

А. Э. Антошин

ХИМИЯ

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

СДАЁМ
БЕЗ
ПРОБЛЕМ!

ОГЭ
2019.

•
КРАТКИЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

•
ЗАДАНИЯ РАЗНЫХ ТИПОВ

•
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПОВЫШЕННОГО
УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ



**СДАЁМ
БЕЗ ПРОБЛЕМ!**



А. Э. Антошин

ХИМИЯ

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА



**Москва
2018**

УДК 373:54
ББК 24я721
А72

Об авторе:

А. Э. Антошин — кандидат химических наук

Антошин, Андрей Эдуардович.

А72 ОГЭ 2019. Химия : теория и практика / А. Э. Антошин. —
Москва : Эксмо, 2018. — 304 с. — (ОГЭ. Сдаем без проблем).

ISBN 978-5-04-094794-2

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 ОГЭ по химии, а также может быть использовано учителями при организации учебного процесса.

**УДК 373:54
ББК 24я721**

ISBN 978-5-04-094794-2

© Антошин А. Э., 2018
© Оформление. ООО «Издательство
«Эксмо», 2018

От автора

Эта книга предназначена прежде всего школьникам 8—9 классов на завершающем этапе подготовки к основному государственному экзамену по химии. Я бы характеризовал её как книгу для прагматиков, желающих получить на ОГЭ максимальный балл.

В ней подробно изложен теоретический материал в соответствии с Федеральным компонентом государственного стандарта среднего (полного) общего образования по химии (базовый и профильный уровни) (приказ Минобр-азования России от 05.03.2004 № 1089). После теоретического материала отдельно разбираются задания базового и повышенного уровней сложности с кратким ответом и высокого уровня сложности с развёрнутым ответом.

Кроме того, в книге приведено большое количество заданий всех уровней сложности для самоподготовки и самоконтроля, а также ответы к ним. Выполнение этих заданий позволит ученикам оценить уровень своих знаний, определить, какие темы следует повторить.

Максимальное количество баллов на экзамене можно получить, правильно ответив на задания повышенного уровня сложности с кратким ответом и на задания высокого уровня сложности с развёрнутым ответом. Поэтому в этой книге основной упор сделан именно на такие задания, поскольку основу химии составляют знания химических свойств веществ различных классов. Решение заданий вышеперечисленных типов способствует углублённому изучению химии, развивает навыки использования учебной и справочной литературы.

Кроме учащихся, эта книга может оказаться полезной преподавателям химии, методистам и репетиторам.

Хочется подчеркнуть, что данное пособие не подменяет существующие учебники и учебные пособия (в первую

очередь входящие в Федеральный перечень учебников, рекомендованных к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования), а лишь дополняет их, поэтому наряду с данной книгой рекомендую пользоваться литературой, список которой приведён в конце книги.

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

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

А.Э. Антошин

Раздел 1

ВЕЩЕСТВО

1.1. СТРОЕНИЕ АТОМА.

СТРОЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБОЛОЧЕК АТОМОВ ПЕРВЫХ 20 ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Атом — электронейтральная частица, состоящая из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов. В центре атома находится положительно заряженное ядро. Оно занимает ничтожную часть пространства внутри атома, в нём сосредоточены весь положительный заряд и почти вся масса атома.

Ядро состоит из элементарных частиц — протона и нейтрона; вокруг атомного ядра по замкнутым орбитам движутся электроны.

Протон (p) — элементарная частица с относительной массой 1,00728 атомной единицы массы и зарядом +1 условную единицу. Число протонов в атомном ядре равно порядковому номеру элемента в Периодической системе Д.И. Менделеева.

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

Число нейтронов в ядре N определяют по формуле:

$$N = A - Z,$$

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

Обычно параметры ядра атома записывают следующим образом: слева внизу от символа элемента ставят заряд ядра, а сверху — массовое число, например: ${}_{15}^{31}\text{P}$. Эта запись показывает, что заряд ядра (следовательно, и число протонов) для атома фосфора равен 15, массовое число

равно 31, а число нейтронов равно $31 - 15 = 16$. Так как массы протона и нейтрона очень мало отличаются друг от друга, то массовое число приблизительно равно относительной атомной массе ядра.

Электрон (e^-) — элементарная частица с массой 0,00055 а. е. м. и условным зарядом -1 . Число электронов в атоме равно заряду ядра атома (порядковому номеру элемента в Периодической системе Д.И. Менделеева).

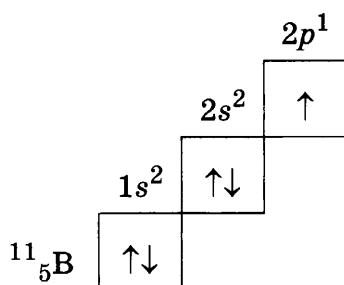
Электроны движутся вокруг ядра по строго определённым орбиталим, образуя так называемое электронное облако.

Область пространства вокруг атомного ядра, где наиболее (90 и более %) вероятно нахождение электрона, определяет форму электронного облака.

Электронное облако s -электрона имеет сферическую форму; на s -энергетическом подуровне может максимально находиться два электрона.

Электронное облако p -электрона имеет гантелеобразную форму; на трёх p -орбиталях максимально может находиться шесть электронов.

Орбитали изображают в виде квадрата, сверху или снизу которого пишут значения главного и побочного квантовых чисел, описывающих данную орбиталь. Такую запись называют графической электронной формулой, например:



В этой формуле стрелками обозначают электрон, а направление стрелки соответствует направлению спина — собственного магнитного момента электрона. Электроны с противоположными спинами $\uparrow\downarrow$ называют спаренными.

Электронные конфигурации атомов элементов можно представить в виде электронных формул, в которых указывают символы подуровня, коэффициент перед символом подуровня показывает его принадлежность к данному уровню, а степень у символа — число электронов данного подуровня.

В таблице 1 приведено строение электронных оболочек атомов первых 20 элементов Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева.

Таблица 1

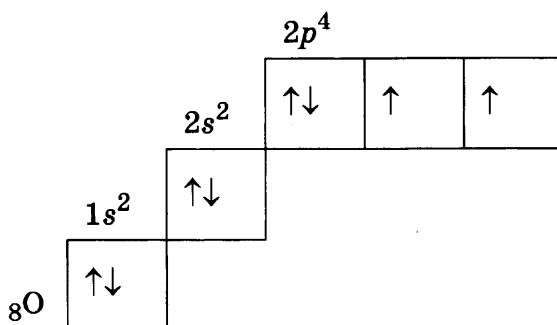
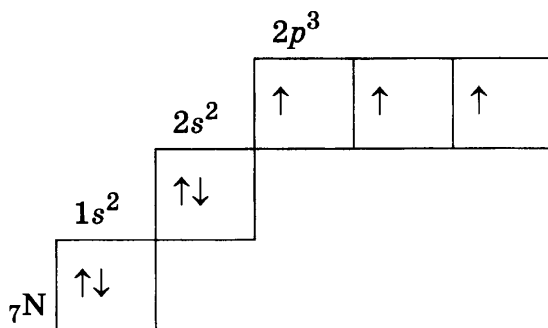
Строение электронных оболочек атомов первых 20 элементов периодической системы Д.И. Менделеева

