 , O_2

Г) Na_2SO_3

4) N_2 , HCl , KOH

5) Na_2CO_3 , HCl , KOH

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 15** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) HBr

1) KOH , Zn , K_2S

Б) Na_2SiO_3

2) Fe_2O_3 , KOH , H_2SO_4

В) Al

3) P_2O_5 , H_2SO_4 , H_2O

Г) Li_2O

4) $\text{Ca}(\text{OH})_2$, N_2 , ZnS

5) HNO_3 , HBr , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 16** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) С

1) K_3PO_4 , HCl, H_2S

Б) LiOH

2) K_2O , Na_2S , Mg

В) $AgNO_3$

3) $BaSO_4$, BaS, $Ca_3(PO_4)_2$

Г) HCl

4) CO_2 , $BaSO_4$, HNO_3 (конц.)

5) KCl, NaOH, $CaCO_3$

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 17** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) Cl_2

1) H_2SO_4 (конц.), HCl, O_2

Б) Si

2) KOH, P, S

В) Cu_2O

3) $BaSO_4$, H_2O , NaOH

Г) P_2O_5

4) NaOH, O_2 , C

5) H_2O , KOH, CaO

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 18** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|-------------------------------|---|
| А) HBr | 1) HI , HNO_3 , H_2SO_4 |
| Б) $\text{Cu}(\text{NO}_2)_2$ | 2) Na_2S , HI , NaOH |
| В) CaCO_3 | 3) HNO_3 (конц.), S , O_2 |
| Г) P | 4) K_2CO_3 , KOH , CaCO_3 |
| | 5) O_2 , NO , P_2O_5 |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 19** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|-------------------------------|---|
| А) C | 1) Fe_2O_3 , HBr , KOH |
| Б) Na_2SO_4 , | 2) C , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, SrCl_2 |
| В) HCl | 3) CO_2 , Li , Si |
| Г) Al | 4) O_2 , LiOH , KBr |
| | 5) Na_2CO_3 , AgNO_3 , Mg |

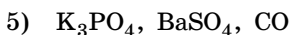
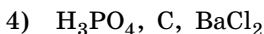
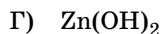
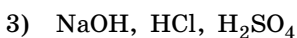
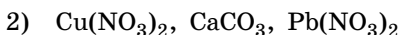
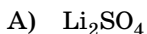
О т в е т:

А	Б	В	Г

- 20** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ



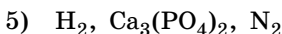
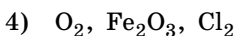
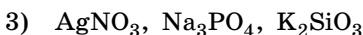
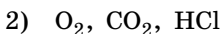
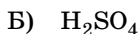
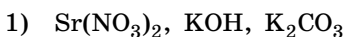
О т в е т:

А	Б	В	Г

- 21** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ



О т в е т:

А	Б	В	Г

- 22** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|-------------------------------|---|
| А) HI | 1) CuCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, K_2SO_3 |
| Б) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ | 2) NaOH , C , Mg |
| В) Na_2SO_4 | 3) C , $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, BaCl_2 |
| Г) CO_2 | 4) O_2 , S , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ |
| | 5) HI , K_2S , NaOH |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 23** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|---------------------------|---|
| А) NH_4Cl | 1) AgNO_3 , NaOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$ |
| Б) HNO_3 (конц.) | 2) Al_2O_3 , S , NO_2 |
| В) NaOH | 3) NO , CaCl_2 , LiOH |
| Г) K | 4) Pb , S , P |
| | 5) O_2 , N_2 , P |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 24** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) Na_2S

1) ZnO , S , $\text{Al}(\text{OH})_3$

Б) KOH

2) Na_2O , HCl , BaO

В) ZnO

3) CuCl_2 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, O_2

Г) Ca

4) Na , S , N_2

5) N_2 , H_2 , HNO_3

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 25** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) Na_2SO_4

1) BaCl_2 , C , H_2

Б) LiOH

2) S , CuS , P

В) HNO_3 (конц.)

3) HCl , $\text{Al}(\text{OH})_3$, Na_3PO_4

Г) O_2

4) P_2O_3 , CO_2 , FeS_2

5) N_2 , K_2SO_4 , K

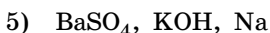
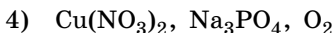
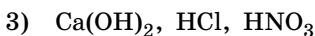
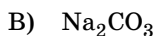
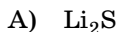
О т в е т:

А	Б	В	Г

- 26** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ



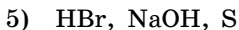
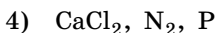
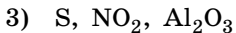
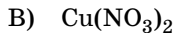
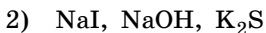
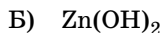
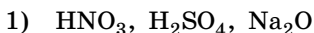
О т в е т:

А	Б	В	Г

- 27** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ



О т в е т:

А	Б	В	Г

- 28** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) Fe

1) KOH, K_2S , $AgNO_3$

Б) $Zn(OH)_2$

2) S, HNO_3 , O_2

В) KOH

3) Al_2O_3 , Fe_2O_3 , S

Г) $CuCl_2$

4) NaOH, KOH, HCl

5) P, H_2SO_4 , K

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 29** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) Na

1) K_2SO_4 , N_2 , P

Б) Al

2) O_2 , S, HCl

В) Br_2

3) NaI, NaOH, S

Г) N_2

4) CrO_3 , N_2O , Li

5) H_2 , O_2 , Ca

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 30** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|---------------------------|---|
| А) К | 1) AgNO_3 , NaOH , Ba(OH)_2 |
| Б) HNO_3 (конц.) | 2) S, P, PbS |
| В) Ba(OH)_2 | 3) O_2 , S, P |
| Г) NH_4Cl | 4) Na_2SO_4 , AgNO_3 , CaCO_3 |
| | 5) HBr, FeCl_2 , SO_3 |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 31** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|----------------------|---|
| А) AgNO_3 | 1) Fe, NaCl, Cu |
| Б) CuCl_2 | 2) Fe, AgNO_3 , NaOH |
| В) Zn(OH)_2 | 3) NaOH, H_2SO_4 , HF |
| Г) Zn | 4) N_2 , CaSO_4 , KOH |
| | 5) P, Li, S |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 32** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) H_2SO_4 (конц.)

1) AgNO_3 , KMnO_4 , O_2

Б) HCl

2) FeCl_2 , CO_2 , HCl

В) $\text{Ba}(\text{OH})_2$

3) S , Cl_2 , H_2O

Г) K

4) SrCl_2 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Cu

5) CO_2 , NO_2 , N_2

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 33** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) KOH

1) NaOH , Fe , Na_2S

Б) Al_2S_3

2) Cl_2 , S , NaHSO_4

В) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

3) H_2O , HCl , NaOH

Г) Cu

4) AgNO_3 , Cl_2 , O_2 ,

5) CaSO_4 , Na_2CO_3 , Li

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 34** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) Na

1) O₂, S, FeO

Б) Al

2) Na₂O₂, Cl₂, O₂

В) H₂SO₄ (конц.)

3) Li, H₂, O₂

Г) N₂

4) Ca₃(PO₄)₂, S, Cu

5) N₂, Na₂SO₃, O₂

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 35** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) NaOH

1) HBr, O₂, HNO₃

Б) Mg

2) NH₄Cl, SO₂, SO₃

В) SO₂

3) H₂O, Ca₃(PO₄)₂, ZnS

Г) FeS

4) N₂, BaSO₄, LiCl

5) KOH, Ba(OH)₂, O₂

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 36** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) O_2

1) $LiOH$, $Ca(OH)_2$, $AgNO_3$

Б) NH_4Cl

2) O_2 , H_2S , $NaOH$

В) $LiOH$

3) NO , H_2S , Ca

Г) SO_2

4) HNO_3 , Na_3PO_4 , S

5) Na_2SO_4 , $MgCl_2$, NO_2

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 37** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) S

1) HCl , $Al(OH)_3$, CO_2

Б) Cu

2) $AgNO_3$, KOH , $LiHCO_3$

В) $NaOH$

3) $BaSO_4$, ZnS , O_2

Г) HCl

4) N_2 , NO , P_2O_5

5) Cl_2 , O_2 , HNO_3 (конц.)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 38** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|------------------------------------|--|
| А) Р | 1) NaOH, Na ₂ O, HCl |
| Б) Na ₂ CO ₃ | 2) S, O ₂ , HNO ₃ (конц.) |
| В) Al(OH) ₃ | 3) CaO, Na ₂ S, S |
| Г) HNO ₃ (конц.) | 4) N ₂ , HCl, SO ₂ |
| | 5) HCl, Ca(NO ₃) ₂ , HNO ₃ |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 39** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|---|---|
| А) Al | 1) S, O ₂ , CO |
| Б) FeO | 2) CO, O ₂ , HCl |
| В) H ₂ SO ₄ (конц.) | 3) BaCl ₂ , H ₂ S, P |
| Г) Na ₂ CO ₃ | 4) HCl, H ₂ SO ₄ , KOH |
| | 5) HCl, CaCl ₂ , AgNO ₃ |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 40** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|------------------------------------|--|
| А) Cl_2 | 1) Al_2O_3 , NaOH , K_2CO_3 |
| Б) H_2SO_4 (разб.) | 2) $\text{Al}(\text{OH})_3$, ZnO , SO_3 |
| В) NaOH | 3) S , P , N_2 |
| Г) K | 4) LiCl , CO_2 , NO |
| | 5) KOH , NaBr , Cu |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 41** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- | | |
|----------------------------|--|
| А) H_2 | 1) Cl_2 , NaOH , O_2 |
| Б) P | 2) N_2 , CO , CaS |
| В) KOH | 3) NH_3 , CaCl_2 , Li |
| Г) H_2SO_4 | 4) FeO , CuO , N_2 |
| | 5) $\text{Al}(\text{OH})_3$, SO_3 , ZnO |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 42** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) H_2O

1) Al_2S_3 , Na_2O , SO_3

Б) Li

2) KOH , K_2CO_3 , HCl

В) Fe_2O_3

3) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, O_2 , F_2

Г) NO_2

4) C , H_2O , KOH

5) N_2 , HCl , S

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 43** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) P_2O_5

1) P_2O_5 , S , Mg

Б) HNO_3 (конц.)

2) FeS_2 , CO , P_2O_3

В) O_2

3) H_2 , H_2SO_4 (конц.), P

Г) S

4) HNO_3 , CaO , NaOH

5) N_2 , NaOH , Li_2S

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 44** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) CuO

1) $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, HCl , K_2SO_4

Б) H_2SO_4 (конц.)

2) Na_2O , ZnO , Ag

В) $\text{Ba}(\text{OH})_2$

3) O_2 , HCl , HNO_3

Г) ZnS

4) H_2 , CO , Al

5) K_2S , O_2 , N_2

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 45** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) FeO

1) P_2O_5 , H_2O , HCl

Б) BaO

2) N_2 , CO_2 , HCl

В) ZnS

3) HCl , O_2 , HNO_3

Г) P_2O_5

4) N_2 , SO_3 , P

5) HNO_3 , CaO , NaOH

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 46** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) Na_2O

1) H_2O , HCl , Al_2O_3

Б) Br_2

2) P , S , Fe

В) SO_2

3) Fe , Al_2O_3 , ZnO

Г) H_2SO_4 (разб.)

4) SO_3 , HNO_3 , P

5) H_2S , O_2 , NaOH

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 47** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) LiNO_3

1) Al_2O_3 , H_2O , HCl

Б) SO_2

2) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Na_2SO_3 , K_3PO_4

В) BaO

3) H_3PO_4 , Na_2SiO_3 , Na_3PO_4

Г) MgSO_4

4) KOH , BaCl_2 , NaCl

5) H_2S , KOH , Cl_2

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 48** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) Na

1) H_2 , O_2 , Li

Б) Br_2

2) Cu, H_2SO_4 , $Ca_3(PO_4)_2$

В) Zn

3) O_2 , S, HCl

Г) N_2

4) NaI, NaOH, Cl_2

5) HNO_3 , $BaSO_4$, C

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 49** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА
ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

А) Na_2O

1) Al, P, HNO_3 (конц.)

Б) I_2

2) Al_2O_3 , HCl, SO_3

В) S

3) N_2 , NH_3 , $CaBr_2$

Г) $Al(OH)_3$

4) O_2 , $CuSO_4$, Na_2SO_4

5) NaOH, K_2O , HBr

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 50** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**РЕАГЕНТЫ**А) $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 1) H_2O , HCl , CO_2 Б) O_2 2) KI , PBr_3 , NaOH В) Br_2 3) Na_2O , FeO , SO_2 Г) K_2O 4) Na_3PO_4 , MgCl_2 , HCl 5) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, H_2O , NaCl

О т в е т:

А	Б	В	Г

**Качественные реакции
на неорганические вещества и ионы.**

Качественные реакции органических соединений

- 1** Установите соответствие между двумя веществами и реактивом, с помощью которого можно различить эти вещества.

ВЕЩЕСТВА**РЕАКТИВ**

А) гексанол-3 и фенол (р-р)

1) Br_2 (водн.)

Б) пропанол-2 и глицерин

2) $\text{Cu}(\text{OH})_2$

В) муравьиная кислота и масляная кислота

3) K

Г) пальмитиновая кислота и олеиновая кислота

4) H_2SO_4 5) NH_3

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 2** Установите соответствие между двумя веществами и реактивом, с помощью которого можно различить эти вещества.

ВЕЩЕСТВА

- А) CaCl_2 и NaCl
 Б) NaCl и $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
 В) Na_2SO_4 и SrCl_2
 Г) KOH и LiCl

РЕАКТИВ

- 1) лакмус
 2) AgI
 3) HNO_3
 4) Na_2CO_3
 5) KCl

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 3** Установите соответствие между двумя веществами и реактивом, с помощью которого можно различить эти вещества.

ВЕЩЕСТВА

- А) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ и BaCl_2
 Б) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ и MgSO_4
 В) AgNO_3 и NaNO_3
 Г) FeO и ZnO

РЕАКТИВ

- 1) Cl_2
 2) H_2O
 3) KOH (р-р)
 4) HNO_3
 5) Br_2

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 4** Установите соответствие между двумя веществами и реактивом, с помощью которого можно различить эти вещества.

ВЕЩЕСТВА

- А) ацетон и пропаналь
Б) глицерин и бутанол-1
В) метиламин и триметиламин
Г) толуол и циклогексен

РЕАКТИВ

- 1) $\text{Cu}(\text{OH})_2$
2) H_2O
3) HNO_2
4) NH_3
5) Br_2

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 5** Установите соответствие между двумя веществами и реактивом, с помощью которого можно различить эти вещества.

ВЕЩЕСТВА

- А) пикриновая кислота и фенол
Б) этен и этин
В) этен и этан
Г) бутанол-2 и бутандиол-1,2

РЕАКТИВ

- 1) $\text{Cu}(\text{OH})_2$
2) $\text{AgNO}_3 (\text{NH}_3)$
3) Br_2
4) NaOH
5) AgI

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 6** Установите соответствие между двумя веществами и реактивом, с помощью которого можно различить эти вещества.

ВЕЩЕСТВА

РЕАКТИВ

А) MgSO_4 и BaSO_4 1) AgNO_3 Б) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 2) H_2O В) NaNO_3 и LiNO_3 3) HCl Г) KI и KCl 4) KOH 5) H_3PO_4

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 7** Установите соответствие между двумя веществами и реактивом, с помощью которого можно различить эти вещества.

ВЕЩЕСТВА

РЕАКТИВ

А) NaOH и LiOH 1) HCl Б) CaCl_2 и CaF_2 2) H_2O В) K_2S и K_3PO_4 3) LiNO_3 Г) BaCO_3 и BaSO_4 4) Na_3PO_4 5) $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 8** Установите соответствие между двумя веществами и реактивом, с помощью которого можно различить эти вещества.

ВЕЩЕСТВА

- А) пропин и бутин-2
 Б) этан и этилен
 В) этанол и глицерин
 Г) фенол и пикриновая кислота

РЕАКТИВ

- 1) $\text{Cu}(\text{OH})_2$
 2) NaCl
 3) Br_2
 4) $\text{Ag}_2\text{O} (\text{NH}_3)$
 5) $\text{Ca}(\text{OH})_2$

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 9** Установите соответствие между двумя веществами и реактивом, с помощью которого можно различить эти вещества.

ВЕЩЕСТВА

- А) BaCl_2 и KCl
 Б) AlCl_3 и MgCl_2
 В) K_2SO_4 и $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
 Г) NaOH и NaCl

РЕАКТИВ

- 1) NaOH
 2) KI
 3) BaSO_4
 4) Na_2CO_3
 5) фенолфталеин

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 10** Установите соответствие между двумя веществами и реактивом, с помощью которого можно различить эти вещества.