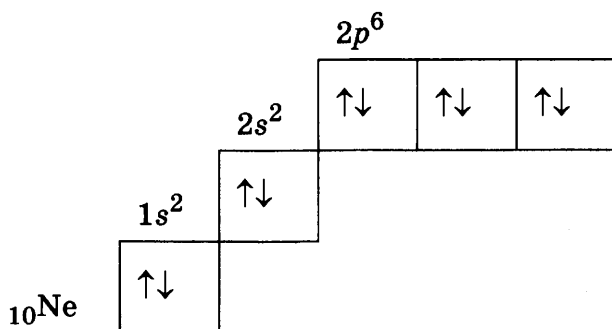
| Период | Элемент | Строение электронной оболочки | Период | Элемент | Строение электронной оболочки |
|--------|--------------------|-------------------------------|--------|--------------------|---------------------------------|
| 1 | ${}_1\text{H}$ | $1s^1$ | 3 | ${}_{11}\text{Na}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ |
| 1 | ${}_2\text{He}$ | $1s^2$ | 3 | ${}_{12}\text{Mg}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ |
| 2 | ${}_3\text{Li}$ | $1s^2 2s^1$ | 3 | ${}_{13}\text{Al}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ |
| 2 | ${}_4\text{Be}$ | $1s^2 2s^2$ | 3 | ${}_{14}\text{Si}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ |
| 2 | ${}_5\text{B}$ | $1s^2 2s^2 2p^1$ | 3 | ${}_{15}\text{P}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ |
| 2 | ${}_6\text{C}$ | $1s^2 2s^2 2p^2$ | 3 | ${}_{16}\text{S}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ |
| 2 | ${}_7\text{N}$ | $1s^2 2s^2 2p^3$ | 3 | ${}_{17}\text{Cl}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ |
| 2 | ${}_8\text{O}$ | $1s^2 2s^2 2p^4$ | 3 | ${}_{18}\text{Ar}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ |
| 2 | ${}_9\text{F}$ | $1s^2 2s^2 2p^5$ | 4 | ${}_{19}\text{K}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ |
| 2 | ${}_{10}\text{Ne}$ | $1s^2 2s^2 2p^6$ | 4 | ${}_{20}\text{Ca}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ |

Химические элементы, в атомах которых s -подуровень внешнего уровня заполняется одним или двумя электронами, называют s -элементами. Химические элементы, в атомах которых заполняется p -подуровень (от одного до шести электронов), называют p -элементами.

Число электронных слоёв в атоме химического элемента равно номеру периода.

В соответствии с *правилом Хунда* электроны располагаются на однотипных орбиталях одного энергетического уровня таким образом, чтобы суммарный спин был максимален. Следовательно, при заполнении энергетического подуровня каждый электрон прежде всего занимает отдельную ячейку, а только после этого начинается их спаривание. Например, у атома азота все p -электроны будут находиться в отдельных ячейках, а у кислорода начнётся их спаривание, которое полностью закончится у неона.





Изотопами называют атомы одного и того же элемента, содержащие в своих ядрах одинаковое число протонов, но различное число нейтронов.

Изотопы известны для всех элементов. Поэтому атомные массы элементов в периодической системе являются средним значением из массовых чисел природных смесей изотопов и отличаются от целочисленных значений. Таким образом, атомная масса природной смеси изотопов не может служить главной характеристикой атома, а следовательно, и элемента. Такой характеристикой атома является заряд ядра, определяющий число электронов в электронной оболочке атома и её строение.

Рассмотрим несколько типовых заданий по этому разделу.

Пример 1. Атом какого элемента имеет электронную конфигурацию $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$?

- 1) Li
- 2) Na
- 3) K
- 4) Cl

На внешнем энергетическом уровне у данного элемента находится один $4s$ -электрон. Следовательно, этот химический элемент находится в четвёртом периоде первой группы главной подгруппы. Этот элемент — калий.

К этому ответу можно прийти по-другому. Сложив общее количество всех электронов, получим 19. Общее чис-

ло электронов равно порядковому номеру элемента. Под номером 19 в периодической системе находится калий.

Пример 2. Химическому элементу соответствует высший оксид RO_2 . Электронной конфигурации внешнего энергетического уровня атома этого элемента соответствует электронная формула:

1) ns^2np^4

3) ns^2np^3

2) ns^2np^2

4) ns^2np^6

По формуле высшего оксида (смотрите на формулы высших оксидов в Периодической системе) устанавливаем, что этот химический элемент находится в четвёртой группе главной подгруппы. У этих элементов на внешнем энергетическом уровне находятся четыре электрона — два s и два p . Следовательно, правильный ответ 2.

Тренировочные задания к разделу 1.1

1. Общее число s -электронов в атоме кальция равно

1) 20

3) 8

2) 40

4) 6

Ответ:

2. Число спаренных p -электронов в атоме азота равно

1) 7

2) 14

3) 3

4) 4

Ответ:

3. Число неспаренных s -электронов в атоме азота равно

1) 7

2) 14

3) 3

4) 4

Ответ:

4. Число электронов на внешнем энергетическом уровне атома аргона равно

- 1) 18
- 2) 6
- 3) 4
- 4) 8

Ответ:

5. Число протонов, нейтронов и электронов в атоме ${}^9_4\text{Be}$ равно

- 1) 9, 4, 5
- 2) 4, 5, 4
- 3) 4, 4, 5
- 4) 9, 5, 9

Ответ:

6. Распределение электронов по электронным слоям 2; 8; 4 — соответствует атому, расположенному в(во)

- 1) 3-м периоде, IA группе
- 2) 2-м периоде, IVA группе
- 3) 3-м периоде, IVA группе
- 4) 3-м периоде, VA группе

Ответ:

7. Химическому элементу, расположенному в 3-м периоде VA группе соответствует схема электронного строения атома

- 1) 2, 8, 6
- 2) 2, 6, 4
- 3) 2, 8, 5
- 4) 2, 8, 2

Ответ:

8. Химический элемент с электронной конфигурацией $1s^2 2s^2 2p^4$ образует летучее водородное соединение, формула которого

- 1) ЭН
- 2) ЭН₂
- 3) ЭН₃
- 4) ЭН₄

Ответ:

9. Число электронных слоёв в атоме химического элемента равно

- 1) его порядковому номеру
- 2) номеру группы
- 3) числу нейтронов в ядре
- 4) номеру периода

Ответ:

10. Число внешних электронов в атомах химических элементов главных подгрупп равно

- 1) порядковому номеру элемента
- 2) номеру группы
- 3) числу нейтронов в ядре
- 4) номеру периода

Ответ:

11. Два электрона находятся во внешнем электронном слое атомов каждого из химических элементов в ряду

- 1) He, Be, Ba
- 2) Mg, Si, O
- 3) C, Mg, Ca
- 4) Ba, Sr, B

Ответ:

12. Химический элемент, электронная формула которого $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$, образует оксид состава

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1) Li_2O | 3) K_2O |
| 2) MgO | 4) Na_2O |

Ответ:

13. Число электронных слоев и число p -электронов в атоме серы равно

- | | |
|---------|----------|
| 1) 2, 6 | 3) 3, 16 |
| 2) 3, 4 | 4) 3, 10 |

Ответ:

14. Электронная конфигурация $ns^2 np^4$ соответствует атому

- 1) хлора
- 2) серы
- 3) магния
- 4) кремния

Ответ:

15. Валентные электроны атома натрия в основном состоянии находятся на энергетическом подуровне

- 1) $2s$
- 2) $2p$
- 3) $3s$
- 4) $3p$

Ответ:

16. Атомы азота и фосфора имеют

- 1) одинаковое число нейтронов
- 2) одинаковое число протонов
- 3) одинаковую конфигурацию внешнего электронного слоя
- 4) одинаковое число электронов

Ответ:

17. Одинаковое число валентных электронов имеют атомы кальция и
- 1) калия
 - 2) алюминия
 - 3) бериллия
 - 4) бора

Ответ:

18. Атомы углерода и фтора имеют
- 1) одинаковое число нейтронов
 - 2) одинаковое число протонов
 - 3) одинаковое число электронных слоёв
 - 4) одинаковое число электронов

Ответ:

19. У атома углерода в основном состоянии число неспаренных электронов равно

- | | |
|------|------|
| 1) 1 | 3) 3 |
| 2) 2 | 4) 4 |

Ответ:

20. В атоме кислорода в основном состоянии число спаренных электронов равно

- | | |
|------|------|
| 1) 2 | 3) 4 |
| 2) 8 | 4) 6 |

Ответ:

1.2. ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

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

Классическая, в изложении его первооткрывателя Д.И. Менделеева: *свойства простых тел, а также фор-*

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

Современная: 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 распространёнными изображениями периодической системы элементов Д.И. Менделеева являются короткая и длинная формы.

1.2.1. Группы и периоды Периодической системы. Физический смысл порядкового номера химического элемента

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 (Б) подгрупп. Главные подгруппы включают в себя элементы малых периодов и одинаковые с ним по свойствам элементы больших периодов. Побочные подгруппы состоят только из элементов больших периодов. Химические свойства элементов главных и побочных подгрупп значительно различаются.

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 четвёртом 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.

1.2.2. Закономерности изменения свойств элементов и их соединений в связи с положением в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева

Напомним, что *группами* называют вертикальные ряды в периодической системе и химические свойства элементов главных и побочных подгрупп значительно различаются.

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.

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 R_2O проявляют сильные основные свойства, причём их основность возрастает с увеличением порядкового номера. Оксиды состава RO (за исключением BeO , ZnO , PbO , SnO) проявляют основные свойства.

Оксиды состава RO_2 , R_2O_5 , RO_3 , R_2O_7 проявляют кислотные свойства, причём их кислотность возрастает с увеличением порядкового номера. Оксиды состава RO_4 образуют только ксенон и осмий.

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 RH_4 , RH_3 , RH_2 , RH .

Соединения RH_4 имеют нейтральный характер; RH_3 — слабоосновный; RH_2 — слабокислый; RH — сильнокислый характер.

Напомним, что *периодом* называют горизонтальный ряд элементов, расположенных в порядке возрастания порядковых (атомных) номеров.

В пределах периода с увеличением порядкового номера элемента:

- электроотрицательность возрастает;
- металлические свойства убывают, неметаллические возрастают;
- атомный радиус падает.

Тренировочные задания к разделу 1.2

1. Среди перечисленных химических элемент с максимальным радиусом атома — это

- 1) неон
- 2) алюминий
- 3) калий
- 4) кальций

Ответ:

2. Среди перечисленных химических элемент с минимальным радиусом атома — это

- | | |
|-------------|----------|
| 1) алюминий | 3) калий |
| 2) бор | 4) неон |

Ответ:

3. Наиболее ярко металлические свойства выражены у элемента
- 1) Rb
 - 2) Li
 - 3) Mg
 - 4) Ca
- Ответ:
4. Наиболее ярко неметаллические свойства выражены у элемента
- 1) F
 - 2) S
 - 3) O
 - 4) N
- Ответ:
5. Наибольшее число валентных электронов у элемента
- 1) фтор
 - 2) водород
 - 3) натрий
 - 4) сера
- Ответ:
6. Наименьшее число валентных электронов у элемента
- 1) кислород
 - 2) кремний
 - 3) водород
 - 4) кальций
- Ответ:
7. Металлические свойства элементов возрастают в ряду
- 1) Ba, Li, Cs, Mg
 - 2) Al, Mg, Ca, K
 - 3) Li, Cs, Mg, Ba
 - 4) Na, Mg, Li, Al
- Ответ:

8. Неметаллические свойства элементов **ослабевают** в ряду:

- 1) N, S, Br, Cl
- 2) O, S, Se, Te
- 3) Se, I, S, O
- 4) N, P, O, F

О т в е т:

9. Химические элементы перечислены в порядке возрастания атомного радиуса в ряду

- 1) углерод, бериллий, магний
- 2) калий, магний, алюминий
- 3) хлор, натрий, фтор
- 4) азот, фосфор, фтор

О т в е т:

10. Химические элементы перечислены в порядке убывания атомного радиуса в ряду

- 1) водород, бор, алюминий
- 2) углерод, кремний, калий
- 3) натрий, хлор, фтор
- 4) сера, кремний, магний

О т в е т:

11. Кислотные свойства водородных соединений усиливаются в ряду

- 1) $\text{HI} - \text{PH}_3 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{S}$
- 2) $\text{PH}_3 - \text{H}_2\text{S} - \text{HBr} - \text{HI}$
- 3) $\text{H}_2\text{S} - \text{PH}_3 - \text{HCl} - \text{SiH}_4$
- 4) $\text{HI} - \text{HCl} - \text{H}_2\text{S} - \text{PH}_3$

О т в е т:

12. Кислотные свойства водородных соединений ослабевают в ряду

- 1) $\text{HI} - \text{PH}_3 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{S}$
- 2) $\text{PH}_3 - \text{H}_2\text{S} - \text{HBr} - \text{HI}$
- 3) $\text{H}_2\text{S} - \text{PH}_3 - \text{HCl} - \text{SiH}_4$
- 4) $\text{HI} - \text{HBr} - \text{HCl} - \text{HF}$

Ответ:

13. Основные свойства соединений усиливаются в ряду

- 1) $\text{LiOH} - \text{KOH} - \text{RbOH}$
- 2) $\text{LiOH} - \text{KOH} - \text{Ca(OH)}_2$
- 3) $\text{Ca(OH)}_2 - \text{KOH} - \text{Mg(OH)}_2$
- 4) $\text{LiOH} - \text{Ca(OH)}_2 - \text{KOH}$

Ответ:

14. Основные свойства соединений ослабевают в ряду

- 1) $\text{LiOH} - \text{Ba(OH)}_2 - \text{RbOH}$
- 2) $\text{LiOH} - \text{Ba(OH)}_2 - \text{Ca(OH)}_2$
- 3) $\text{Ca(OH)}_2 - \text{KOH} - \text{Mg(OH)}_2$
- 4) $\text{LiOH} - \text{Ca(OH)}_2 - \text{KOH}$

Ответ:

15. Во втором периоде Периодической системы элементов Д.И. Менделеева с увеличением заряда ядра у химических элементов:

- 1) возрастает электроотрицательность
- 2) уменьшается заряд ядра
- 3) возрастает атомный радиус
- 4) возрастает степень окисления

Ответ:

16. Наиболее сильной кислотой, образованной элементом второго периода, является

- 1) угольная
- 2) азотная
- 3) фтороводородная
- 4) азотистая

Ответ:

17. Наиболее сильное основание образует химический элемент

- | | |
|-----------|-------------|
| 1) магний | 3) алюминий |
| 2) литий | 4) калий |

Ответ:

18. Наиболее сильная бескислородная кислота соответствует элементу

- 1) селен
- 2) фтор
- 3) йод
- 4) сера

Ответ:

19. В ряду элементов $\text{Li} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{N} \rightarrow \text{F}$

- 1) убывает атомный радиус
- 2) возрастают металлические свойства
- 3) уменьшается число протонов в атомном ядре
- 4) увеличивается число электронных слоёв

Ответ:

20. В ряду элементов $\text{Li} \rightarrow \text{Na} \rightarrow \text{K} \rightarrow \text{Rb}$

- 1) убывает атомный радиус
- 2) ослабевают металлические свойства
- 3) уменьшается число протонов в атомном ядре
- 4) увеличивается число электронных слоёв

Ответ:

1.3. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВ. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ: КОВАЛЕНТНАЯ (ПОЛЯРНАЯ И НЕПОЛЯРНАЯ), ИОННАЯ, МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ

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 того, чтобы разорвать связь и отбросить фрагменты молекулы на бесконечно большое расстояние.

Валентный угол — угол между линиями, соединяющими химически связанные атомы.

Известны следующие основные типы химической связи: *ковалентная (полярная и неполярная), ионная, металлическая и водородная.*

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

Если связь образует пара общих электронов, в равной мере принадлежащая обоим соединяющимся атомам, то её 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 её электронная пара смещается в сторону более электроотрицательного атома, но остаётся связанной с обоими ядрами. Примеры соединений с ковалентной полярной связью: HBr , HI , H_2S , N_2O и т. д.

Ионной называют предельный случай 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 щёлочноземельных 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 . Подробнее о шкале Полинга будет рассказано в разделе 1.4.

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 решётку. В этой решётке их удерживают общие для всего металла электроны (электронный газ).