ВЕЩЕСТВА	РЕАКТИВ
А) бензол и циклогексен	1) КОН
Б) бутанол и глицерин	2) Br_2
В) бутиламин и трибутиламин	3) $\text{Cu}(\text{OH})_2$
Г) стеариновая кислота и линоленовая кислота	4) HNO_2
	5) FeCl_3

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 11** Установите соответствие между веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА	ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ
А) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и NaOH	1) выделение бесцветного газа
Б) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и Na_2S	2) образование черного осадка
В) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ и HNO_3	3) образование синего осадка
Г) $\text{Al}(\text{OH})_3$ и КОН	4) растворение осадка
	5) образование белого осадка

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 12** Установите соответствие между веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

- | | |
|---|-------------------------------|
| А) HCl и $\text{Al}(\text{OH})_3$ | 1) образование черного осадка |
| Б) BaCl_2 и Na_2CO_3 | 2) образование желтого осадка |
| В) AgNO_3 и KI | 3) образование белого осадка |
| Г) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и KOH | 4) выделение газа |
| | 5) растворение осадка |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 13** Установите соответствие между веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

- | | |
|---|---|
| А) AgNO_3 и Na_3PO_4 | 1) образование желтого осадка |
| Б) $\text{Zn}(\text{OH})_2$ и HCl | 2) образование золотисто-желтого осадка |
| В) MnO_2 и HCl | 3) растворение осадка |
| Г) KI и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ | 4) выделение желто-зеленого газа |
| | 5) выделение бесцветного газа |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 14** Установите соответствие между веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

- | | |
|---------------------------|---------------------------------------|
| А) K_2CrO_4 и H_2SO_4 | 1) растворение осадка |
| Б) $Cu(OH)_2$ и HCl | 2) появление красной окраски на синей |
| В) HCl и $NaOH$ | 3) выделение тепла |
| Г) $K_2Cr_2O_7$ и HCl | 4) выделение желто-зеленого газа |
| | 5) появление оранжевой окраски |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 15** Установите соответствие между веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

- | | |
|------------------------------|---------------------------------------|
| А) $H_2C=CH_2$ и $KMnO_4$ | 1) растворение осадка |
| Б) $HC(O)H$ и $Cu(OH)_2$ | 2) выделение белого осадка |
| В) $CH_3C(O)OH$ и $Cu(OH)_2$ | 3) выделение кирпично-красного осадка |
| Г) $CH_3C(O)OH$ и Na_2CO_3 | 4) выделение бесцветного газа |
| | 5) обесцвечивание раствора |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 16** Установите соответствие между веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

- | | |
|--|--------------------------------|
| А) NaCl и AgNO_3 | 1) образование белого осадка |
| Б) NaI и AgNO_3 | 2) образование желтого осадка |
| В) CuCl_2 и Na_2S | 3) образование синего осадка |
| Г) CuCl_2 и NaOH | 4) образование красного осадка |
| | 5) образование черного осадка |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 17** Установите соответствие между веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

- | | |
|---|--------------------------------------|
| А) $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ и Br_2 | 1) выделение желтого газа |
| Б) $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ и HNO_2 | 2) выделение тепла |
| В) CH_3COOH и NaOH | 3) выделение бесцветного газа |
| Г) $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ и FeCl_3 | 4) появление фиолетового окрашивания |
| | 5) выделение белого осадка |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 18** Установите соответствие между веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

А) HC(O)OH и KOH Б) HC(O)OH и K_2CO_3 В) HC(O)OH и Cu(OH)_2 Г) HC(O)OH и KMnO_4

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

1) обесцвечивание раствора

2) выделение тепла

3) выделение бесцветного газа

4) выделение кирпично-красного осадка

5) выделение синего осадка

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 19** Установите соответствие между веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

А) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ и Br_2 Б) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ и KMnO_4 В) $\text{HOCH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$
и Cu(OH)_2 Г) $\text{HOCH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$ и Na

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

1) выделение бесцветного газа

2) появление синего окрашивания

3) выделение красного осадка

4) обесцвечивание раствора

5) появление фиолетового окрашивания

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 20** Установите соответствие между веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА**ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ**

- | | |
|---|--------------------------------------|
| А) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ и I_2 | 1) выделение белого осадка |
| Б) $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ и FeCl_3 | 2) появление синего окрашивания |
| В) $\text{HOCH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$
и $\text{Cu}(\text{OH})_2$ | 3) выделение красного осадка |
| Г) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ и Br_2 | 4) обесцвечивание раствора |
| | 5) появление фиолетового окрашивания |

О т в е т:

А	Б	В	Г

Характерные химические свойства углеводородов: алканов, циклоалканов, алкенов, диенов, алкинов, ароматических углеводородов (бензола и толуола). Ионный (правило В. В. Марковникова) и радикальный механизмы реакций в органической химии

- 1** Установите соответствие между названием вещества и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этого вещества с эквимольным количеством хлора: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА**ПРОДУКТ РЕАКЦИИ**

- | | |
|-------------------------------|-------------------------|
| А) 2-метилпропан | 1) 1-хлорпропан |
| Б) пропан | 2) 2-хлорпропан |
| В) бензол (AlCl_3) | 3) хлористый бензил |
| Г) толуол ($h\nu$) | 4) гексахлорензол |
| | 5) 2-хлор-2-метилпропан |
| | 6) хлорбензол |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 2** Установите соответствие между названием вещества и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этого вещества с избытком хлора: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА

ПРОДУКТ РЕАКЦИИ

А) бензол ($h\nu$)

1) хлорбензол

Б) толуол ($h\nu$)

2) хлористый бензил

В) ацетилен (водн. среда)

3) трихлорметилбензол

Г) этен (водн. среда)

4) 1,1,2,2-тетрахлорэтан

5) 1,2-дихлорэтан

6) гексахлорциклогексан

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 3** Установите соответствие между названием вещества и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этого вещества с эквимольным количеством брома: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА

ПРОДУКТ РЕАКЦИИ

А) толуол ($h\nu$)

1) 1,2-дибромэтан

Б) ацетилен

2) 1,2-дибромэтен

В) 2-метилпропен

3) бромистый бензил

Г) 2-метилпропан

4) 2-бром-2-метилпропан

5) 1,2-дибром-2-метилпропан

6) 2-бромтолуол

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 4** Установите соответствие между названием вещества и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этого вещества с эквимольным количеством азотной кислоты: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА

ПРОДУКТ РЕАКЦИИ

- А) метан
Б) пропан
В) бензол
Г) толуол

- 1) динитрометан
2) нитрометан
3) 2-нитропропан
4) нитробензол
5) смесь орто- и паранитротолуолов
6) ортонитротолуол

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 5** Установите соответствие между названием вещества и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этого вещества с эквимольным количеством бромоводорода: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА

ПРОДУКТ РЕАКЦИИ

- А) 2-метилпропен
Б) пропен (в присутствии органических перекисей)
В) пропен
Г) пропилен

- 1) 1-бромпропан
2) 2-бромпропан
3) 1-бромпропен
4) 2-бромпропен
5) 2-бром-2-метилпропан
6) 1-бром-2-метилпропан

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 6** Установите соответствие между названием вещества и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этого вещества с расчетным количеством перманганата калия в водной среде: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА

ПРОДУКТ РЕАКЦИИ

А) ацетилен

1) ацетат калия

Б) пропен

2) оксолат калия

В) стирол

3) бензоат калия

Г) толуол

4) 1-фенилэтандиол-1,2

5) пропандиол-1,2

6) ацетон

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 7** Установите соответствие между названием вещества и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этого вещества с расчетным количеством перманганита калия в серной кислоте: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА

ПРОДУКТ РЕАКЦИИ

А) пропен

1) ацетон

Б) пропиен

2) уксусная кислота

В) стирол

3) бензойная кислота

Г) этилбензол

4) пропановая кислота

5) муравьиная кислота

6) 1-фенилэтандиол-1,2

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 8** Установите соответствие между названием вещества и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этого вещества с расчетным количеством перманганата калия в серной кислоте: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА**ПРОДУКТ РЕАКЦИИ**

А) 2-метилпропен

1) ацетон

Б) бутен-1

2) бутановая кислота

В) бутен-2

3) уксусная кислота

Г) пропен

4) пропионовая кислота

5) щавелевая кислота

6) муравьиная кислота

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 9** Установите соответствие между названием вещества и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этого вещества с расчетным количеством бихромата калия в серной кислоте: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА**ПРОДУКТ РЕАКЦИИ**

А) 1,2-диметилбензол

1) бензойная кислота

Б) 1,3-диметилбензол

2) 1,2-бензолдикарбоновая кислота

В) 1,4-диметилбензол

3) терефталевая кислота

Г) этилбензол

4) 1,3-бензолдикарбоновая кислота

5) уксусная кислота

6) щавелевая кислота

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 10** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) ацетилен и хлороводород (избыток)
 Б) ацетилен и хлороводород (эквивалентное количество)
 В) бутин-2 и вода
 Г) бутин-1 и вода

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) хлористый винил
 2) 1,2-дихлорэтан
 3) 1,1-дихлорэтан
 4) бутаналь
 5) бутанон-2
 6) бутанол

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 11** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) пропен и хлор ($h\nu$)
 Б) пропен и хлор (водн. среда)
 В) этин и уксусная кислота
 Г) пропен и бензол

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) пропилбензол
 2) изопропилбензол
 3) хлористый аллил
 4) 1,2-дихлорпропан
 5) этилацетат
 6) винилацетат

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 12** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА

ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| А) метилциклопропан и водород | 1) бутан |
| Б) стирол и водород | 2) изобутан |
| В) толуол и азотная кислота | 3) ортонитротолуол |
| Г) в эквимольных количествах | 4) толуол |
| | 5) смесь орто- и паранитротолуолов |
| | 6) этилбензол |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 13** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА

ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- | | |
|---|-------------------------|
| А) толуол и хлор (избыток) ($h\nu$) | 1) 3-хлортолуол |
| Б) этилбензол и бром ($h\nu$) | 2) 2-бромбензол |
| В) толуол и азотная кислота (избыток) | 3) 1-бром-1-фенилэтан |
| Г) изопропилбензол и перманганат калия в кислой среде | 4) 2,4,6-тринитротолуол |
| | 5) трихлорметилбензол |
| | 6) бензойная кислота |

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 14** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) циклопропан
и хлороводород
Б) пропен и хлороводород
В) стирол и хлороводород
Г) пропен и вода

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) пропанол-1
2) пропанол-2
3) 1-хлорпропан
4) 2-хлорпропан
5) 1-хлор-1-фенилэтан
6) 1-хлор-2-фенилэтан

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 15** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) циклогексен и вода
Б) циклогексен и перманганат калия в водной среде
В) циклогексен и перманганат калия в серной кислоте
Г) метан и вода

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) циклогексанон
2) циклогексанол
3) циклогександиол-1,2
4) углекислый газ
5) синтез-газ
6) адипиновая кислота

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 16** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) 2-хлорпропан и натрий
Б) цикlopентан и бром ($h\nu$)
В) пропен и бензол
Г) бензол и азотная кислота

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) 1,5-дибромпентан
2) бромциклопентан
3) пропиленбензол
4) изопропилбензол
5) 2,3-диметилбутан
6) нитробензол

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 17** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) 2-метилпропан и бром ($h\nu$)
Б) пропен и хлор (500 °С)
В) пропен и бромная вода
Г) бутен-2 и перманганат калия
в среде серной кислоты

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) хлористый аллил
2) 2-бром-2-метилпропан
3) 1,2-дибромпропан
4) уксусная кислота
5) бутановая кислота
6) 1,2-дихлорпропан

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 18** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) бензол и этен
Б) бензол и бромэтан (FeBr_3)
В) стирол и бромная вода
Г) стирол и перманганат калия в водной среде

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) 1-фенилэтандиол-1,2
2) этилбензол
3) 1-фенил-1,2-дибромэтан
4) 1-фенилэтандиол-1,2
5) бензойная кислота
6) бензиловый спирт

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 19** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) пропин и вода
Б) бензол и водород (кат.)
В) бензол и серная кислота
Г) бензол и хлор ($h\nu$)

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) диметилкетон
2) гексан
3) циклогексан
4) бензолсульфокислота
5) хлорбензол
6) гексахлорциклогексан

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 20** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) бензол и азотная кислота
Б) циклогексан и бром ($h\nu$)
В) метан и хлор в эквимольном соотношении ($h\nu$)
Г) бензол и хлор ($h\nu$)

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) 1,2-динитробензол
2) нитробензол
3) гексахлорбензол
4) хлорметан
5) бромциклогексан
6) гексахлорциклогексан

О т в е т:

А	Б	В	Г

**Характерные химические свойства предельных
одноатомных и многоатомных спиртов,
фенола, альдегидов, предельных карбоновых
кислот, сложных эфиров**

- 1** Установите соответствие между реагирующими веществами и углеродсодержащим продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) метанол и оксид меди (II)
Б) метилат натрия и вода
В) метилат натрия и бромэтан
Г) ацетальдегид и этанол (избыток)

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) метаналь
2) диметилловый эфир
3) метилэтиловый эфир
4) метанол
5) этилацетат
6) 1,1-диэтоксидэтан

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 2** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) этанол и уксусная кислота
Б) фенол и избыток бромной воды
В) фенол и азотная кислота (избыток)
Г) уксусная кислота и хлор (эквимольное количество)

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) этилацетат
2) 2-бромфенол
3) 2,4,6-трибромфенол
4) ортонитрофенол
5) пикриновая кислота
6) хлоруксусная кислота

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 3** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) пропанол-2 и оксид меди (II)
Б) пропанол-1 и расчетное количество перманганата калия в серной кислоте
В) фенол и гидроксид натрия
Г) ацетальдегид и гидроксид меди (II)

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) уксусная кислота
2) пропионовая кислота
3) фенолят натрия
4) ацетат меди (II)
5) диметилкетон
6) муравьиная кислота

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 4** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) диэтиловый эфир и кислород
Б) ацетат натрия и бромметан
В) ацетат натрия и серная кислота
Г) этилат натрия и хлорэтан

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) метилацетат
2) уксусная кислота
3) углекислый газ
4) диэтиловый эфир
5) этанол
6) этилен

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 5** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) метанол и аммиак
Б) уксусная кислота и гидроксид меди (II)
В) пропаналь и водород
Г) пропаналь и этанол (избыток)

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) метиламин
2) глицин
3) ацетат меди (II)
4) пропанол-1
5) 1,1-диэтоксипропан
6) пропанол-2

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 6** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) пропанон и PCl_5
 Б) пропанол и PCl_5
 В) уксусная кислота и PCl_5
 Г) уксусная кислота и ацетилен

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) этилацетат
 2) 1-хлорпропан
 3) 2,2-дихлорпропан
 4) хлористый ацетил
 5) винилацетат
 6) 2-хлорпропан

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 7** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) фенол и избыток бромной воды
 Б) этиленгликоль и гидроксид меди (II)
 В) этиленгликоль и PCl_5
 Г) глицерин и азотная кислота (избыток)

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) 1,2-дихлорэтан
 2) гликолят меди (II)
 3) тринитроглицерин
 4) ортобромфенол
 5) 2,4,6-трибромфенол
 6) глицерат меди (II)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 8** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) муравьиная кислота и аммиак
Б) метилат натрия и бромэтан
В) пропаналь и водород
Г) олеиновая кислота и водород

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) метилэтиловый эфир
2) пропанол-1
3) метиламин
4) стеариновая кислота
5) линоленовая кислота
6) формиат аммония

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 9** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) пропионат калия и бромметан
Б) фенол и азотная кислота (избыток)
В) уксусная кислота и хлор (эквивальное количество)
Г) глицерин и гидроксид меди (II)

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) метилпропионат
2) паранитрофенол
3) трихлоруксусная кислота
4) хлоруксусная кислота
5) пикриновая кислота
6) глицерат меди (II)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 10** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) метанол и оксид меди (II)
Б) пропаналь и водород
В) пропанол и муравьиная кислота
Г) пропанол и калий

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) формальдегид
2) пропанол-2
3) пропанол-1
4) пропилат калия
5) пропилформиат
6) пропионат калия

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 11** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) фенолят натрия и бромметан
Б) фенолят натрия и углекислый газ
В) глицерин и хлороводород (избыток)
Г) ацетон и водород

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) фенол
2) метилфениловый эфир
3) эпихлоргидрин
4) 1,2,3-трихлорпропан
5) пропанол-1
6) пропанол-2