Тренировочные задания к разделу 1.3

1. Ковалентной неполярной связью образовано каждое из веществ, формулы которых

1) O_2 , H_2 , N_2

2) Al , O_3 , H_2SO_4

3) Na , H_2 , NaBr

4) H_2O , O_3 , Li_2SO_4

Ответ:

2. Ковалентной полярной связью образовано каждое из веществ, формулы которых

- 1) O_2 , H_2SO_4 , N_2
- 2) H_2SO_4 , H_2O , HNO_3
- 3) $NaBr$, H_3PO_4 , HCl
- 4) H_2O , O_3 , Li_2SO_4

Ответ: ☐

3. Только ионной связью образовано каждое из веществ, формулы которых

- 1) CaO , H_2SO_4 , N_2
- 2) $BaSO_4$, $BaCl_2$, $BaNO_3$
- 3) $NaBr$, K_3PO_4 , HCl
- 4) $RbCl$, Na_2S , LiF

Ответ: ☐

4. Металлическая связь характерна для элементов списка

- 1) Ba , Rb , Se
- 2) Cr , Ba , Si
- 3) Na , P , Mg
- 4) Rb , Na , Cs

Ответ: ☐

5. Соединениями только с ионной и только с ковалентной полярной связью являются соответственно

- 1) HCl и Na_2S
- 2) Cr и $Al(OH)_3$
- 3) $NaBr$ и P_2O_5
- 4) P_2O_5 и CO_2

Ответ: ☐

6. Ионная связь образуется между элементами

- 1) хлором и бромом
- 2) бромом и серой
- 3) цезием и бромом
- 4) фосфором и кислородом

О т в е т: ☐

7. Ковалентная полярная связь образуется между элементами

- 1) кислородом и калием
- 2) серой и фтором
- 3) бромом и кальцием
- 4) рубидием и хлором

О т в е т: ☐

8. В летучих водородных соединениях элементов VA группы 3-го периода химическая связь

- 1) ковалентная полярная
- 2) ковалентная неполярная
- 3) ионная
- 4) металлическая

О т в е т: ☐

9. В высших оксидах элементов 3-го периода вид химической связи с увеличением порядкового номера элемента изменяется

- 1) от ионной связи к ковалентной полярной связи
- 2) от металлической к ковалентной неполярной
- 3) от ковалентной полярной связи до ионной связи
- 4) от ковалентной полярной связи до металлической связи

О т в е т: ☐

10. Длина химической связи Э–Н увеличивается в ряду веществ

- 1) $\text{HI} - \text{PH}_3 - \text{HCl}$
- 2) $\text{PH}_3 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{S}$
- 3) $\text{HI} - \text{HCl} - \text{H}_2\text{S}$
- 4) $\text{HCl} - \text{H}_2\text{S} - \text{PH}_3$

Ответ:

11. Длина химической связи Э–Н уменьшается в ряду веществ

- 1) $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O} - \text{HF}$
- 2) $\text{PH}_3 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{S}$
- 3) $\text{HF} - \text{H}_2\text{O} - \text{HCl}$
- 4) $\text{HCl} - \text{H}_2\text{S} - \text{HBr}$

Ответ:

12. Число электронов, которые участвуют в образовании химических связей в молекуле хлороводорода, —

- | | |
|------|------|
| 1) 4 | 3) 6 |
| 2) 2 | 4) 8 |

Ответ:

13. Число электронов, которые участвуют в образовании химических связей в молекуле P_2O_5 , —

- | | |
|-------|-------|
| 1) 4 | 3) 6 |
| 2) 20 | 4) 12 |

Ответ:

14. В хлориде фосфора (V) химическая связь

- 1) ионная
- 2) ковалентная полярная
- 3) ковалентная неполярная
- 4) металлическая

Ответ:

15. Наиболее полярная химическая связь в молекуле

- 1) фтороводорода
- 2) хлороводорода
- 3) воды
- 4) сероводорода

Ответ:

16. Наименее полярная химическая связь в молекуле

- 1) хлороводорода
- 2) бромоводорода
- 3) воды
- 4) сероводорода

Ответ:

17. За счёт общей электронной пары образована связь в веществе

- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1) Mg | 3) NaCl |
| 2) H ₂ | 4) CaCl ₂ |

Ответ:

18. Ковалентная связь образуется между элементами, порядковые номера которых

- 1) 3 и 9
- 2) 11 и 35
- 3) 16 и 17
- 4) 20 и 9

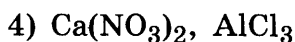
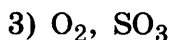
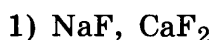
Ответ:

19. Ионная связь образуется между элементами, порядковые номера которых

- 1) 13 и 9
- 2) 18 и 8
- 3) 6 и 8
- 4) 7 и 17

Ответ:

20. В перечне веществ, формулы которых соединения только с ионной связью, это



Ответ:

1.4. ВАЛЕНТНОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ. СТЕПЕНЬ ОКИСЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Валентность является сложным понятием. Этот термин претерпел значительную трансформацию одновременно с развитием теории химической связи. Первоначально валентностью называли способность атома присоединять или замещать определённое число других атомов или атомных групп с образованием химической связи.

Количественной мерой валентности атома элемента считали число атомов водорода или кислорода (данные элементы считали соответственно одно- и двухвалентными), которые элемент присоединяет, образуя гидрид формулы ЭH_x или оксид формулы $\text{Э}_n\text{O}_m$.

Так, валентность атома азота в молекуле аммиака NH_3 равна трём, а атома серы в молекуле H_2S равна двум, поскольку валентность атома водорода равна одному.

В соединениях Na_2O , BaO , Al_2O_3 , SiO_2 валентности натрия, бария и кремния соответственно равны 1, 2, 3 и 4.

Понятие о валентности было введено в химию до того, как стало известно строение атома, а именно в 1853 году английским химиком Франклендом. В настоящее время установлено, что валентность элемента тесно связана с числом внешних электронов атомов, поскольку электроны

внутренних оболочек атомов не участвуют в образовании химических связей.

В электронной теории ковалентной связи считают, что *валентность атома* определяется числом его неспаренных электронов в основном или возбуждённом состоянии, участвующих в образовании общих электронных пар с электронами других атомов.

Для некоторых элементов валентность является величиной постоянной. Так, натрий или калий во всех соединениях одновалентны, кальций, магний и цинк — двухвалентны, алюминий — трёхвалентен и т. д. Но большинство химических элементов проявляют переменную валентность, которая зависит от природы элемента — партнёра и условий протекания процесса. Так, железо может образовывать с хлором два соединения — FeCl_2 и FeCl_3 , в которых валентность железа равна соответственно 2 и 3.

Степень окисления — понятие, характеризующее состояние элемента в химическом соединении и его поведение в окислительно-восстановительных реакциях; численно степень окисления равна формальному заряду, который можно приписать элементу, исходя из предположения, что все электроны каждой его связи перешли к более электроотрицательному атому.

Электроотрицательность — мера способности атома к приобретению отрицательного заряда при образовании химической связи или способность атома в молекуле притягивать к себе валентные электроны, участвующие в образовании химической связи. Электроотрицательность не является абсолютной величиной и рассчитывается различными методами. Поэтому приводимые в разных учебниках и справочниках значения электроотрицательности могут отличаться.

В таблице 2 приведена электроотрицательность некоторых химических элементов по шкале Сандерсона, а в таблице 3 — электроотрицательность элементов по шкале Полинга.

Таблица 2

Электроотрицательность атомов по Сандерсону

| Пери- од | Группа | | | | | | | |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
| I | H 2,1 | | | | | | | He — |
| II | Li 0,97 | Be 1,47 | B 2,01 | C 2,50 | N 3,07 | O 3,50 | F 4,10 | Ne — |
| III | Na 1,01 | Mg 1,23 | Al 1,47 | Si 1,74 | P 2,1 | S 2,6 | Cl 2,83 | Ar — |
| IV | K 0,91 | Ca 1,04 | Sc 1,20 | Ti 1,32 | V 1,45 | Cr 1,56 | Mn 1,60 | Fe Co Ni 1,64 1,70 1,75 |
| | Cu 1,75 | Zn 1,66 | Ga 1,82 | Ge 2,02 | As 2,20 | Se 2,48 | Br 2,74 | Kr — |

Таблица 3

Электроотрицательность элементов по шкале Полинга

| | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | | H 2,1 |
| Li 1,0 | Be 1,5 | B 2,0 | C 2,5 | N 3,0 | O 3,5 | F 4,0 |
| Na 0,9 | Mg 1,2 | Al 1,5 | Si 1,8 | P 2,1 | S 2,5 | Cl 3,0 |
| K 0,8 | Ca 1,0 | Ga 1,6 | Ge 1,8 | As 2,0 | Se 2,4 | Br 2,8 |
| Rb 0,8 | Sr 1,0 | In 1,7 | Sn 1,8 | Sb 1,9 | Te 2,1 | I 2,5 |

Значение электроотрицательности приведено под символом соответствующего элемента. Чем больше численное значение электроотрицательности атома, тем более электроотрицательным является элемент. Наиболее электроотрицательным является атом фтора, наименее электроотрицательным — атом рубидия. В молекуле, образо-

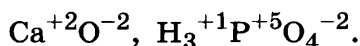
ванной атомами двух разных химических элементов, формальный отрицательный заряд будет у атома, численное значение электроотрицательности у которого будет выше. Так, в молекуле диоксида серы SO_2 электроотрицательность атома серы равна 2,5, а значение электроотрицательности атома кислорода больше — 3,5. Следовательно, отрицательный заряд будет на атоме кислорода, а положительный — на атоме серы.