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 12** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА

- А) бутаналь и PCl_5
Б) бутанол и PCl_5
В) бутанол и оксид меди (II)
Г) бутанон и водород

ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- 1) бутаналь
2) 1,1-дихлорбутан
3) 1-хлорбутан
4) бутанол-2
5) бутен-2
6) бутаноат меди (II)

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 13** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА

- А) бутанол-2 и SOCl_2
Б) этилат натрия и бромэтан
В) этиленгликоль и HCl (эквивалентное соотношение)
Г) глицерин и гидроксид меди (II)

ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- 1) 2-хлорбутан
2) этиленхлоргидрин
3) гликолят меди (II)
4) глицерат меди (II)
5) дибутиловый эфир
6) диэтиловый эфир

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 14** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА

- А) этанол и аммиак
Б) этанол и SOCl_2
В) этаналь и этанол (избыток)
Г) этанол и калий

ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- 1) этилкалий
2) этилат калия
3) хлорэтан
4) 1-этоксипропанол-1
5) 1,1-диэтоксипропан
6) этиламин

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 15** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА

- А) пропанон и PCl_5
Б) пропаналь и PCl_5
В) этанол и PCl_5
Г) бензальдегид и PCl_5

ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- 1) 1,2-дихлорпропан
2) 1,1-дихлорпропан
3) 2,2-дихлорпропан
4) 1-хлорэтан
5) бензелиденхлорид
6) 1,2-дихлорэтан

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 16** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) уксусная кислота и PCl_5
 Б) уксусная кислота и хлор (эквимольное количество)
 В) уксусная кислота и сода
 Г) уксусная кислота и метанол

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) ацетилхлорид
 2) хлоруксусная кислота
 3) ацетат натрия
 4) метилацетат
 5) трихлоруксусная кислота
 6) этилхлорацетат

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 17** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) этанол и ацетальдегид (эквимольное количество)
 Б) фенол и калий
 В) фенол и азотная кислота (избыток)
 Г) пропионовая кислота и сода

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) 1,1-диэтоксигетан
 2) 1-этоксигетанол-1
 3) фенолят калия
 4) 2,3-динитрофенол
 5) 2,4,6-тринитрофенол
 6) пропионат натрия

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 18** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) ацетальдегид и водород
Б) ацетальдегид и синильная кислота
В) ацетальдегид и PCl_5
Г) ацетальдегид и $\text{Cu}(\text{OH})_2$

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) этан
2) этанол
3) циангидрин
4) 1,1-дихлорэтан
5) этановая кислота
6) 1,2-дихлорэтан

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 19** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) изопропиловый спирт и PCl_5
Б) изопропиловый спирт и уксусная кислота
В) муравьиная кислота и сода
Г) муравьиная кислота и метанол

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) 2-хлорпропан
2) 1,2-дихлопропан
3) изопропилацетат
4) формиат натрия
5) метилформиат
6) диизопропиловый эфир

О т в е т:

А	Б	В	Г

- 20** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) фенол и гидроксид натрия
Б) фенол и азотная кислота (избыток)
В) этиленгликоль и хлороводород (эквивалентное количество)
Г) глицерин и хлороводород (избыток)

**ПРОДУКТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

- 1) фенолят натрия
2) фенолят натрия
3) этиленхлоргидрин
4) 3-хлорпропандиол-1,2
5) 1,2,3-трихлорпропан
6) пикриновая кислота

О т в е т:

А	Б	В	Г

Окислительно-восстановительные реакции

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: алюминий, нитрат калия, гидроксид калия, хлорид натрия, хлорид железа (III). Допустимо использование водных растворов веществ.

- 30.1** Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

- 31.1** Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: пероксид натрия, серная кислота, перманганат калия, карбонат натрия, хлорид калия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.2 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.2 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: хлорид натрия, серная кислота, оксид марганца (IV), хлорид серебра, нитрат серебра. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.3 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.3 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: хлорид натрия, серная кислота, перманганат калия, нитрат бария, нитрат калия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.4 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.4 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: нитрит калия, серная кислота, оксид марганца (IV), нитрат свинца, фосфат лития. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.5 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.5 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: гидроксид калия, хлор, бром, хлорид магния, фосфат магния. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.6 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.6 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: йодид калия, серная кислота, перманганат калия, нитрат свинца, фторид калия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.7 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.7 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: йодид калия, серная кислота, перманганат калия, нитрат серебра, фторид натрия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.8 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.8 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: йодид калия, дихромат калия, серная кислота, фторид натрия, нитрат кальция. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.9 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.9 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: углерод, дихромат калия, серная кислота, фосфат натрия, хлорид лития. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.10 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.10 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: сероуглерод, перманганат калия, гидроксид калия, хлорид марганца (II), нитрат натрия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.11 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.11 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: карбид кремния, гидроксид натрия, кислород, хлорид железа (II), сульфат калия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.12 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.12 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: оксид свинца (IV), азотная кислота, йодид калия, нитрат серебра, сульфид свинца (II). Допустимо использование водных растворов веществ.

30.13 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.13 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: нитрат марганца (II), оксид свинца (IV), азотная кислота, гидроксид калия, хлорид натрия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.14 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.14 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: нитрит натрия, перманганат калия, серная кислота, карбонат натрия, хлорид алюминия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.15 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.15 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: нитрит калия, перманганат калия, серная кислота, хлорид хрома (III), сульфид натрия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.16 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.16 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: нитрит калия, дихромат калия, серная кислота, карбонат калия, сульфат кальция. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.17 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.17 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: нитрит калия, йодид калия, серная кислота, сульфат свинца, нитрат свинца. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.18 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.18 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: нитрит калия, сульфат железа (II), серная кислота, азотная кислота, гидроксид натрия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.19 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.19 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: сероводород, хлор, фторид натрия, нитрат серебра, нитрат меди (II). Допустимо использование водных растворов веществ.

30.20 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.20 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: сероводород, перманганат калия, бромид натрия, йодид калия, нитрат свинца. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.21 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.21 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: сероводород, дихромат калия, серная кислота, хлорид стронция, сульфат натрия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.22 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.22 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: перманганат калия, сульфит натрия, серная кислота, фосфат натрия, гидроксид лития. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.23 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.23 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: перманганат калия, сульфит натрия, хлорид стронция, хлорид калия, гидроксид натрия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.24 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.24 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: перманганат калия, сульфит калия, гидроксид калия, хлорид железа (II), фторид кальция. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.25 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.25 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: дихромат калия, сульфит калия, серная кислота, фторид бария, нитрат бария. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.26 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.26 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: серная кислота, бромид калия, серебро, фторид серебра, йодид лития. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.27 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.27 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: серная кислота, йодид натрия, йодид свинца, нитрат свинца, хлорид кальция. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.28 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.28 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: селенит натрия, хлор, гидроксид натрия, хлорид магния, йодид калия. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.29 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.29 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ: оксид свинца (IV), соляная кислота, азотная кислота, гидроксид магния, фосфат кальция. Допустимо использование водных растворов веществ.

30.30 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать окислительно-восстановительная реакция. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель в этой реакции.

31.30 Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми может протекать реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения только одной из возможных реакций.

Реакции, подтверждающие взаимосвязь различных классов неорганических веществ

1 Натрий сплавляли с серой. Образовавшееся соединение обработали соляной кислотой, выделившийся газ нацело прореагировал с оксидом серы (IV). Образовавшееся вещество обработали концентрированной азотной кислотой. Напишите уравнения описанных реакций.

2 Натрий сожгли в избытке кислорода. Образовавшееся вещество обработали водой. Полученную смесь прокипятили, после чего в горячий раствор пропустили хлор. Напишите уравнения описанных реакций.

3 Калий нагрели в атмосфере азота. Полученное соединение обработали избытком соляной кислоты, после чего к образовавшейся смеси солей добавили суспензию гидроксида кальция и нагрели. Полученный газ

пропустили над раскаленным оксидом меди (II). Напишите уравнения описанных реакций.

4 Калий сожгли в атмосфере хлора, образовавшуюся соль обработали избытком водного раствора нитрата серебра. Выпавший осадок отфильтровали, фильтрат выпарили и осторожно нагрели. Образовавшуюся соль обработали водным раствором брома. Напишите уравнения описанных реакций.

5 Барий растворили в избытке соляной кислоты, к полученному раствору добавили избыток раствора сульфата натрия. Выпавший осадок отфильтровали и прокалили с углем. Образовавшийся газ пропустили над оксидом железа (III). Напишите уравнения описанных реакций.

6 Барий растворили в воде. К полученному раствору добавили сульфат калия, выпавший осадок отфильтровали, после чего через горячий фильтрат пропустили газообразный хлор. Реакционную массу выпарили, а затем прокалили до образования одной соли. Напишите уравнения описанных реакций.

7 Алюминий растворили в соляной кислоте. К полученному раствору добавили избыток раствора карбоната калия. Выпавший осадок растворили в избытке раствора едкого калия, а выделившийся газ пропустили над раскаленным углем. Напишите уравнения описанных реакций.

8 Алюминий растворили в водном растворе горячего гидроксида натрия. К полученному раствору добавили по каплям разбавленную соляную кислоту до прекращения выделения осадка. Выделившийся в первой реакции газ пропустили над раскаленным оксидом меди (II). Полученное простое вещество растворили в разбавленной азотной кислоте. Напишите уравнения описанных реакций.

- 9** Углерод сожгли в недостатке кислорода, образовавшийся газ пропустили над оксидом меди (II). Полученное простое вещество сплавляли с серой, а продукт этой реакции сожгли в кислороде. Напишите уравнения описанных реакций.
- 10** Кремний сожгли в кислороде. Продукт реакции сплавляли с карбонатом натрия, образовавшееся вещество обрабатывали избытком соляной кислоты при нагревании. Осадок отфильтровали, а к фильтрату добавили раствор нитрата серебра. Напишите уравнения описанных реакций.
- 11** Газ, образовавшийся при взаимодействии азота и водорода, разделили на две части. Первую пропустили над раскаленным оксидом меди (II), вторую сожгли в кислороде в присутствии катализатора. Образовавшийся газ в избытке кислорода превратился в газ другого цвета. Напишите уравнения описанных реакций.
- 12** Разбавленная азотная кислота прореагировала с магнием с выделением бесцветного газа. В его атмосфере сожгли графит с образованием простого и сложного веществ. Простое вещество при нагревании вступило в реакцию с кальцием, а сложное прореагировало с избытком раствора гидроксида натрия. Напишите уравнения описанных реакций.
- 13** Аммиак поглощали азотной кислотой, полученную соль нагрели до образования только двух оксидов. Один из них прореагировал с натрием, а второй при высокой температуре прореагировал с медью. Напишите уравнения описанных реакций.
- 14** Оксид азота (II) доокислили кислородом. Продукт реакции поглощали раствором гидроксида калия, через полученный раствор пропускали кислород до тех пор, пока в нем не образовалась только одна соль. Напишите уравнения описанных реакций.

- 15** Фосфат кальция прокалили с песком и углем. Полученное простое вещество сожгли в кислороде, продукт реакции растворили в воде и нейтрализовали гидроксидом натрия. Напишите уравнения описанных реакций.
- 16** Фосфор сожгли в избытке кислорода, а образовавшееся вещество сплавляли с оксидом натрия. Полученную соль разделили на две части: первую ввели в реакцию с хлоридом кальция, а вторую — с нитратом серебра. Напишите уравнения описанных реакций.
- 17** Железо сплавляли с серой, полученную соль обрабатывали разбавленной серной кислотой. Выделившийся газ сожгли в избытке кислорода, а образовавшееся соединение поглотили раствором гидроксида калия. Напишите уравнения описанных реакций.
- 18** Серу сплавляли с алюминием, полученную соль растворили в воде. Выпавший осадок растворили в избытке гидроксида калия, а газ сожгли в избытке кислорода. Напишите уравнения описанных реакций.
- 19** Серу растворили в кипящем растворе гидроксида натрия. К полученному раствору добавили хлорид цинка, выпавший осадок отфильтровали и сожгли в кислороде. Образовавшийся при этом газ прореагировал с сероводородом. Напишите уравнения описанных реакций.
- 20** Оксид серы (IV) окислили кислородом в присутствии катализатора. Образовавшееся вещество поглотили избытком гидроксида натрия, а к полученному раствору добавили раствор хлорида бария. Выпавший осадок отфильтровали и прокалили с коксом. Напишите уравнения описанных реакций.
- 21** Железо сожгли в атмосфере хлора. Полученную соль растворили в воде и добавили к ней раствор йодида калия. Выпавший осадок простого вещества отделили и разделили на две части. Первую обработали

разбавленной азотной кислотой, а вторую нагрели в атмосфере водорода. Напишите уравнения описанных реакций.

22 Железо растворили в соляной кислоте, к полученному раствору добавили гидроксид натрия до прекращения выделения осадка. В полученную реакционную массу вначале пропустили кислород, а затем добавили избыток йодоводородной кислоты до прекращения выделения осадка. Напишите уравнения описанных реакций.

23 Цинк растворили в растворе гидроксида калия. Выделившийся газ прореагировал с литием, а к полученному раствору по каплям добавляли соляную кислоту до прекращения выделения осадка. Его отфильтровали и прокалили. Напишите уравнения описанных реакций.

24 Перманганат калия обработали избытком раствора соляной кислоты, образовался раствор, и выделился газ. Раствор разделили на две части: к первой добавили гидроксид калия, а ко второй — нитрат серебра. Выделившийся газ прореагировал с раствором гидроксида калия при охлаждении. Напишите уравнения описанных реакций.

25 Осадок, полученный при взаимодействии растворов сульфата железа (III) и нитрата бария, отфильтровали. Фильтрат обработали избытком едкого натра. Выпавший осадок отделили и прокалили. Полученное вещество обработали избытком раствора соляной кислоты. Напишите уравнения описанных реакций.

26 Литий сплавляли с серой. Полученную соль обработали разбавленной соляной кислотой, при этом выделился газ с запахом тухлых яиц. Этот газ сожгли в избытке кислорода, при этом выделился газ с характерным резким запахом. При пропускании этого газа в избыток гидроксида натрия образовалась средняя соль. Напишите уравнения описанных реакций.

27 Нитрат калия подвергли термическому разложению. Выделившийся газ на свету пропустили через насыщенный раствор сероводорода в воде. Выпавшее вещество желтого цвета сплавляли с железом, а полученную соль обрабатывали разбавленной соляной кислотой. Напишите уравнения описанных реакций.

28 Расплав хлорида натрия подвергли электролизу. Газ, выделившийся на аноде, прореагировал с водородом с образованием нового газообразного вещества с характерным резким запахом. Его растворили в воде и обработали расчетным количеством перманганата калия, при этом образовался газ желто-зеленого цвета. Это вещество вступает при охлаждении в реакцию с гидроксидом натрия. Напишите уравнения описанных реакций.

29 Нитрат натрия сплавляли с оксидом хрома в присутствии карбоната натрия. Выделившийся при этом газ прореагировал с избытком раствора гидроксида бария с выпадением осадка белого цвета. Осадок растворили в избытке раствора соляной кислоты и в полученный раствор добавили нитрат серебра до прекращения выделения осадка. Напишите уравнения описанных реакций.

30 Литий прореагировал с водородом. Продукт реакции растворили в воде, при этом образовался газ, реагирующий с бромом, а полученный раствор при нагревании прореагировал с хлором с образованием смеси двух солей. Напишите уравнения описанных реакций.

31 Натрий сожгли на воздухе. Образовавшееся при этом твердое вещество поглощает углекислый газ с выделением кислорода и выделением соли. Последнюю соль растворили в соляной кислоте, а к полученному при этом раствору добавили раствор нитрата серебра. При этом выпал белый творожистый осадок. Напишите уравнения описанных реакций.

- 32** Калий сплавляли с серой. Полученную соль обрабатывали соляной кислотой. Выделившийся при этом газ пропустили через раствор бихромата калия в серной кислоте. Выпавшее вещество желтого цвета отфильтровали и сплавляли с алюминием. Напишите уравнения описанных реакций.
- 33** Магний растворили в разбавленной азотной кислоте. К полученному раствору последовательно добавили гидроксид натрия, бромоводородную кислоту, фосфат натрия. Напишите уравнения описанных реакций.
- 34** Кальций сожгли в атмосфере азота. Полученную соль разложили кипящей водой. Выделившийся газ сожгли в кислороде в присутствии катализатора, а к суспензии прибавили раствор соляной кислоты. Напишите уравнения описанных реакций.
- 35** Барий растворили в разбавленной азотной кислоте, при этом выделился бесцветный газ — несолеобразующий оксид. Полученный раствор разделили на три части. Первую — выпарили досуха, полученный осадок прокалили. Ко второй части прилили раствор сульфата натрия до прекращения выделения осадка; к третьей добавили раствор карбоната натрия. Напишите уравнения описанных реакций.
- 36** Алюминий вступил в реакцию с Fe_3O_4 . Полученную смесь веществ растворили в концентрированном растворе гидроксида натрия и отфильтровали. Твердое вещество сожгли в атмосфере хлора, а фильтрат обработали концентрированным раствором хлорида алюминия. Напишите уравнения описанных реакций.
- 37** Сульфат бария сплавляли с коксом. Твердый остаток растворили в соляной кислоте, выделившийся газ вступил в реакцию с оксидом серы (IV), а раствор — с сульфитом натрия. Напишите уравнения описанных реакций.