В молекуле аммиака NH_3 значение электроотрицательности атома азота равно 3,0, а водорода — 2,1. Поэтому отрицательный заряд будет у атома азота, а положительный — у атома водорода.

Следует чётко знать общие тенденции изменения электроотрицательности. Поскольку атом любого химического элемента стремится приобрести устойчивую конфигурацию внешнего электронного слоя — октетную оболочку инертного газа, то электроотрицательность элементов в периоде увеличивается, а в группе электроотрицательность в общем случае уменьшается с увеличением атомного номера элемента. Поэтому, например, сера более электроотрицательна по сравнению с фосфором и кремнием, а углерод более электроотрицателен по сравнению с кремнием.

При составлении формул соединений, состоящих из двух неметаллов, более электроотрицательный из них всегда ставят правее: PCl_3 , NO_2 . Из этого правила есть некоторые исторически сложившиеся исключения, например NH_3 , PH_3 и т.д.

Степень окисления обычно обозначают арабской цифрой (со знаком перед цифрой), расположенной над символом элемента, например:



Для определения степени окисления атомов в химических соединениях руководствуются следующими правилами:

1. Степень окисления элементов в простых веществах равна нулю.

2. Алгебраическая сумма степеней окисления атомов в молекуле равна нулю.

3. Кислород в соединениях проявляет главным образом степень окисления, равную -2 (во фториде кислорода OF_2 $+2$, в пероксидах металлов типа M_2O_2 -1).

4. Водород в соединениях проявляет степень окисления $+1$, за исключением гидридов активных металлов, например, щелочных или щёлочноземельных, в которых степень окисления водорода равна -1 .

5. У одноатомных ионов степень окисления равна заряду иона, например: $\text{K}^+ - +1$, $\text{Ba}^{2+} - +2$, $\text{Br}^- - -1$, $\text{S}^{2-} - -2$ и т. д.

6. В соединениях с ковалентной полярной связью степень окисления более электроотрицательного атома имеет знак минус, а менее электроотрицательного — знак плюс.

7. В органических соединениях степень окисления водорода равна $+1$.

Проиллюстрируем вышеприведённые правила несколькими примерами.

Пример 1. Определить степень окисления элементов в оксидах калия K_2O , селена SeO_3 и железа Fe_3O_4 .

Оксид калия K_2O . Алгебраическая сумма степеней окисления атомов в молекуле равна нулю. Степень окисления кислорода в оксидах равна -2 . Обозначим степень окисления калия в его оксиде за n , тогда $2n + (-2) = 0$ или $2n = 2$, отсюда $n = +1$, т. е. степень окисления калия равна $+1$.

Оксид селена SeO_3 . Молекула SeO_3 электронейтральна. Суммарный отрицательный заряд трёх атомов кислорода составляет $-2 \times 3 = -6$. Следовательно, чтобы уравнять этот отрицательный заряд до нуля, степень окисления селена должна быть равна $+6$.

Молекула Fe_3O_4 электронейтральна. Суммарный отрицательный заряд четырёх атомов кислорода составляет $-2 \times 4 = -8$. Чтобы уравнять этот отрицательный заряд, суммарный положительный заряд на трёх атомах железа

должен быть равен +8. Следовательно, на одном атоме железа должен быть заряд $8/3 = +8/3$.

Следует подчеркнуть, что степень окисления элемента в соединении может быть дробным числом. Такие дробные степени окисления не имеют смысла при объяснении связи в химическом соединении, но могут быть использованы для составления уравнений окислительно-восстановительных реакций.

Пример 2. Определить степень окисления элементов в соединениях NaClO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Молекула NaClO_3 электронейтральна. Степень окисления натрия равна +1, степень окисления кислорода равна -2. Обозначим степень окисления хлора за n , тогда $+1 + n + 3 \times (-2) = 0$, или $+1 + n - 6 = 0$, или $n - 5 = 0$, отсюда $n = +5$. Таким образом, степень окисления хлора равна +5.

Молекула $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ электронейтральна. Степень окисления калия равна +1, степень окисления кислорода равна -2. Обозначим степень окисления хрома за n , тогда $2 \times 1 + 2n + 7 \times (-2) = 0$, или $+2 + 2n - 14 = 0$, или $2n - 12 = 0$, $2n = 12$, отсюда $n = +6$. Таким образом, степень окисления хрома равна +6.

Пример 3. Определим степени окисления серы в сульфат-ионе SO_4^{2-} . Ион SO_4^{2-} имеет заряд -2. Степень окисления кислорода равна -2. Обозначим степень окисления серы за n , тогда $n + 4 \times (-2) = -2$, или $n - 8 = -2$, или $n = -2 - (-8)$, отсюда $n = +6$. Таким образом, степень окисления серы равна +6.

Следует помнить, что степень окисления иногда не равна валентности данного элемента.

Например, степени окисления атома азота в молекуле аммиака NH_3 и в молекуле гидразина N_2H_4 равны -3 и -2 соответственно, тогда как валентность азота в этих соединениях равна трём.

Максимальная положительная степень окисления для элементов главных подгрупп, как правило, равна номеру

группы (исключения: кислород, фтор и некоторые другие элементы).

Максимальная отрицательная степень окисления равна 8 — номер группы.

Тренировочные задания к разделу 1.4

1. В каком соединении степень окисления фосфора равна +5?

- 1) HPO_3
- 2) H_3PO_3
- 3) Li_3P
- 4) AlP

Ответ:

2. В каком соединении степень окисления фосфора равна -3?

- 1) HPO_3
- 2) H_3PO_3
- 3) Li_3PO_4
- 4) AlP

Ответ:

3. В каком соединении степень окисления азота равна +4?

- 1) HNO_2
- 2) N_2O_4
- 3) N_2O
- 4) HNO_3

Ответ:

4. В каком соединении степень окисления азота равна -2?

- 1) NH_3
- 2) N_2H_4
- 3) N_2O_5
- 4) HNO_2

Ответ:

5. В каком соединении степень окисления серы равна +2?
- 1) Na_2SO_3
 - 2) SO_2
 - 3) SCl_2
 - 4) H_2SO_4
- Ответ:
6. В каком соединении степень окисления серы равна +6?
- 1) Na_2SO_3
 - 2) SO_3
 - 3) SCl_2
 - 4) H_2SO_3
- Ответ:
7. В веществах, формулы которых CrBr_2 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Na_2CrO_4 , степень окисления хрома соответственно равна
- 1) +2, +3, +6
 - 2) +3, +6, +6
 - 3) +2, +6, +5
 - 4) +2, +6, +6
- Ответ:
8. Минимальная отрицательная степень окисления химического элемента, как правило, равна
- 1) номеру периода
 - 2) порядковому номеру химического элемента
 - 3) числу электронов, недостающих до завершения внешнего электронного слоя
 - 4) общему числу электронов в элементе
- Ответ:

9. Максимальная положительная степень окисления химических элементов, расположенных в главных подгруппах, как правило, равна

- 1) номеру периода
- 2) порядковому номеру химического элемента
- 3) номеру группы
- 4) общему числу электронов в элементе

Ответ:

10. Фосфор проявляет максимальную положительную степень окисления в соединении

- 1) HPO_3
- 2) H_3PO_3
- 3) Na_3P
- 4) Ca_3P_2

Ответ:

11. Фосфор проявляет минимальную степень окисления в соединении

- 1) HPO_3
- 2) H_3PO_3
- 3) Na_3PO_4
- 4) Ca_3P_2

Ответ:

12. Атомы азота в нитрите аммония, находящиеся в составе катиона и аниона, проявляют степени окисления соответственно

- 1) -3 , $+3$
- 2) -3 , $+5$
- 3) $+3$, -3
- 4) $+3$, $+5$

Ответ:

13. Валентность и степень окисления кислорода в перекиси водорода соответственно равны

- | | |
|-----------|------------|
| 1) II, -2 | 3) I, +4 |
| 2) II, -1 | 4) III, -2 |

Ответ:

14. Валентность и степень окисления серы в пирите FeS_2 соответственно равны

- 1) IV, +5
- 2) II, -1
- 3) II, +6
- 4) III, +4

Ответ:

15. Валентность и степень окисления атома азота в бромиде аммония соответственно равны

- 1) IV, -3
- 2) III, +3
- 3) IV, -2
- 4) III, +4

Ответ:

16. Атом углерода проявляет отрицательную степень окисления в соединении с

- 1) кислородом
- 2) натрием
- 3) фтором
- 4) хлором

Ответ:

17. Постоянную степень окисления в своих соединениях проявляет

- | | |
|-------------|---------|
| 1) стронций | 3) сера |
| 2) железо | 4) хлор |

Ответ:

18. Степень окисления $+3$ в своих соединениях могут проявлять

- 1) хлор и фтор
- 2) фосфор и хлор
- 3) углерод и сера
- 4) кислород и водород

Ответ:

19. Степень окисления $+4$ в своих соединениях могут проявлять

- 1) углерод и водород
- 2) углерод и фосфор
- 3) углерод и кальций
- 4) азот и сера

Ответ:

20. Степень окисления, равную номеру группы, в своих соединениях проявляет

- 1) хлор
- 2) железо
- 3) кислород
- 4) фтор

Ответ:

1.5. ЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА И СМЕСИ

Одним из основных законов химии является **закон постоянства состава вещества**. Согласно классической формулировке этого закона, **состав индивидуального сложного вещества не зависит от способа его получения**. В настоящее время установлено, что этот закон применим главным образом к газам и жидкостям. В процессе развития химии установлено, что наряду с соединениями постоянного состава, или **дальтонидами**, существуют соединения переменного состава, или **бертоллиды**. Если со-

став дальтони́дов выражается простыми формулами с целочисленными стехиометрическими индексами, то состав бертолли́дов не отвечает стехиометрическим отношениям. Примеры дальтони́дов: H_2O , CCl_4 , CO_2 . Примеры бертолли́дов: $\text{VO}_{0,9} - \text{VO}_{1,3}$, $\text{Fe}_{1,05} - \text{FeO}_{1,2}$. Бертолли́ды встречаются среди неорганических веществ, имеющих кристаллическую структуру, например оксидов, сульфидов, нитридов, карбидов и т. д. Современная формулировка закона постоянства состава вещества следующая: *состав соединений молекулярной структуры является постоянным независимо от способа их получения.*

Состав соединений с немолекулярной структурой (атомной, ионной, металлической) не является постоянным и зависит от условий их получения.

Смеси веществ состоят из двух и более компонентов, причём количественный состав смеси не является постоянным и зависит от точки отбора пробы. Примеры смесей: песок и древесные опилки; сахарный песок и поваренная соль.

Часто смеси можно разделить механическим путём с помощью различных технологических приёмов, которые будут описаны в разделе 4.1.

1.6. АТОМЫ И МОЛЕКУЛЫ. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ. ПРОСТЫЕ И СЛОЖНЫЕ ВЕЩЕСТВА. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ. НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Атом — электронейтральная частица, состоящая из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов.

Молекулой называют наименьшую электронейтральную частицу вещества, способную к самостоятельному существованию и обладающую его химическими свойствами. Молекула представляет собой систему взаимодей-

ствующих между собой атомов, образующих определённую структуру с помощью химических связей.

Химический элемент — совокупность атомов, характеризующихся одинаковым значением (величиной) заряда ядра.

Ионами называют электрически заряженные частицы, возникающие при потере или присоединении электронов атомами или молекулами.

Катионами называют положительно заряженные ионы.

Анионами называют отрицательно заряженные ионы.

Вещество — любая совокупность атомов и молекул.

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

По химическому составу неорганические вещества делят на простые и сложные.

Простыми называют вещества, которые образуют атомы одного и того же химического элемента (например, H_2 , O_2).

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 сверху от условной диагонали, проведённой через бор и астат. В главных подгруппах слева от этой диагонали и во всех побочных подгруппах располагаются металлы.

Сложными называют вещества, которые состоят из атомов двух и более элементов (например, H_2S , NO_2).

Для выражения состава вещества используют различные химические формулы. При их написании используют

общепринятые символы химических элементов. Символ элемента состоит из первой буквы или первой и одной из последующих букв латинского названия элемента, при этом первая буква всегда прописная, а вторая — строчная.

Названия и обозначения атомов совпадают с символами химических элементов. Например, О — атом кислорода, 2О — два атома кислорода, О₂ — молекула кислорода, О₃ — молекула озона.

Сложные вещества разделяют на условно электроположительную (катион) и условно электроотрицательную (анион) составляющие. В формуле сложного вещества вначале ставят катион, а затем — анион, например KBr, CuSO₄. Названия сложного вещества читают справа налево, т. е. вначале называют его электроотрицательную составляющую в именительном падеже, а затем электроположительную в родительном падеже.

Для бинарных, т. е. состоящих из двух элементов соединений, действуют следующие правила. Если соединение состоит из металла и неметалла, то на первом месте всегда ставят металл (как более электроположительный элемент): K₂S, BaCl₂.

В формулах соединений, состоящих только из неметаллов, на первом месте всегда ставят элемент, находящийся левее в условном ряду неметаллов, построенном по их возрастающей электроотрицательности:

B, Si, C, As, P, H, Te, Se, S, I, Br, Cl, N, O, F.

Например, IBr — бромид йода, CS₂ — дисульфид углерода.

Формула молекулярная (брутто-формула) включает символы всех химических элементов, входящих в состав соединений. Около каждого символа ставят числовой индекс, показывающий, сколько атомов данного вида входит в состав соединения. Таким образом, молекулярная формула показывает качественный и количественный

состав молекулы. Например, формула KNO_3 показывает, что вещество состоит из 1 атома калия (индекс, равный 1, не ставится), 1 атома азота и 3 атомов кислорода.

Чтобы правильно прочитать формулу, надо знать как русские, так и латинские обозначения элементов. Называя вещество «вода», мы говорим, что его формула H_2O (читается «аш два о»). Данное вещество состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода.

Называя вещество сульфат калия, K_2SO_4 , мы читаем его формулу «калий два эс о четыре». Данное вещество состоит из двух атомов калия, одного атома серы и четырех атомов кислорода.

Если в формуле структурный фрагмент повторяется несколько раз, его заключают в круглые скобки и за скобками ставят числовой индекс, который произносят «дважды», «трижды», например, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ читается «кальций эн о три дважды», $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ читается «магний три пэ о четыре дважды».

Коэффициент, стоящий перед формулой вещества в уравнении реакции, читают как число, например: 3HNO_2 — «три аш эн о два».

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

Называют оксиды, руководствуясь следующими правилами:

1) вначале указывают слово *оксид*, а затем в родительном падеже название второго элемента;

2) если элемент может образовать несколько оксидов, то после названия элемента в скобках указывают его валентность;

3) при написании формул оксидов кислород всегда ставят на втором месте.

Примеры: K_2O — оксид калия, N_2O_5 — оксид азота (V), CrO_3 — оксид хрома (IV).

Для некоторых распространённых оксидов используют тривиальные названия, например CaO — негашеная из-

весть, N_2O — веселящий газ, CO — угарный газ, CO_2 — углекислый газ.

Оксиды классифицируют так.

Низшими называют оксиды, в которых элемент проявляет низшую степень окисления, например MnO — оксид марганца (II).

Высшими называют оксиды, в которых элемент проявляет высшую степень окисления, например Mn_2O_7 — оксид марганца (VII).

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

Солеобразующими называют группу кислотных, основных и амфотерных оксидов.

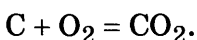
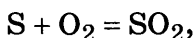
Кислотные оксиды образуют неметаллы и некоторые металлы в высших степенях окисления. Примеры кислотных оксидов: CO_2 , SiO_2 , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 , P_2O_3 , P_2O_5 , SO_2 , SO_3 , Cl_2O_5 , Cl_2O_7 , CrO_3 , Mn_2O_7 .

Основные оксиды образуют металлы в низших степенях окисления. Наиболее известные из них: Li_2O , Na_2O , K_2O , Rb_2O , Cs_2O , MgO , CaO , SrO , BaO , Cu_2O , Ag_2O , HgO , CrO , FeO .

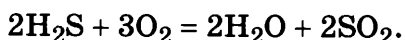
Амфотерными называют оксиды, которые проявляют как основные, так и кислотные свойства, в зависимости от другого реагента. Наиболее известные амфотерные оксиды Al_2O_3 , Cr_2O_3 , ZnO , BeO , PbO , SnO . Ряд оксидов, например CuO , Fe_2O_3 , проявляет амфотерные свойства с преобладанием основных.

Существует несколько способов получения оксидов.

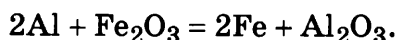
Реакции простых веществ с кислородом:



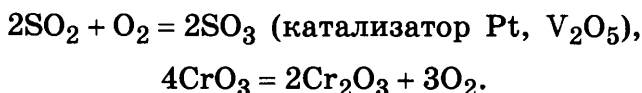
При взаимодействии сложных веществ с кислородом часто образуется смесь оксидов элементов:



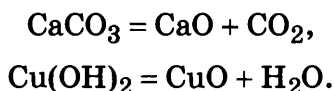
Оксиды металлов реагируют с химически более активными металлами. При этом образуется новый оксид и новый металл:



Некоторые высшие оксиды получают доокислением низших оксидов, а ряд низших оксидов получают разложением высших оксидов:



Иногда для получения оксидов используют реакции разложения солей и гидроксидов:



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, например: NaOH — однокислотное, Mg(OH)_2 — двухкислотное и т. д.

Щелочами называют растворимые в воде основания.

Сильные основания: гидроксиды щелочных и щёлочноземельных металлов LiOH , NaOH , KOH , RbOH , CsOH , Ba(OH)_2 , Ca(OH)_2 , Sr(OH)_2 . Слабые основания: все нерастворимые в воде гидроксиды металлов и гидрат аммиака.

Называют основания следующим образом:

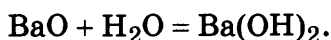
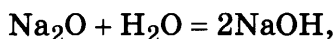
1) вначале указывают слово *гидроксид*, а затем добавляют название металла в родительном падеже;

2) если элемент может образовывать несколько оснований, то после его названия в круглых скобках римской цифрой указывают валентность: KOH — гидроксид калия, Fe(OH)₂ — гидроксид железа (II), Fe(OH)₃ — гидроксид железа (III);

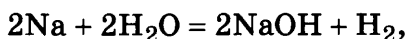
3) при написании формул гидроксидов гидроксильную группу всегда ставят на втором месте.

Для некоторых распространённых гидроксидов используют тривиальные названия, например: Ca(OH)₂ — гашёная известь; NaOH — едкий натр, или каустик.

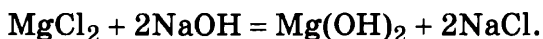
Существуют следующие способы получения оснований:
Реакция основных оксидов с водой:



Взаимодействие некоторых металлов с водой:



Реакция обмена между солями и основаниями:



Первые два способа применяют для получения растворимых, а последний — для получения нерастворимых в воде оснований. Существуют и иные способы получения оснований.

Все растворы щелочей имеют $\text{pH} > 7$. При этих значениях pH происходит изменение окраски индикаторов: лакмуса — на синюю, фенолфталеина — на малиновую, метилового оранжевого — на жёлтую, что является качественным методом обнаружения щелочей. Более подробный материал о показателе pH будет изложен в разделе 4.2.

Кислотами называют класс химических соединений, которые содержат в своём составе один или несколько

катионов водорода, способных замещаться на атомы металлов, и анионов кислотных остатков.

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

В зависимости от элементного состава кислоты делят на бескислородные и кислородные, например HBr и H_2SO_3 . Кислотный остаток — это структурный элемент молекулы кислоты, который выступает как единое целое в ходе химических реакций.

В таблице 4 приведены формулы и названия наиболее распространенных кислот и их солей.

Таблица 4

**Формулы и названия наиболее
распространённых кислот и их солей**

| Формула кислоты | Название кислоты | Название солей |
|-------------------------|---------------------------------|----------------|
| HF | Фтороводородная (плавиковая) | Фториды |
| HCl | Хлороводородная (соляная) | Хлориды |
| HBr | Бромоводородная | Бромиды |
| HI | Йодоводородная | Йодиды |
| H_2S | Сероводородная | Сульфиды |
| H_2SO_3 | Сернистая | Сульфиты |
| H_2SO_4 | Серная | Сульфаты |
| HNO_3 | Азотная | Нитраты |
| HNO_2 | Азотистая | Нитриты |
| H_3PO_4 | Фосфорная | Фосфаты |
| H_2CO_3 | Угольная | Карбонаты |

| Формула кислоты | Название кислоты | Название солей |
|----------------------------|------------------|----------------|
| $\text{CH}_3\text{C(O)OH}$ | Уксусная | Ацетаты |
| H_2SiO_3 | Кремниевая | Силикаты |
| HClO_3 | Хлорноватая | Хлораты |
| HClO_4 | Хлорная | Перхлораты |

Сильные кислоты: HI , HBr , HCl , HClO_3 , HClO_4 , H_2SO_4 , HNO_3 .

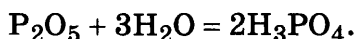
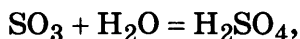
Кислоты средней силы: H_2SO_3 , H_3PO_4 , HF , HNO_2 .

Слабые кислоты: CH_3COOH , H_2CO_3 , H_2S , H_2SiO_3 .

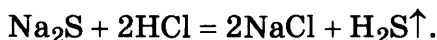
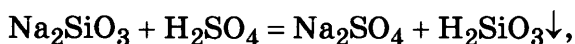
Кислородсодержащие кислоты и основания объединяют в общий класс **гидроксидов**.

Амфотерными называют гидроксиды, способные реагировать как с кислотами, так и с основаниями. Амфотерные гидроксиды: Al(OH)_3 , Cr(OH)_3 , Zn(OH)_2 , Pb(OH)_2 , Be(OH)_2 , Sn(OH)_2 . Некоторые гидроксиды, например Cu(OH)_2 , Fe(OH)_3 , проявляют амфотерные свойства с преобладанием основных.

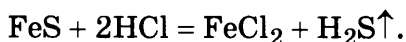
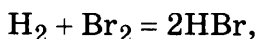
Большинство кислородных кислот получают реакцией соответствующих оксидов с водой:



Некоторые кислоты получают из солей путём вытеснения более сильной кислотой, например:



Бескислородные кислоты получают прямым взаимодействием неметалла с водородом либо действием более сильных кислот на соответствующие соли:



При обычных условиях кислоты представляют собой жидкости (HNO_3 , H_2SO_4), твёрдые (H_3PO_4) и газообразные (HCl) вещества. Большая часть кислот смешиваются с водой в любых соотношениях. Водные растворы кислот имеют $\text{pH} < 7$. При этих значениях pH индикаторы имеют следующую окраску: лакмус — красную, метиловый оранжевый — розовую. Водные растворы кислот имеют кислый вкус и разъедают растительные и животные ткани.

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 (гидрокарбонат лития), CaHPO_4 (гидрофосфат кальция).

Основными называют соли, которые наряду с анионом кислотного остатка содержат одну или несколько гидроксильных групп, способных замещаться на анионы в ходе реакций обмена, например: $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Br}$, $\text{Cu}(\text{OH})\text{I}$.