38 Кремний растворили в концентрированном растворе гидроксида натрия. Через полученный раствор пропустили углекислый газ. Выпавший осадок отфильтровали, высушили и разделили на две части. Первую растворили в плавиковой кислоте, вторую сплавляли с магнием. Напишите уравнения описанных реакций.

39 Азот при нагревании на катализаторе прореагировал с водородом. Полученный газ поглотили раствором азотной кислоты, выпарили досуха и полученное кристаллическое вещество разделили на две части. Первую разложили при температуре 190–240 °С, при этом образовался только один газ и водяные пары. Вторую часть нагрели с концентрированным раствором едкого натра. Напишите уравнения описанных реакций.

40 Красный фосфор окислили кипящей азотной кислотой. Выделившийся при этом газ поглотили раствором гидроксида калия. Продукт окисления в первой реакции нейтрализовали гидроксидом натрия, а к образовавшейся реакционной массе по каплям добавили раствор хлорида кальция до прекращения выделения осадка. Напишите уравнения описанных реакций.

41 Кислород подвергли воздействию электроразряда в озонаторе. Полученный газ пропустили через водный раствор йодида калия, при этом выделился новый газ без цвета и запаха, поддерживающий горение и дыхание. В атмосфере последнего газа сожгли натрий, а полученное при этом твердое вещество прореагировало с углекислым газом. Напишите уравнения описанных реакций.

42 Концентрированная серная кислота прореагировала с медью. Выделившийся при этом газ полностью поглотили избытком раствора гидроксида калия. Продукт окисления меди смешали с расчетным количеством гидроксида натрия до прекращения выделения осадка. Последний растворили в избытке соляной кислоты. Напишите уравнения описанных реакций.

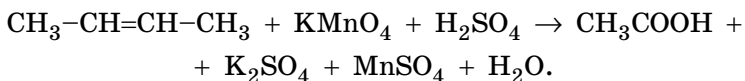
43 Хром сожгли в атмосфере хлора. К образовавшейся соли добавили по каплям гидроксид калия до прекращения выделения осадка. Полученный осадок окислили перекисью водорода в среде едкого калия и упарили. К полученному твердому остатку добавили избыток горячего раствора концентрированной соляной кислоты. Напишите уравнения описанных реакций.

44 Перманганат калия обработали концентрированной горячей соляной кислотой. Выделившийся при этом газ собрали, а к реакционной массе по каплям прибавили раствор гидроксида калия до прекращения выделения осадка. Собранный газ пропустили через горячий раствор гидроксида калия, при этом образовалась смесь двух солей. Раствор выпарили, твердый остаток прокалили в присутствии катализатора, после чего в твердом остатке осталась одна соль. Напишите уравнения описанных реакций.

Окислительно-восстановительные реакции с участием органических веществ

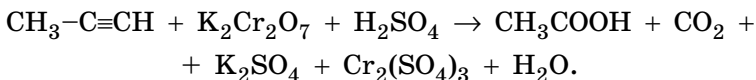
1 Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции.

Укажите окислитель и восстановитель.



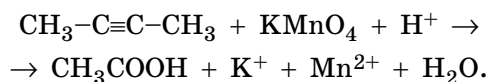
2 Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции.

Укажите окислитель и восстановитель.



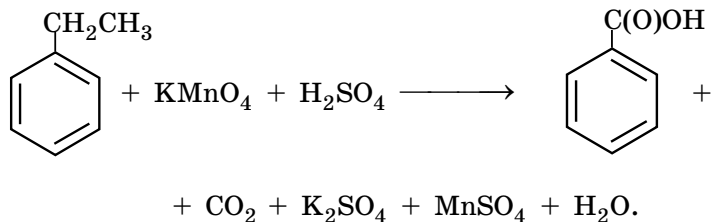
3 Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции.

Укажите окислитель и восстановитель.



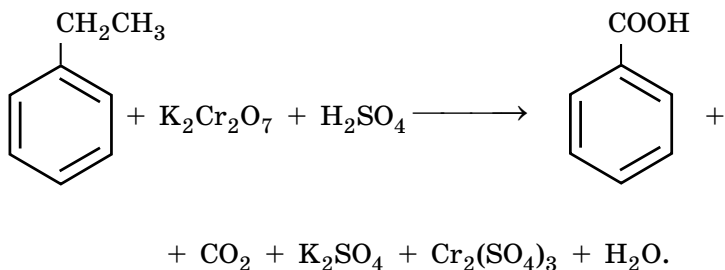
- 4** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции.

Укажите окислитель и восстановитель.



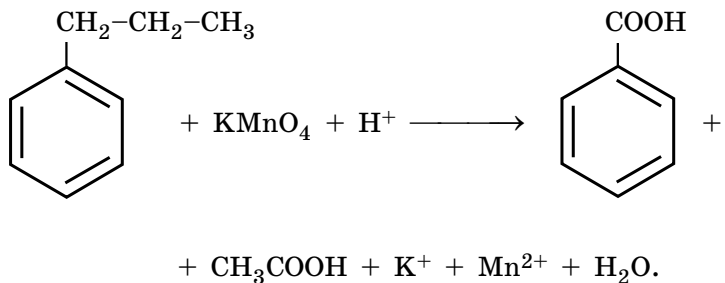
- 5** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции.

Укажите окислитель и восстановитель.



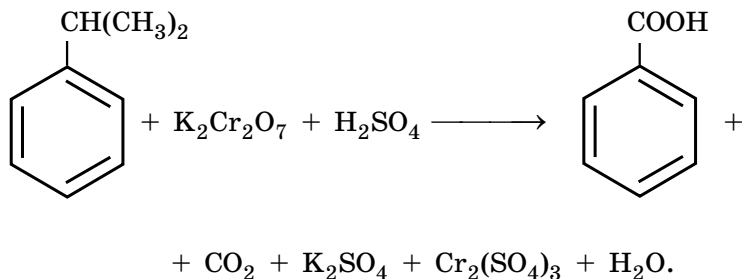
- 6** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции.

Укажите окислитель и восстановитель.



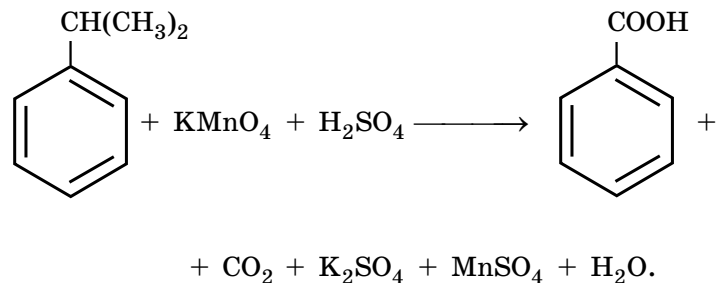
- 7** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции.

Укажите окислитель и восстановитель.



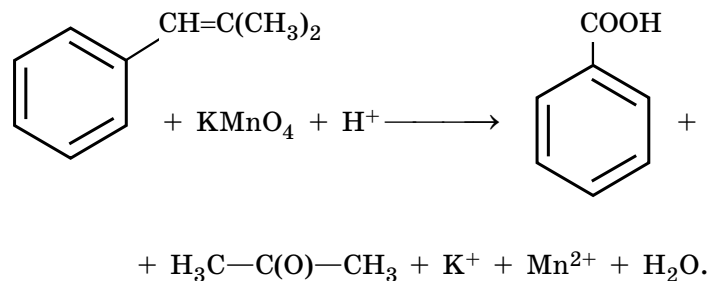
- 8** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции.

Укажите окислитель и восстановитель.

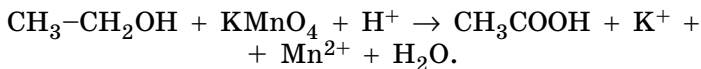


- 9** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции.

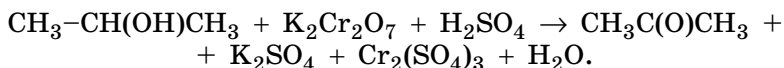
Укажите окислитель и восстановитель.



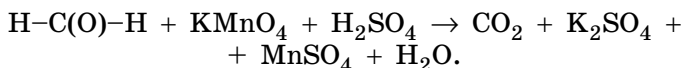
- 10** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель.



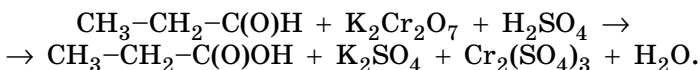
- 11** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель.



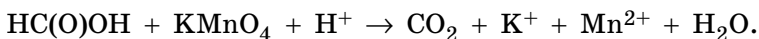
- 12** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель.



- 13** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель.



- 14** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель.



ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Качественные реакции

В таблицах 1 и 2 приведены качественные реакции на неорганические ионы и функциональные группы органических соединений.

Качественные реакции, используемые для определения отдельных классов органических соединений, приведены в таблице 2.

Таблица 1

Качественные реакции, используемые для определения некоторых катионов и анионов

Ион	Реактив	Уравнение реакции	Признак реакции
H^+	Кислотно-основные индикаторы		Изменение окраски индикатора
Ag^+	Cl^-	$Ag^+ + Cl^- = AgCl \downarrow$	Белый осадок
Cu^{2+}	OH^- S^{2-}	$Cu^{2+} + 2OH^- = Cu(OH)_2 \downarrow$ $Cu^{2+} + S^{2-} = CuS \downarrow$	Синий осадок. Черный осадок

Fe^{2+}	OH^- Красная кровавая соль $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$	Белый хлопьевидный осадок, зеленеет на воздухе. Темно-синий коллоидный осадок (турунбулева синь)
Fe^{3+}	OH^- Желтая кровавая соль $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$	Белый осадок. Темно-синий коллоидный осадок (берлинская лазурь)
Zn^{2+}	OH^- S^{2-}	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow$ $\text{Zn}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{ZnS} \downarrow$	Белый осадок, в избытке щелочи растворяется. Белый осадок
Al^{3+}	OH^-	$\text{Al}^{3+} + \text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$	Серый осадок, в избытке щелочи растворяется
NH_4^+	OH^-	$\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$	Запах аммиака, изменение цвета индикаторной бумаги в парах
Ba^{2+}	SO_4^{2-}	$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow$	Белый осадок. Окрашивание пламени в желто- зеленый цвет

Ион	Реактив	Уравнение реакции	Признак реакции
Ca^{2+}	CO_3^{2-}	$\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow$	Белый осадок. Окрасивание пламени в кирпично-красный цвет
Cl^-	Ag^+ H_2SO_4	$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$ $\text{Cl}^- + \text{H}^+ = \text{HCl} \uparrow$	Белый осадок. Выделение бесцветного газа с резким запахом, изменение окраски индикаторной бумаги в парах
Br^-	Ag^+ H_2SO_4	$\text{Ag}^+ + \text{Br}^- = \text{AgBr} \downarrow$ $\text{Br}^- + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 \uparrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$	Желтоватый осадок. Выделение SO_2 (характерный резкий запах) и бурых паров Br_2
I^-	Ag^+ H_2SO_4	$\text{Ag}^+ + \text{I}^- = \text{AgI} \downarrow$ $\text{I}^- + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$	Желтый осадок. Выделение H_2S (характерный запах) и бурно-фиолетового I_2
SO_3^{2-}	H^+	$\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{SO}_3 = \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$	Выделение SO_2 , характерный резкий запах, обесцвечивание раствора фуксина и фиолетовых чернил
SO_4^{2-}	Ba^{2+}	$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow$	Белый осадок
CO_3^{2-}	H^+	$\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$	Выделение бесцветного газа, не имеющего запаха, вызывающего помутнение известковой воды

NO_3^-	H_2SO_4 (конц.), Cu	$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cu} \rightarrow$ $\rightarrow \text{NO}_2\uparrow + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	Бурый газ
CH_3COO^-	H_2SO_4	$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ =$ $= \text{CH}_3\text{COOH}$	Запах уксусной кислоты
PO_4^{3-}	Ag^+	$3\text{Ag}^+ + \text{PO}_4^{3-} = \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow$	Желтый осадок
OH^-	Кислотно-основные индикаторы		Изменение окраски индикатора

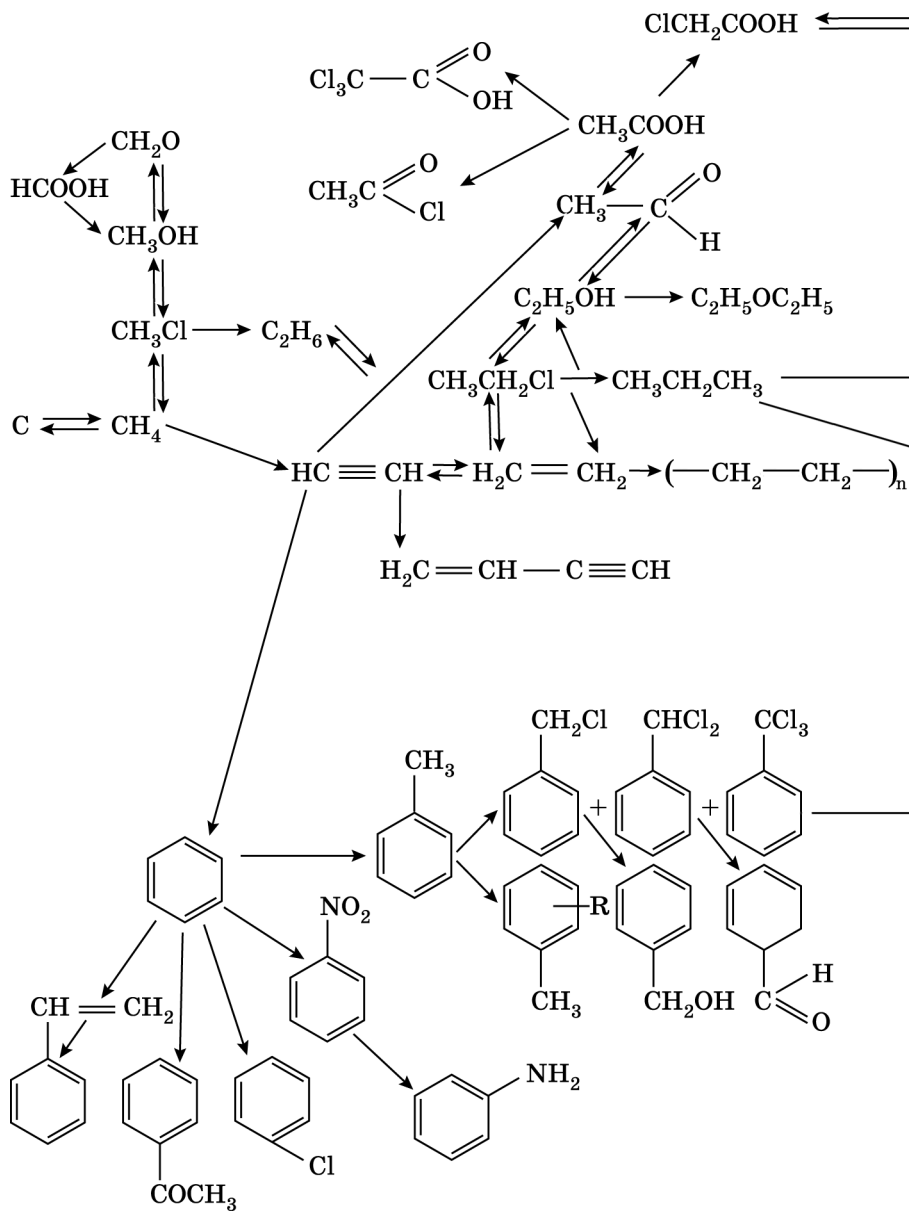
Таблица 2

Качественные реакции определения органических веществ

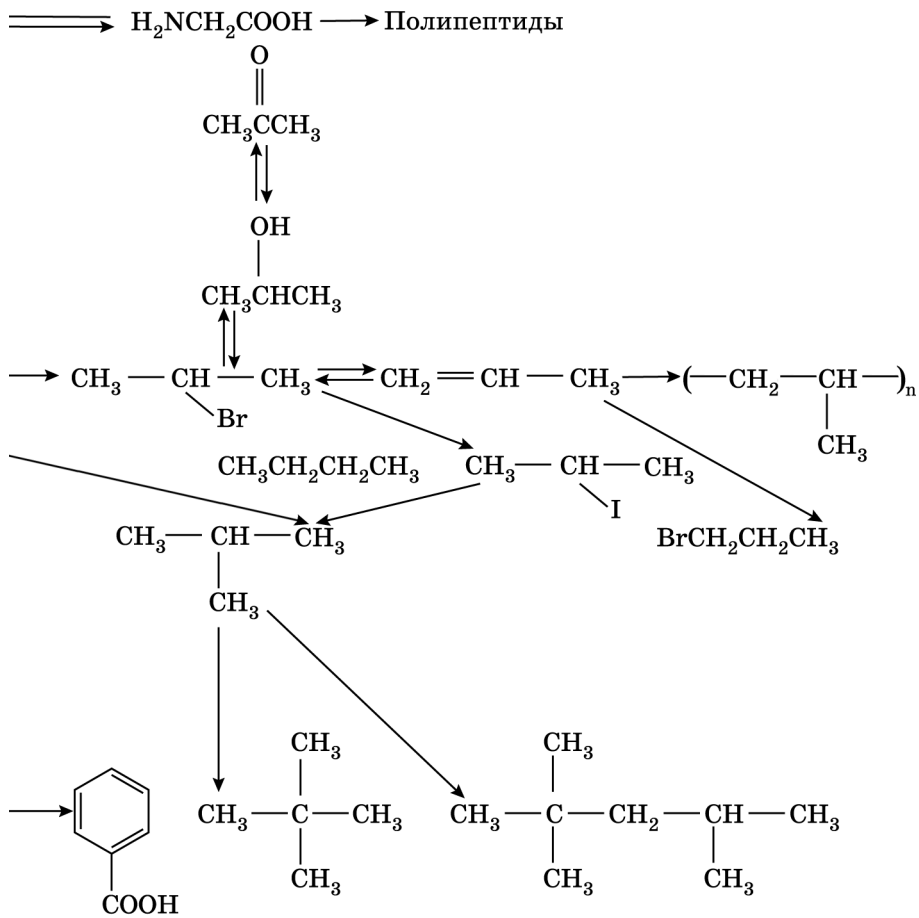
Класс веществ	Реактив	Уравнение реакции	Признак реакции
Алкены	KMnO_4 (водн. раствор) Br_2 (водн. раствор)	$\begin{aligned} &>\text{C}=\text{C}< + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \\ &\rightarrow >\text{C}(\text{OH})-\text{C}(\text{OH})< + \text{MnO}_2 \\ &>\text{C}=\text{C}< + \text{Br}_2 \rightarrow \\ &\rightarrow >\text{CBr}-\text{CBr}< \end{aligned}$	Обесцвечивание Обесцвечивание
Алкины	Br_2 (водн. раствор) CuCl (аммиачный раствор)	$\begin{aligned} &\text{C}\equiv\text{C}- + \text{Br}_2 \rightarrow \\ &\rightarrow >\text{CBr}=\text{CBr}< \\ &-\text{C}\equiv\text{C}- + \text{CuCl} + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \\ &\rightarrow \text{Cu}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Cu} \end{aligned}$	Обесцвечивание. Красный осадок
Алифатические спирты: одноатомные	CuO	$\begin{aligned} &\text{RON} + \text{CuO} \rightarrow \\ &\rightarrow \text{RC(O)N} + \text{Cu}_2\text{O}\downarrow \end{aligned}$	Осадок кирпичного цвета, запах альдегида
многоатомные	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ (в щелочном растворе)	Комплексообразование	Ярко-синий раствор (глицерат или гликолят меди (II))

Фенол	Br_2 (водн. раствор) FeCl_3	Нет реакций $\text{Cu}(\text{OH})_2$	Белый осадок. Фиолетовый раствор
Альдегиды	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ (свежеприготовленный, в щелочном растворе) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ (Ag_2O в аммиачном растворе)	$\text{RC}(\text{O})\text{H} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{RCOOH} + \text{Cu}_2\text{O} \downarrow$ $\text{RC}(\text{O})\text{H} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{RCOOH} + 2\text{Ag} \downarrow$	Осадок кирпичного цвета «Серебряное зеркало» (при нарушении техники опыта — коллоидный раствор Ag)
Углеводы глюкоза	Свежеосажденный $\text{Cu}(\text{OH})_2$ в щелочном растворе $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ (Ag_2O в аммиачном растворе)	Комплексообразование $\text{RC}(\text{O})\text{H} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{RCOOH} + 2\text{Ag} \downarrow$	Сине-голубой раствор глюконата меди «Серебряное зеркало»
Крахмал	I_2 (водн. раствор)		Синее (фиолетовое) окрашивание
Анилин	Br_2 (водн. раствор)		Белый осадок

Гомологическая связь между классами



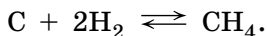
органических соединений



Все классы органических соединений связаны между собой и способны к взаимным переходам. При этом из неорганических веществ можно получить органические и наоборот.

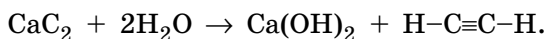
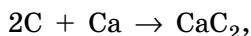
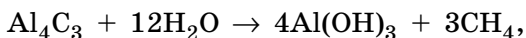
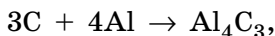
Рассмотрим эти превращения на простейших примерах.

Переход от углерода к органическим соединениям класса углеводородов возможен несколькими путями. Например, прямой синтез метана из неорганических веществ:



Эта реакция протекает при повышенном давлении, температуре 600 °С, на платиновом катализаторе. Обратная реакция разложения метана идет при 1000 °С.

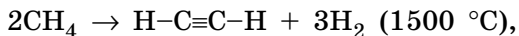
Углеводороды можно получить и через стадии соответствующих карбидов металлов. Последние делят на метаниды (карбиды бериллия и алюминия, при их гидролизе образуется метан) и ацетелиниды (карбиды кальция, калия, цинка, серебра, меди, при их гидролизе образуется ацетилен):



Особое направление гидролиза у карбида магния, при этом образуется пропин:



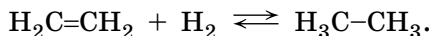
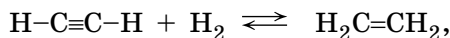
Из метана можно получить углеводороды класса алкенов и алкинов:



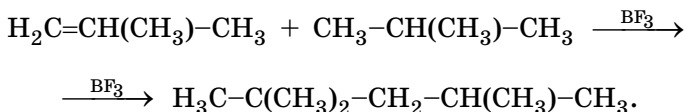
Каталитическое окисление бутана приводит к уксусной кислоте:



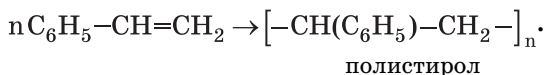
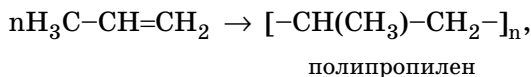
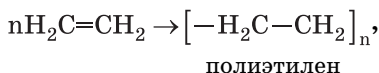
Предельные и непредельные углеводороды способны к взаимному переходу:



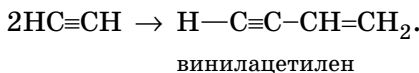
Предельные углеводороды способны реагировать с непредельными. Так, взаимодействие изобутана с 2-метилпропеном приводит к 2,2,4-триметилпентану (изооктану). Реакция протекает в присутствии фторида бора или концентрированной серной кислоты:



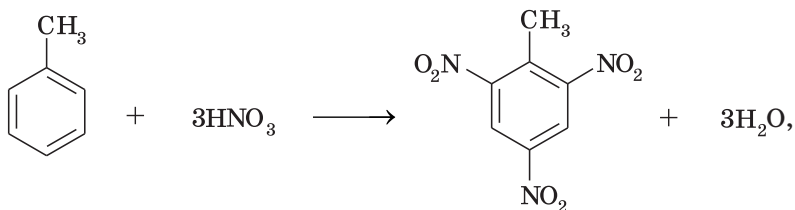
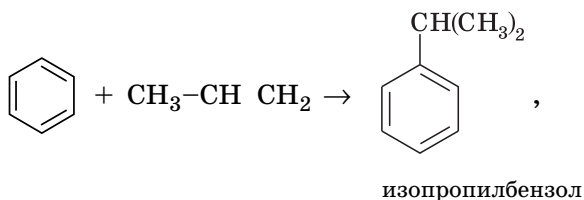
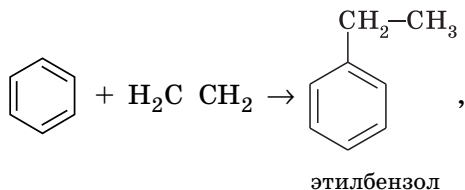
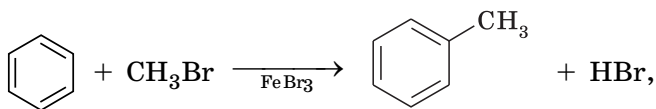
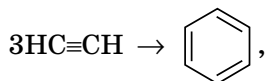
Полимеризация непредельных углеводородов дает различные полимеры:

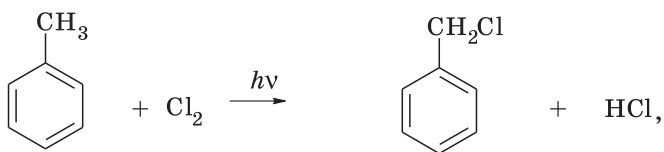
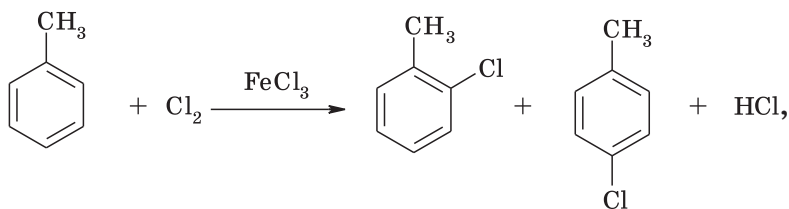


Из ацетиленов возможно получение винилацетилена — соединения, содержащего в себе одновременно двойные и тройные связи. Эта реакция проходит в подкисленном водном растворе в присутствии хлорида аммония и хлорида меди (I):

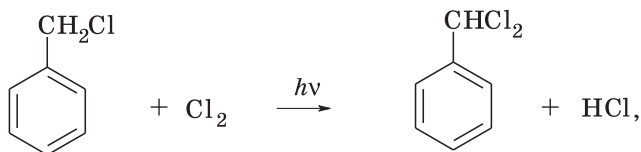


Из ацетилена также возможно получение ароматического углеводорода — бензола, затем — его гомологов: толуола, этилбензола, изопропилбензола и далее — многочисленных функциональных производных:

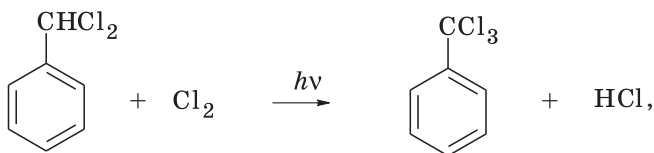




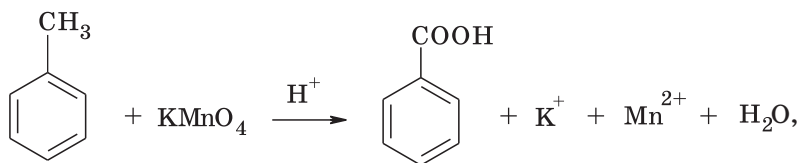
хлористый бензил



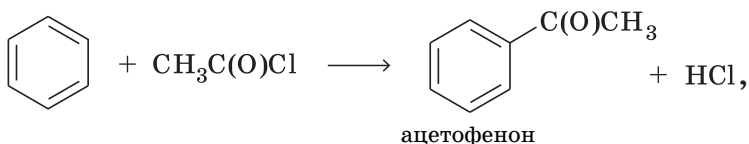
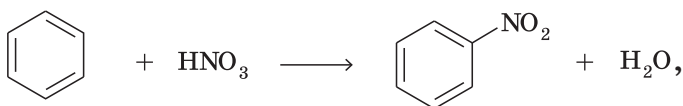
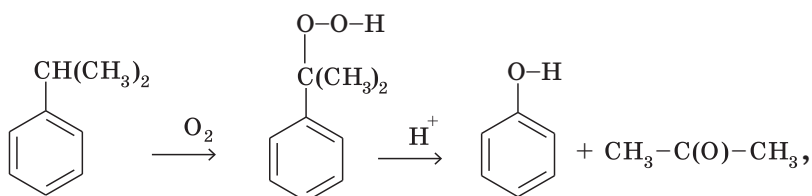
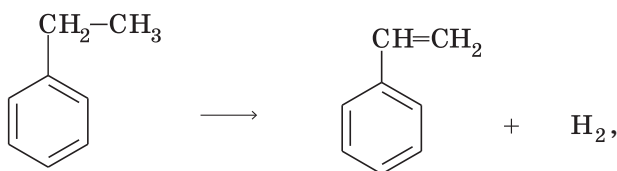
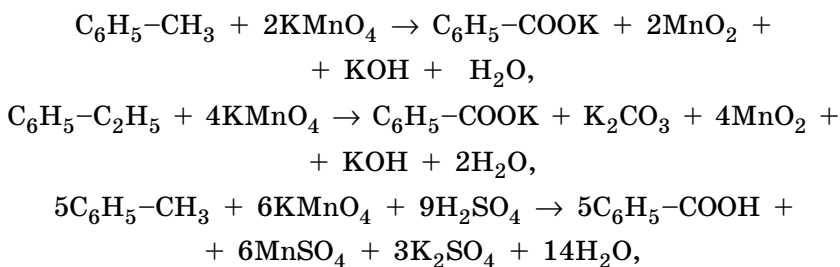
бензелиденхлорид

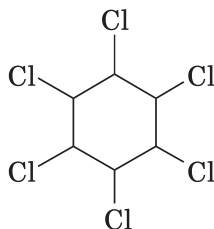
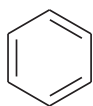


трихлорметилбензол



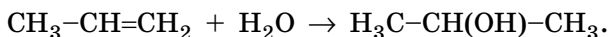
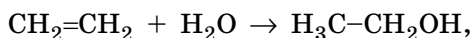
бензойная кислота



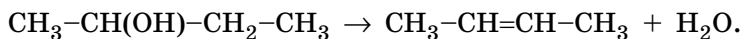
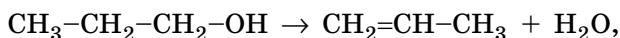


гексахлорциклогексан

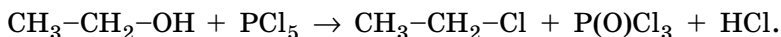
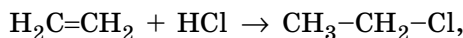
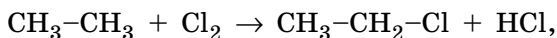
Из алкенов возможно обратимое получение спиртов. Реакция катализируется минеральными кислотами (серной или фосфорной):



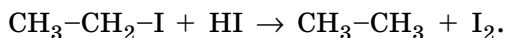
Обратная реакция получения алкенов идет в присутствии концентрированной серной кислоты при температуре выше 150°C или катализе хлоридом цинка. Реакция идет по правилу Зайцева:



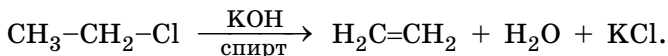
Галоидные алкилы можно получать различными способами: прямым галогенированием алканов, гидрогалогенированием алкенов, реакцией спиртов с галогенидами фосфора или галогенводородами:



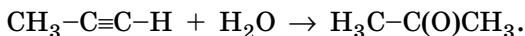
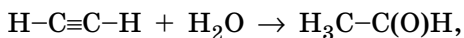
Восстановление йодистого алкила йодоводородом приводит к алкану:



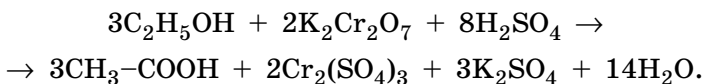
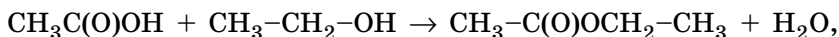
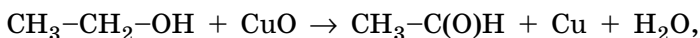
Дегидрогалогенирование галоидных алкилов приводит к алкенам:



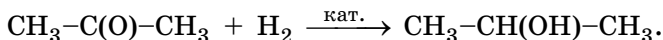
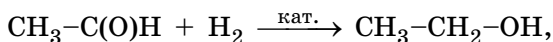
Из алкинов возможно получение альдегидов и кетонов:



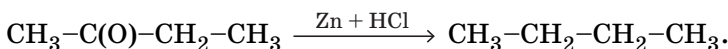
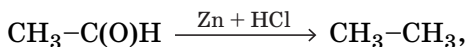
Спирты, альдегиды, карбоновые кислоты и сложные эфиры способны к взаимному переходу:



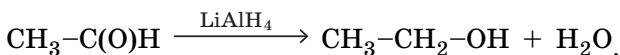
Восстановление альдегидов и кетонов водородом протекает в присутствии в качестве катализаторов никеля Ренея (скелетного никеля), платины, палладия и других катализаторов. При этом альдегиды восстанавливаются в первичные спирты, кетоны — во вторичные:

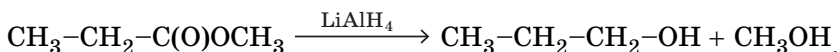


Реакция альдегидов или кетонов с амальгамированным цинком и концентрированной соляной кислотой (восстановление по Клеменсену) приводит к алканам:

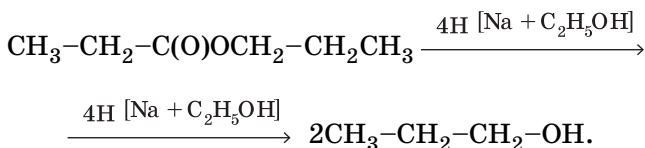
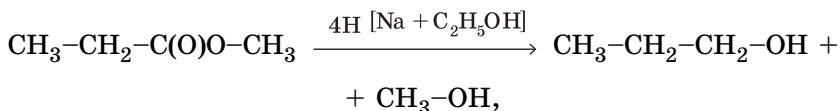


Карбоновые кислоты и сложные эфиры восстанавливаются в спирты под действием алюмогидрида лития:

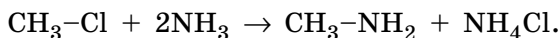
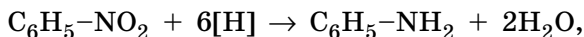




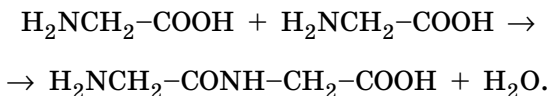
Другой вариант проведения этой реакции — восстановление сложных эфиров карбоновых кислот избытком натрия в этаноле. При этом, в зависимости от строения сложного эфира, образуется или смесь спиртов, или один спирт:



Амины можно получить восстановлением нитросоединений или алкилированием аммиака галоидными алкилами:



И наконец, из карбоновых кислот возможно получение аминокислот, далее пептидов и белков:



Все органические вещества горят в избытке кислорода. При этом образуются углекислый газ, вода, а в случае наличия в молекуле органического вещества гетероатомов — продукты его окисления.

Таким образом, практически все органические соединения способны к взаимным превращениям.

ОТВЕТЫ НА ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот)

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	5243	11	4544
2	2553	12	5444
3	1115	13	5445
4	5234	14	2421
5	5221	15	4342
6	4452	16	2442
7	2113	17	5444
8	3155	18	2122
9	5215	19	1424
10	1513	20	4454

Гидролиз солей. Среда водных растворов: кислая, нейтральная, щелочная

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	1234	5	2314
2	3334	6	1332
3	3121	7	2433
4	2233	8	2443

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
9	1122	20	4422
10	2142	21	3142
11	2223	22	1134
12	3332	23	4341
13	1222	24	3412
14	1122	25	2422
15	1132	26	2233
16	2341	27	1122
17	3143	28	2322
18	1331	29	4242
19	3341	30	3422

**Характерные химические свойства
неорганических веществ**

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	2435	9	2513
2	1432	10	2154
3	4512	11	2134
4	3145	12	2241
5	3421	13	3124
6	1245	14	3521
7	4125	15	1523
8	3512	16	4112

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
17	2415	34	2143
18	4213	35	2151
19	3251	36	3142
20	3251	37	5512
21	2134	38	2513
22	1532	39	4235
23	1425	40	5123
24	3125	41	4153
25	1322	42	1524
26	4231	43	4123
27	5123	44	4213
28	2431	45	3135
29	2235	46	1253
30	3251	47	3513
31	1233	48	3431
32	4123	49	2115
33	2314	50	4321

**Качественные реакции на неорганические
вещества и ионы.
Качественные реакции органических соединений**

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	1221	3	2333
2	4441	4	1135

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
5	3231	13	1342
6	2451	14	5134
7	4231	15	5314
8	4312	16	1253
9	4145	17	5324
10	2342	18	2341
11	3244	19	4421
12	5323	20	4521

Характерные химические свойства углеводов:
алканов, циклоалканов, алкенов, диенов, алкинов,
ароматических углеводов (бензола и толуола).
Ионный (правило В. В. Марковникова) и радикальный
механизмы реакций в органической химии

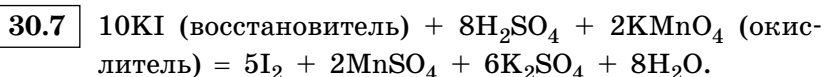
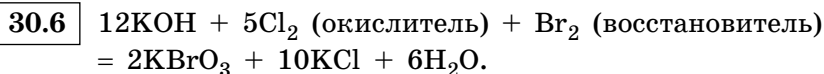
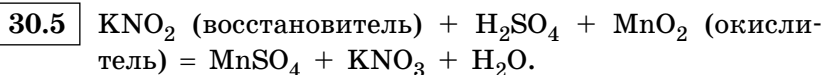
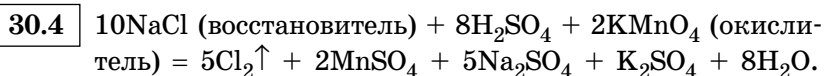
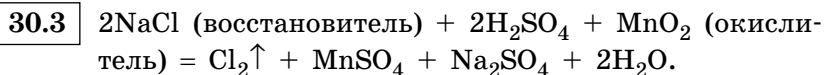
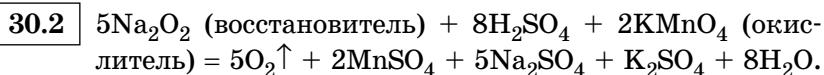
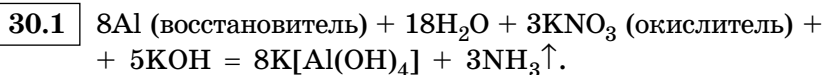
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	5263	11	3462
2	6345	12	1165
3	3254	13	5346
4	2345	14	3462
5	5124	15	2365
6	2543	16	5246
7	2233	17	2134
8	1433	18	2234
9	2431	19	1346
10	3155	20	2546

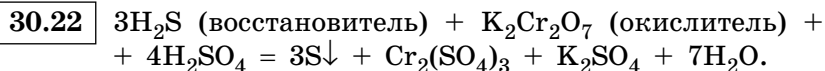
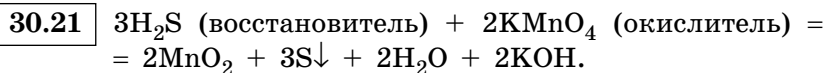
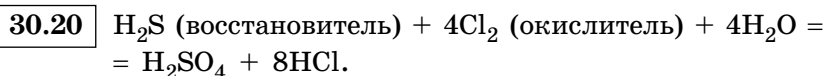
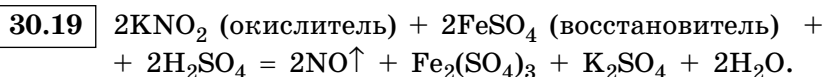
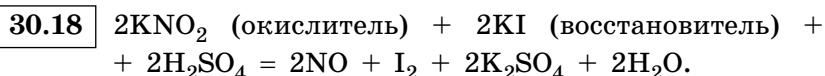
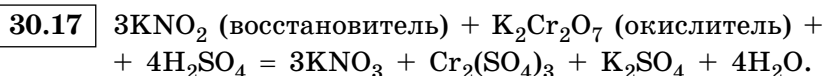
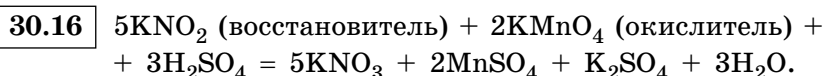
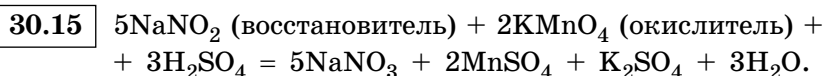
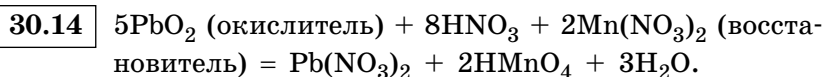
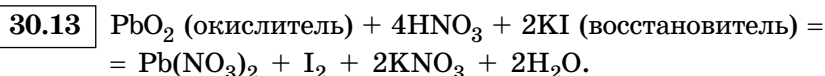
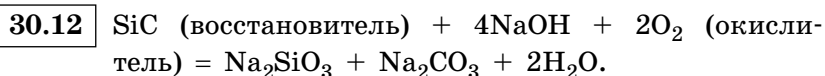
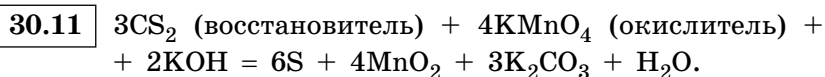
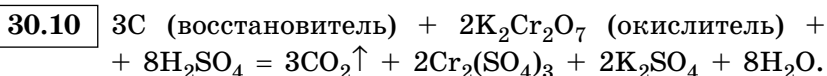
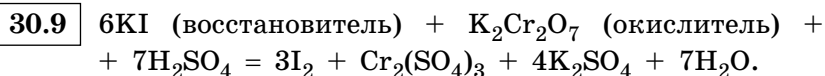
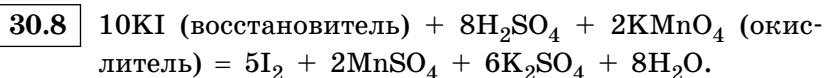
**Характерные химические свойства предельных
одноатомных и многоатомных спиртов, фенола,
альдегидов, предельных карбоновых кислот,
сложных эфиров**

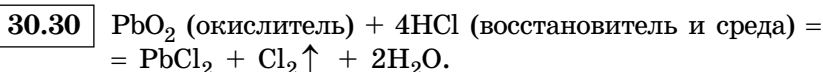
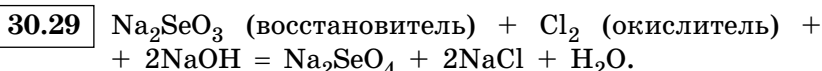
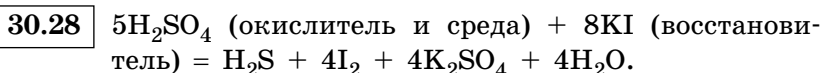
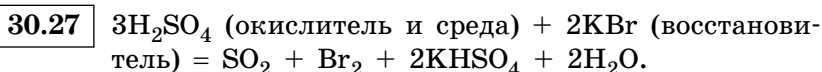
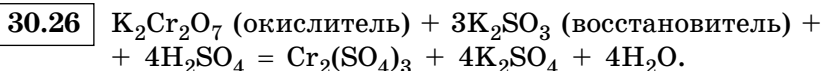
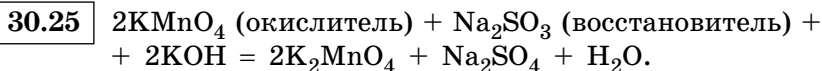
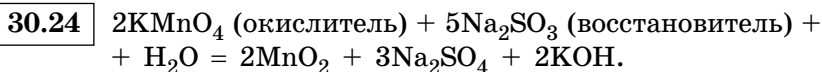
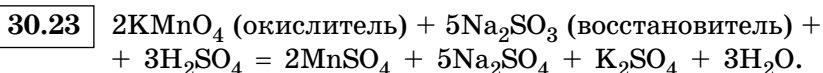
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	1436	11	2146
2	1356	12	2314
3	5231	13	1624
4	3124	14	6352
5	1345	15	3245
6	3245	16	1234
7	5213	17	2356
8	6124	18	2345
9	1546	19	1345
10	1354	20	2635

Окислительно-восстановительные реакции

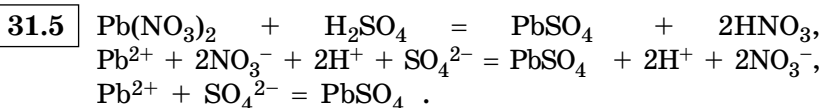
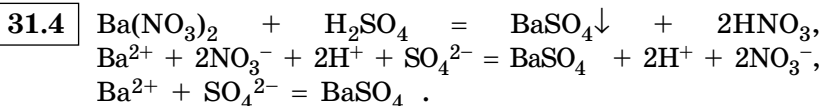
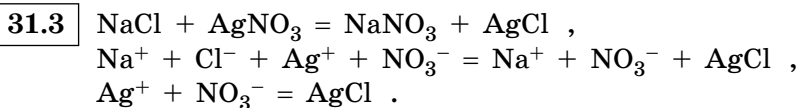
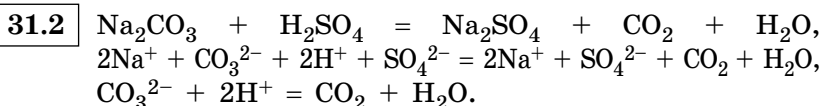
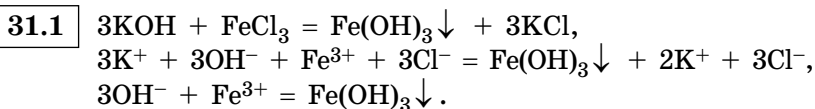
Задание 30

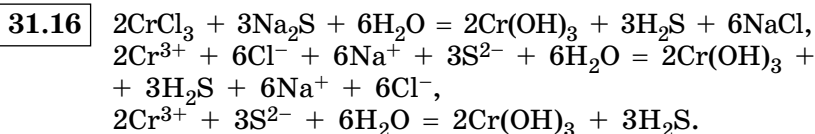
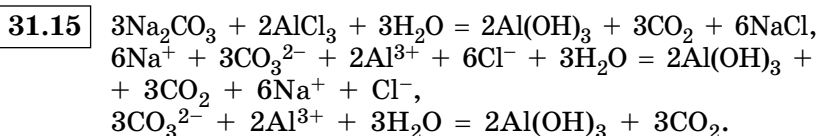
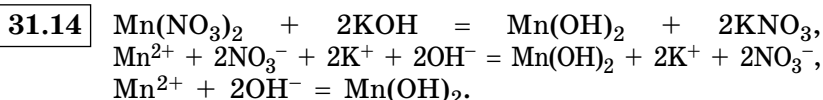
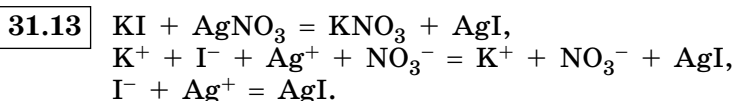
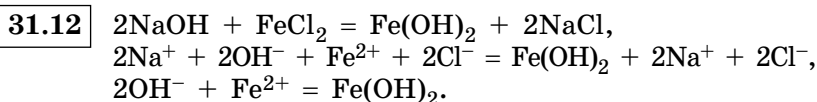
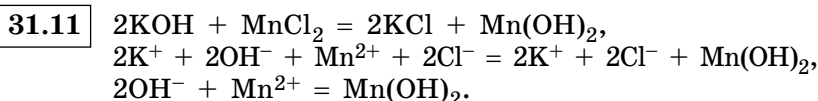
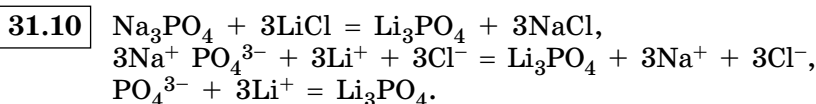
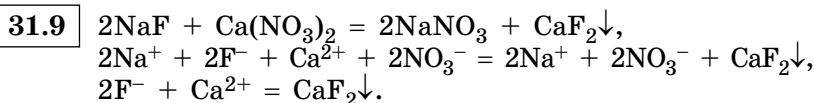
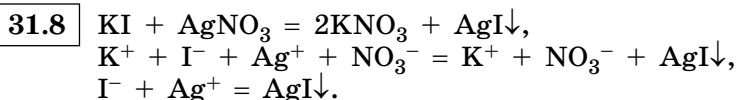
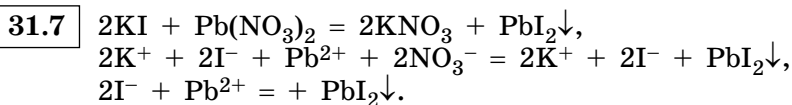
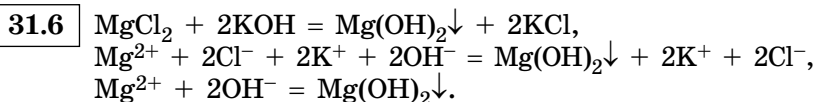


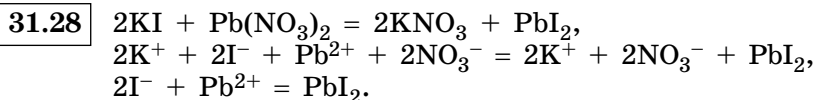
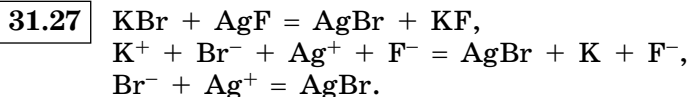
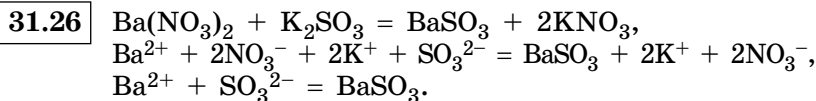
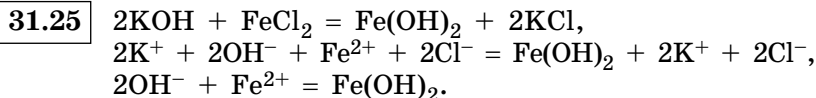
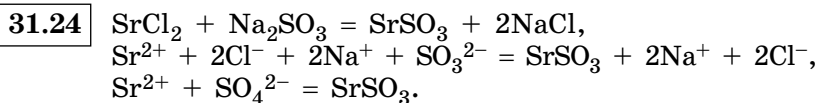
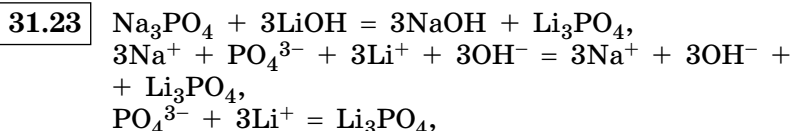
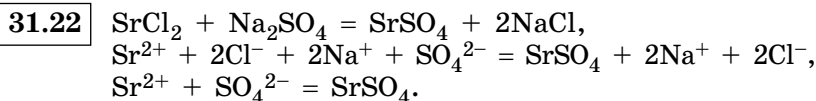
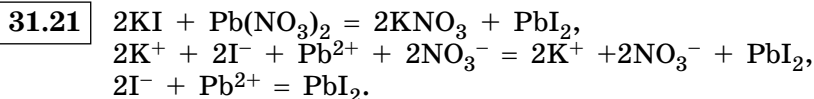
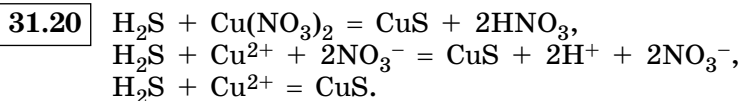
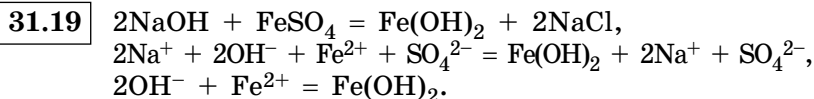
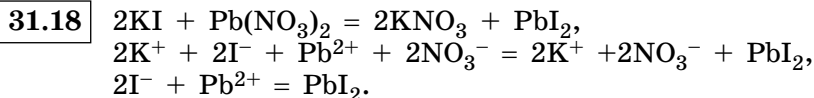
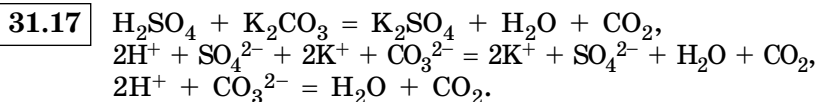


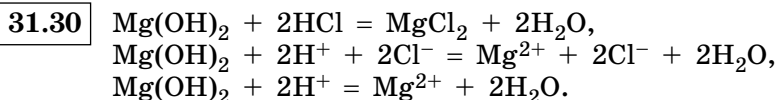
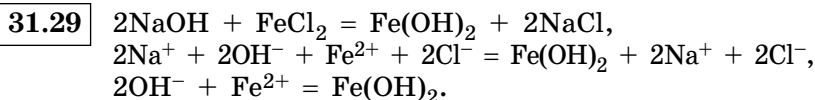


Задание 31

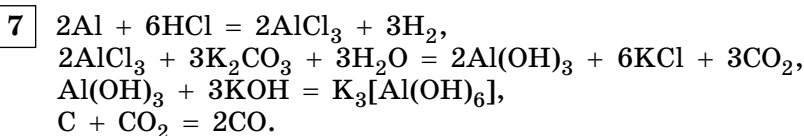
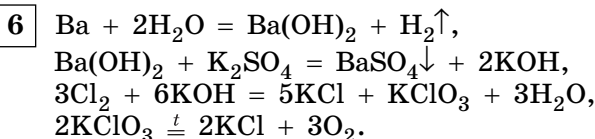
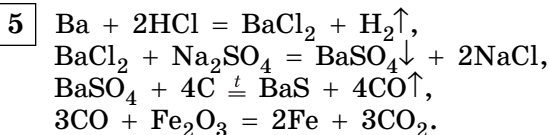
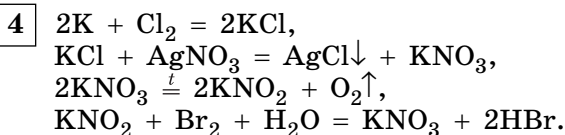
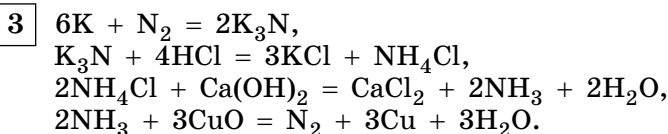
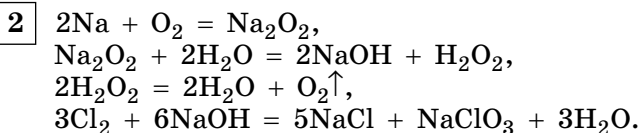
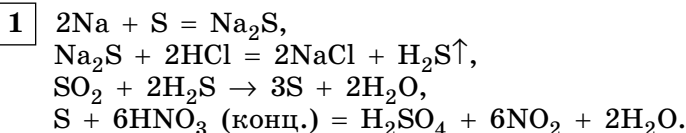




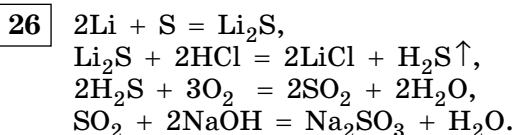
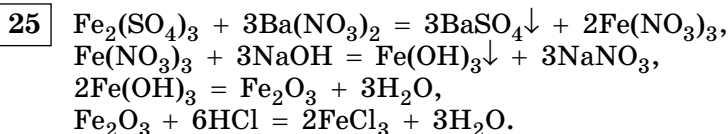
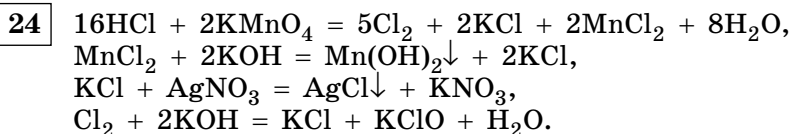
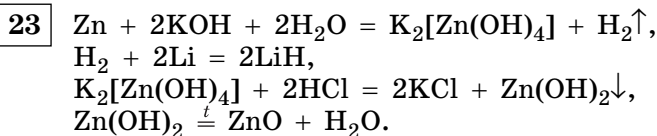
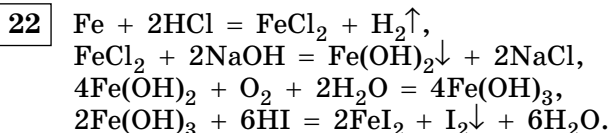
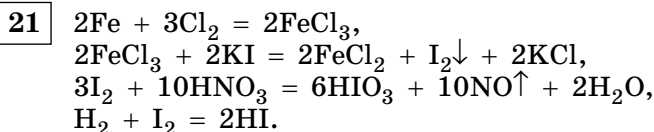
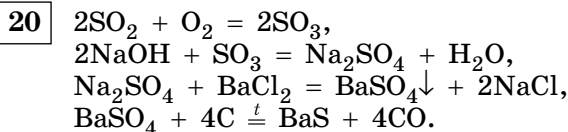
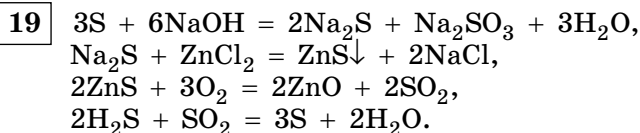
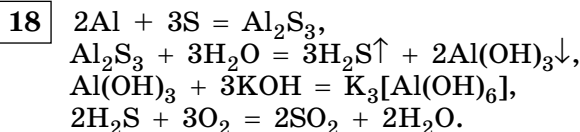
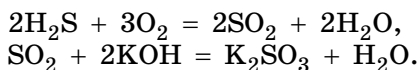




Реакции, подтверждающие взаимосвязь различных классов неорганических веществ



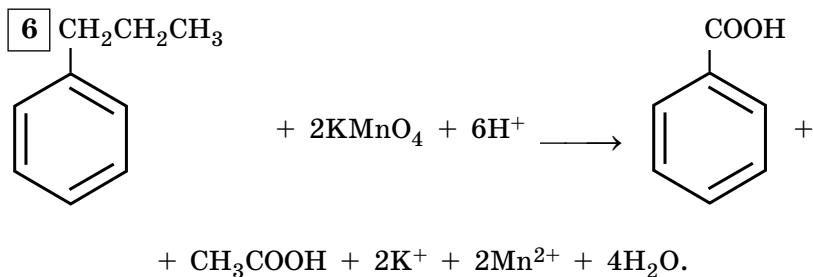
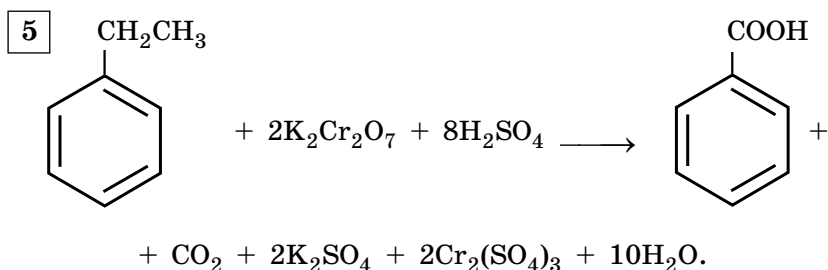
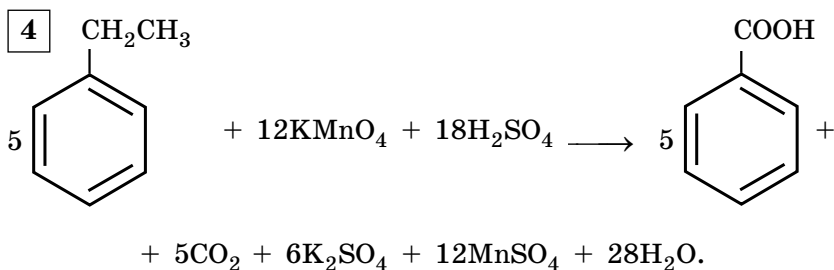
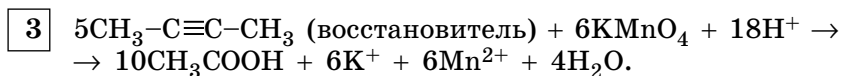
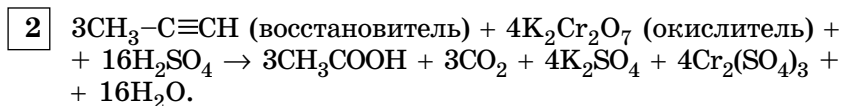
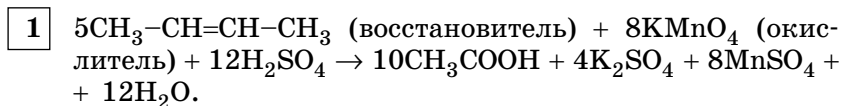
- 8 $2\text{Al} + 2\text{NaOH} (\text{конц.}) + 6\text{H}_2\text{O} (\text{гор.}) = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$,
 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$,
 $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$,
 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 (\text{разб.}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$.
- 9 $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$,
 $\text{CO} + \text{CuO} = \text{Cu} + \text{CO}_2$,
 $\text{Cu} + \text{S} = \text{CuS}$,
 $2\text{CuS} + 3\text{O}_2 = 2\text{CuO} + 2\text{SO}_2$.
- 10 $\text{Si} + \text{O}_2 = \text{SiO}_2$,
 $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$,
 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{SiO}_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}$,
 $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$.
- 11 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$,
 $3\text{CuO} + 2\text{NH}_3 = 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$,
 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$,
 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$.
- 12 $4\text{Mg} + 10\text{HNO}_3 = 4\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O}$,
 $2\text{N}_2\text{O} + \text{C} = 2\text{N}_2 + \text{CO}_2$,
 $3\text{Ca} + \text{N}_2 = \text{Ca}_3\text{N}_2$,
 $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.
- 13 $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$,
 $\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{t} \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$,
 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Na} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$,
 $\text{N}_2\text{O} + 2\text{Cu} = \text{N}_2 + \text{Cu}_2\text{O}$.
- 14 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$,
 $2\text{NO}_2 + 2\text{KOH} = \text{KNO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$,
 $2\text{KNO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{KNO}_3$,
 $2\text{KNO}_3 \xrightarrow{t} 2\text{KNO}_2 + \text{O}_2$.
- 15 $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 10\text{C} + 6\text{SiO}_2 \xrightarrow{t} 6\text{CaSiO}_3 + 10\text{CO} + \text{P}_{4(\text{r})}$,
 $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$,
 $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$,
 $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$.
- 16 $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$,
 $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{Na}_2\text{O} = 2\text{Na}_3\text{PO}_4$,
 $2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaCl}_2 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow + 6\text{NaCl}$,
 $\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{AgNO}_3 = \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow + 3\text{NaNO}_3$.
- 17 $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$,
 $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{FeSO}_4$,

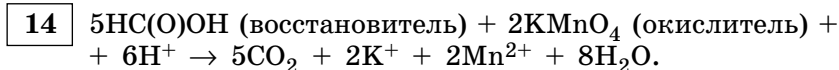
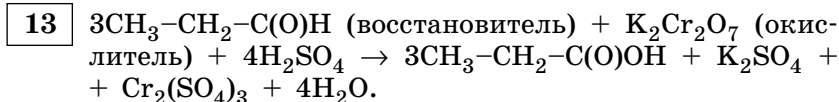
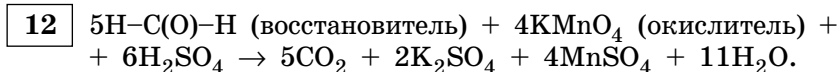
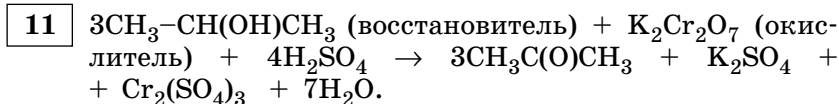
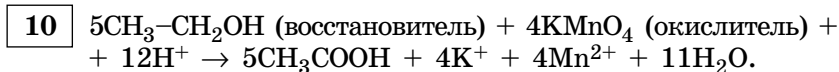
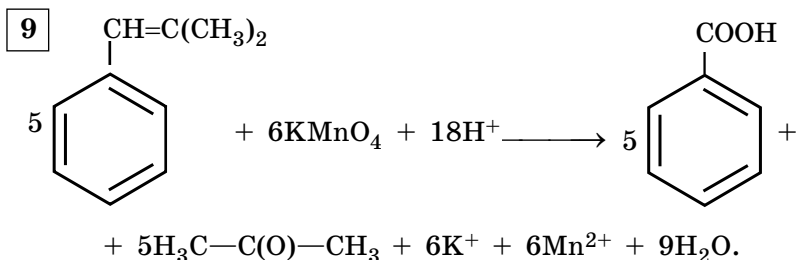
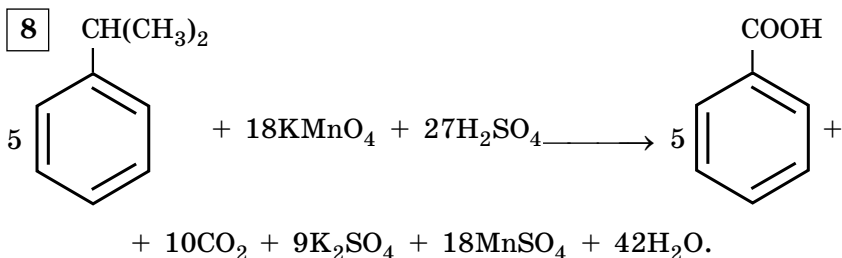
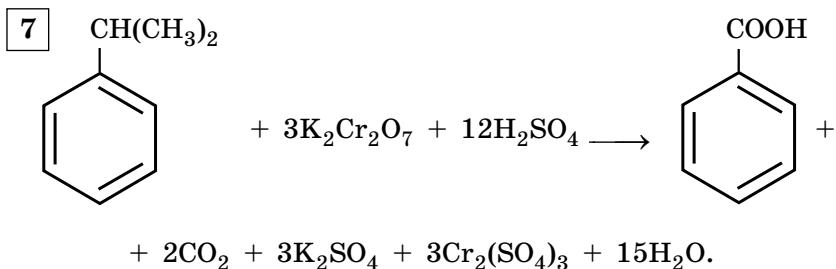


- 27** $2\text{KNO}_3 = 2\text{KNO}_2 + \text{O}_2\uparrow$,
 $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$,
 $\text{S} + \text{Fe} = \text{FeS}$,
 $\text{FeS} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$.
- 28** $2\text{NaCl} = 2\text{Na} + \text{Cl}_2$,
 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 = 2\text{HCl}$,
 $16\text{HCl} + 2\text{KMnO}_4 = 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2\uparrow + 2\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$,
 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$.
- 29** $3\text{NaNO}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{NaCO}_3 = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3\text{NaNO}_2 + 2\text{CO}_2$,
 $\text{CO}_2 + \text{Ba(OH)}_2 = \text{BaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$,
 $\text{BaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$,
 $\text{BaCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = 2\text{AgCl}\downarrow + \text{Ba(NO}_3)_2$.
- 30** $2\text{Li} + \text{H}_2 = 2\text{LiH}$,
 $\text{LiH} + \text{H}_2\text{O} = \text{LiOH} + \text{H}_2\uparrow$,
 $\text{H}_2 + \text{Br}_2 = 2\text{HBr}$,
 $6\text{LiOH} + 3\text{Cl}_2 = 5\text{LiCl} + \text{LiClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$.
- 31** $2\text{Na} + \text{O}_2 = \text{Na}_2\text{O}_2$,
 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2\uparrow$,
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$,
 $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$.
- 32** $2\text{K} + \text{S} = \text{K}_2\text{S}$,
 $\text{K}_2\text{S} + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{S}\uparrow + 2\text{KCl}$,
 $3\text{H}_2\text{S} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{S}\downarrow + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$,
 $3\text{S} + 2\text{Al} = \text{Al}_2\text{S}_3$.
- 33** $4\text{Mg} + 10\text{HNO}_3 (\text{разб.}) = 4\text{Mg(NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O}\uparrow + 5\text{H}_2\text{O}$,
 $\text{Mg(NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mg(OH)}_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3$,
 $\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{HBr} = \text{MgBr}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$,
 $3\text{MgBr}_2 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 = \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow + 6\text{NaBr}$.
- 34** $3\text{Ca} + \text{N}_2 = \text{Ca}_3\text{N}_2$,
 $\text{Ca}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{NH}_3\uparrow$,
 $4\text{NH}_3 + \text{SO}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$,
 $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.
- 35** $4\text{Ba} + 10\text{HNO}_3 = 4\text{Ba(NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O}\uparrow + 5\text{H}_2\text{O}$,
 $\text{Ba(NO}_3)_2 = \text{Ba(NO}_2)_2 + \text{O}_2\uparrow$,
 $\text{Ba(NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NaNO}_3$,
 $\text{Ba(NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NaNO}_3$.

- 36 $8\text{Al} + 3\text{Fe}_3\text{O}_4 = 4\text{Al}_2\text{O}_3 + 9\text{Fe},$
 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4],$
 $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3,$
 $3\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{AlCl}_3 = 4\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NaCl}.$
- 37 $\text{BaSO}_4 + 4\text{C} = \text{BaS} + 4\text{CO}\uparrow,$
 $\text{BaS} + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{S}\uparrow,$
 $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S},$
 $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{BaSO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}.$
- 38 $\text{Si} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2\uparrow,$
 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SiO}_2\downarrow,$
 $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2\text{O},$
 $\text{SiO}_2 + 2\text{Mg} = \text{Si} + 2\text{MgO}.$
- 39 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3,$
 $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3,$
 $\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O},$
 $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NaOH} = \text{NaNO}_3 + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$
- 40 $\text{P} + 5\text{HNO}_3 = \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O},$
 $2\text{NO}_2 + 2\text{KOH} = \text{KNO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O},$
 $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O},$
 $2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaCl}_2 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow + 6\text{NaCl}.$
- 41 $3\text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{O}_3,$
 $\text{O}_3 + 2\text{KI} + \text{H}_2\text{O} = \text{I}_2\downarrow + \text{O}_2\uparrow + 2\text{KOH},$
 $\text{O}_2 + 2\text{Na} = \text{Na}_2\text{O}_2,$
 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2.$
- 42 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O},$
 $\text{SO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O},$
 $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow,$
 $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}.$
- 43 $2\text{Cr} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{CrCl}_3,$
 $\text{CrCl}_3 + 2\text{KOH} = \text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{KCl},$
 $2\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 4\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 8\text{H}_2\text{O},$
 $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{CrCl}_3 + 4\text{KCl} + 3\text{Cl}_2\uparrow + 8\text{H}_2\text{O}.$
- 44 $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 + 2\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O},$
 $\text{MnCl}_2 + 2\text{KOH} = \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{KCl},$
 $6\text{KOH} + 3\text{Cl}_2 = 5\text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O},$
 $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2.$

Окислительно-восстановительные реакции с участием органических веществ





СПИСОК ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Каверина А. А., Снастина М. Г. Методические материалы для председателей и членов предметных комиссий субъектов Российской Федерации по проверке выполнения заданий с развернутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ 2021 года. ФИПИ, 2020. URL: <http://fipi.ru>.

Антошин А. Э. Химия. Полный курс подготовки: ЕГЭ, выпускные и вступительные экзамены. М.: Айрис-Пресс, 2007.

Медведев Ю. Н., Антошин А. Э., Лидин Р. А., Рябов М. А., ЕГЭ-2018. Химия. Эксперт в ЕГЭ. М.: Экзамен, 2017.

Мешкова О. В. ЕГЭ. Химия: Универсальный справочник. М.: Эксмо, 2020.

Пашкова Л. И. ЕГЭ 2021. Химия. Сборник заданий: 300 заданий с ответами. М.: Эксмо, 2020.

Соколова И. А. ЕГЭ 2021. Химия. Тематические тренировочные задания. М.: Эксмо, 2020.

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	3
---------------------	---

Раздел 1. ОСНОВЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

1.1. Атом, молекула, вещество.	5
1.2. Периодический закон	7
1.3. Химическая связь	10
1.4. Газовые законы	12
1.5. Классификация и общие свойства основных классов неорганических веществ	13
1.6. Растворы.	22
1.7. Гидролиз солей.	23
1.8. Окислительно-восстановительные реакции.	25
1.9. Электролиз	34
1.10. Обменные реакции.	38

Раздел 2. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

2.1. Элементы группы IA	42
2.2. Элементы группы IIA.	46
2.3. Элементы группы IIIA	49
2.4. Элементы группы IVA	52
2.5. Элементы группы VA.	57
2.6. Элементы группы VIA	65
2.7. Элементы группы VIIA	71

2.8. Водород	76
2.9. Химия d-элементов (медь, серебро, цинк, хром, марганец, железо)	81
Раздел 3. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	
3.1. Введение в органическую химию	94
3.2. Углеводороды	96
3.3. Галогенпроизводные углеводородов	118
3.4. Спирты и фенолы	123
3.5. Альдегиды и кетоны	130
3.6. Карбоновые кислоты	135
3.7. Простые и сложные эфиры	137
3.8. Жиры	139
3.9. Углеводы	140
3.10. Амины	144
3.11. Аминокислоты, пептиды и белки	146
3.12. Гомологическая связь между классами органических соединений	149
Раздел 4. ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ В ФОРМЕ ЕГЭ	
4.1. Кодификатор	152
4.2. Спецификация	153
4.3. Анализ отдельных заданий повышенного уровня сложности с кратким ответом	154
4.4. Анализ отдельных заданий высокого уровня сложности (часть 2)	160
Пример	162
Основные элементы ответа	165
4.5. Тренировочные задания. Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот)	169

ПРИЛОЖЕНИЯ	276
Приложение 1	276
Приложение 2	283
<i>Ответы на тренировочные задания</i>	<i>292</i>
<i>Список дополнительной литературы</i>	<i>308</i>

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Справочное издание
анықтамалық баспа

ЕГЭ. СДАЕМ БЕЗ ПРОБЛЕМ

Антошин Андрей Эдуардович

ЕГЭ 2021. ХИМИЯ
Теория и практика
(орыс тілінде)

Ответственный редактор *А. Жилинская*
Ведущий редактор *Т. Судакowa*
Художественный редактор *Г. Златогоров*
Технический редактор *Л. Зотова*
Компьютерная верстка *М. Лазуткина*
Корректор *О. Ковальчук*

ООО «Издательство «Эксмо»

123308, Россия, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru

Өндіруші: «ЭКМО» АҚБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Ресей, Зорге көшесі, 1 үй.

Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru.

Тауар белгісі: «Эксмо»

Интернет-магазин : www.book24.ru

Интернет-магазин : www.book24.kz

Интернет-дүкен : www.book24.kz

Импортёр в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».

Қазақстан Республикасындағы импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.

Дистрибьютор и представитель по приему претензий на продукцию,
в Республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»

Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша арыз-талаптарды
қабылдаушының өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС,

Алматы қ., Домбровский көш., 3«а», литер Б, офис 1.

Тел.: 8 (727) 251-59-90/91/92; E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz

Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Сертификация туралы ақпарат сайтта: www.eksmo.ru/certification

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ о техническом
регулировании можно получить на сайте Издательства «Эксмо» www.eksmo.ru/certification

Өндірген мемлекет: Ресей. Сертификация қарастырылған

Дата изготовления / Подписано в печать 09.07.2020. Формат 60х90 ¹/₁₆.

Гарнитура «SchoolBook». Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,0.

Тираж экз. Заказ .



Москва. ООО «Торговый Дом «Эксмо»

Адрес: 123308, г. Москва, ул. Зорге, д.1.

Телефон: +7 (495) 411-50-74. **E-mail:** reception@eksмо-sale.ru

По вопросам приобретения книг «Эксмо» зарубежными оптовыми покупателями обращаться в отдел зарубежных продаж ТД «Эксмо»

E-mail: international@eksмо-sale.ru

International Sales: International wholesale customers should contact Foreign Sales Department of Trading House «Eksmo» for their orders.

international@eksмо-sale.ru

По вопросам заказа книг корпоративным клиентам, в том числе в специальном оформлении, обращаться по тел.: +7 (495) 411-68-59, доб. 2261.

E-mail: ivanova.ey@eksмо.ru

Оптовая торговля бумажно-беловыми

и канцелярскими товарами для школы и офиса «Канц-Эксмо»:

Компания «Канц-Эксмо»: 142702, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное-2, Белокаменное ш., д. 1, а/я 5. Тел./факс: +7 (495) 745-28-87 (многоканальный).

e-mail: kanc@eksмо-sale.ru, сайт: www.kanc-eksмо.ru

Филиал «Торгового Дома «Эксмо» в Нижнем Новгороде

Адрес: 603094, г. Нижний Новгород, улица Карпинского, д. 29, бизнес-парк «Грин Плаза»

Телефон: +7 (831) 216-15-91 (92, 93, 94). **E-mail:** reception@eksмонn.ru

Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Санкт-Петербурге

Адрес: 192029, г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д. 84, лит. «Е»

Телефон: +7 (812) 365-46-03 / 04. **E-mail:** server@szko.ru

Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Екатеринбурге

Адрес: 620024, г. Екатеринбург, ул. Новинская, д. 2ц

Телефон: +7 (343) 272-72-01 (02/03/04/05/06/08)

Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Самаре

Адрес: 443052, г. Самара, пр-т Кирова, д. 75/1, лит. «Е»

Телефон: +7 (846) 207-55-50. **E-mail:** RDC-samara@mail.ru

Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Ростове-на-Дону

Адрес: 344023, г. Ростов-на-Дону, ул. Страны Советов, 44А

Телефон: +7(863) 303-62-10. **E-mail:** info@rnd.eksмо.ru

Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Новосибирске

Адрес: 630015, г. Новосибирск, Комбинатский пер., д. 3

Телефон: +7(383) 289-91-42. **E-mail:** eksмо-nsk@yandex.ru

Обособленное подразделение в г. Хабаровске

Фактический адрес: 680000, г. Хабаровск, ул. Фрунзе, 22, оф. 703

Почтовый адрес: 680020, г. Хабаровск, А/Я 1006

Телефон: (4212) 910-120, 910-211. **E-mail:** eksмо-khv@mail.ru

Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Тюмени

Центр оптово-розничных продаж Cash&Carry в г. Тюмени

Адрес: 625022, г. Тюмень, ул. Пермьякова, 1а, 2 этаж. ТЦ «Перестрой-ка»

Ежедневно с 9.00 до 20.00. Телефон: 8 (3452) 21-53-96

Республика Беларусь: ООО «ЭКСМО АСТ Си энд Си»

Центр оптово-розничных продаж Cash&Carry в г. Минске

Адрес: 220014, Республика Беларусь, г. Минск, проспект Жукова, 44, пом. 1-17, ТЦ «Outleto»

Телефон: +375 17 251-40-23; +375 44 581-81-92

Режим работы: с 10.00 до 22.00. **E-mail:** exmoast@yandex.by

Казахстан: «РДЦ Алматы»

Адрес: 050039, г. Алматы, ул. Домбровского, 3А

Телефон: +7 (727) 251-58-12, 251-59-90 (91,92,99). **E-mail:** RDC-Almaty@eksмо.kz

Украина: ООО «Форс Украина»

Адрес: 04073, г. Киев, ул. Вербова, 17а

Телефон: +38 (044) 290-99-44, (067) 536-33-22. **E-mail:** sales@forsukraine.com

Полный ассортимент продукции ООО «Издательство «Эксмо» можно приобрести в книжных магазинах «Читай-город» и заказать в интернет-магазине: www.chitai-gorod.ru.

Телефон единой справочной службы: 8 (800) 444-8-444. Звонок по России бесплатный.

Интернет-магазин ООО «Издательство «Эксмо»

www.book24.ru

Розничная продажа книг с доставкой по всему миру.

Тел.: +7 (495) 745-89-14. **E-mail:** imarket@eksмо-sale.ru



eksмо.ru

book 24.ru

Официальный
интернет-магазин
издательской группы
«ЭКСМО-АСТ»

ISBN 978-5-04-112813-5



9 785041 128135 >

С ПОМОЩЬЮ ЭТОЙ КНИГИ ВЫ:

- **НАУЧИТЕСЬ РЕШАТЬ ЗАДАЧИ
ПОВЫШЕННОГО УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ;**
- **СИСТЕМАТИЗИРУЕТЕ ЗНАНИЯ
ПО ВСЕМУ ШКОЛЬНОМУ КУРСУ;**
- **СОКРАТИТЕ ВРЕМЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ
И ПОЛУЧИТЕ ОТЛИЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ.**

ХИМИЯ

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

В серии «ЕГЭ. Сдаём без проблем» выходят пособия по основным предметам: русскому языку, литературе, математике, физике, химии, биологии, географии, информатике, истории, обществознанию и иностранным языкам.

**ГАРАНТИЯ
УСПЕХА
НА ЭКЗАМЕНЕ!**

ISBN 978-5-04-112813-5



9 785041 128135 >