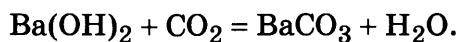
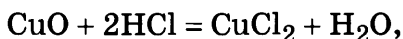
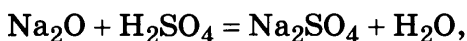
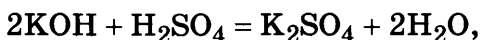
При написании формул солей на первом месте ставят катион, а при написании названий — анион. Названия солей состоят из названия аниона в именительном падеже и названия катиона в родительном. Например, NaBr — бромид натрия, BaCO_3 — карбонат бария. Если металл проявляет различные степени окисления, то в названиях степень окисления указывается римской цифрой: FeCl_2 — хлорид железа (II), FeCl_3 — хлорид железа (III). Кислые соли называют добавлением к аниону приставки *гидро-*,

а если необходимо, то и соответствующего числительного, например: NaHCO_3 — гидрокарбонат натрия, KH_2PO_4 — дигидрофосфат калия.

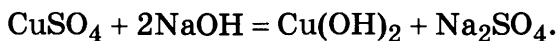
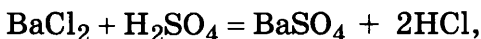
Основные соли называют добавлением приставки *гидроксо-* к названию кислотного остатка, указывая, если необходимо, соответствующее числительное: $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ — гидроксохлорид магния, $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ — дигидроксохлорид алюминия.

Существует множество путей получения солей. Приведём наиболее важные из них.

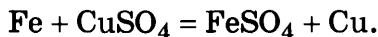
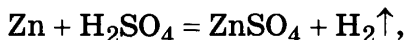
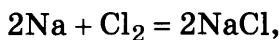
Реакция нейтрализации, т. е. взаимодействие кислот и оснований, взаимодействие кислот с основными и амфотерными оксидами и реакция оснований с кислотными оксидами:



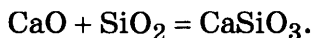
Взаимодействие кислот или щелочей с солями:



Взаимодействие металлов с неметаллами, кислотами, солями:



Взаимодействие основных и кислотных оксидов:



По своим физическим свойствам соли — твёрдые кристаллические вещества, часто имеющие высокие температуры плавления. По растворимости в воде соли делятся на *растворимые* (более 1 г вещества на 100 г воды), *малорастворимые* (от 0,1 до 1 г вещества на 100 г воды) и *нерастворимые* (менее 0,1 г вещества на 100 г воды). В воде растворимы все соли азотной и уксусной кислот.

Тренировочные задания к разделу 1.6

1. Кислотой и амфотерным гидроксидом соответственно являются

- 1) H_2SO_4 и $\text{Zn}(\text{OH})_2$
- 2) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и HCl
- 3) HF и Cr_2O_3
- 4) $\text{Al}(\text{OH})_3$ и HNO_3

Ответ:

2. Основанием и кислотным оксидом соответственно являются

- 1) $\text{Al}(\text{OH})_3$ и Cr_2O_3
- 2) H_2SO_4 и N_2O
- 3) NaOH и Al_2O_3
- 4) $\text{Sr}(\text{OH})_2$ и N_2O_3

Ответ:

3. Кислой солью и несолеобразующим оксидом соответственно являются

- 1) NaHSO_4 и N_2O
- 2) $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$ и FeO
- 3) NaHS и Cr_2O_3
- 4) AlCl_3 и NO

Ответ:

4. Гидроксидом и щёлочью соответственно являются

- 1) H_3PO_4 и KOH
- 2) $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и HBr
- 3) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Fe}(\text{OH})_2$
- 4) $\text{Al}(\text{OH})_3$ и $\text{Pb}(\text{OH})_2$

Ответ:

5. Вещество, химическая формула которого $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, имеет название

- 1) сульфат хрома (III)
- 2) сульфит хрома (III)
- 3) сульфат хрома (II)
- 4) сульфит хрома (II)

Ответ:

6. Вещество, химическая формула которого CaHPO_4 , называется

- 1) фосфат кальция
- 2) гидрофосфат кальция
- 3) дигидрофосфат кальция
- 4) фосфид кальция

Ответ:

7. К простым веществам относится

- 1) поваренная соль
- 2) кислород
- 3) оксид кремния
- 4) пищевая сода

Ответ:

8. К простым веществам относится

- 1) поташ
- 2) углекислый газ
- 3) веселящий газ
- 4) бром

Ответ:

9. К сложным веществам относится

- 1) поташ
- 2) сера
- 3) озон
- 4) бром

Ответ:

10. К сложным веществам относится

- 1) фтор
- 2) фосфор
- 3) углекислый газ
- 4) бром

Ответ:

11. Только основные оксиды приведены в списке

- 1) Li_2O , MgO , Ag_2O
- 2) N_2O , MgO , CuO
- 3) Cr_2O_3 , MgO , Na_2O
- 4) FeO , MgO , ZnO

Ответ:

12. Только несолеобразующие оксиды приведены в
ке

- 1) CrO , CO , K_2O
- 2) N_2O , NO , CO
- 3) CrO_3 , SO_2 , Li_2O
- 4) N_2O_3 , MgO , P_2O_3

Ответ:

13. В перечне веществ, формулы которых:

- | | | |
|-------------------------|----------------------------|------------------|
| А) H_2O | В) HNO_3 | Д) CaO |
| Б) N_2O | Г) H_2SO_4 | Е) NaOH |
- к оксидам относятся

- 1) АБВ
- 2) АБД
- 3) БВД
- 4) БДЕ

Ответ:

☐

14. В перечне веществ, формулы которых:

- | | | |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| А) CaO | В) Cr_2O_3 | Д) SrO |
| Б) Fe_2O_3 | Г) NO | Е) Li_2O |

к основным оксидам относятся

- 1) АБВ
- 2) АБД
- 3) БВД
- 4) АДЕ

Ответ:

☐

15. В перечне веществ, формулы которых:

- | | | |
|-------------------|----------------------------|-----------------|
| А) CO_2 | В) SO_2 | Д) SrO |
| Б) CrO_3 | Г) Cr_2O_3 | Е) CrO |

к кислотным оксидам относятся

- 1) АБВ
- 2) АБД
- 3) БВД
- 4) АДЕ

Ответ:

☐

16. В перечне веществ, формулы которых:

- | | | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| А) CrO | В) ZnO | Д) Al_2O_3 |
| Б) CrO_3 | Г) Cr_2O_3 | Е) NO |

к амфотерным оксидам относятся

- 1) АБВ
- 2) АВД
- 3) ВГД
- 4) АДЕ

Ответ:

☐

17. В перечне веществ, формулы которых:

- А) NH_4Cl В) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ Д) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Б) NH_4NO_3 Г) NH_4HSO_4 Е) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

к средним солям относятся

- 1) АБВ
2) БВГ
3) БВД
4) АБД

Ответ:

18. В перечне веществ, формулы которых:

- А) HCl В) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ Д) H_3PO_4
Б) HNO_3 Г) NH_4HSO_4 Е) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

к кислотам относятся

- 1) АБВ
2) БВГ
3) БВД
4) АБД

Ответ:

19. Только сильные кислоты приведены в списке

- 1) HI , HClO_3 , HNO_3
2) H_2S , HI , HClO_4
3) CH_3COOH , H_2CO_3 , H_2S
4) HCl , HF , HBr

Ответ:

20. Только слабые кислоты приведены в списке

- 1) HI , HClO_3 , HNO_2
2) H_2SO_3 , HNO_2 , H_3PO_4
3) CH_3COOH , H_2CO_3 , H_2SiO_3
4) HCl , HF , HBr

Ответ:

Раздел 2

ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ

2.1. ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ. УСЛОВИЯ И ПРИЗНАКИ ПРОТЕКАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ. ХИМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ. СОХРАНЕНИЕ МАССЫ ВЕЩЕСТВ ПРИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ

Химической реакцией называют взаимодействия, приводящие к изменению химической природы участвующих в них частиц. При этом происходит изменение их состава и (или) строения. В химических реакциях могут участвовать атомы, молекулы, ионы и радикалы.

В ходе химических реакций атомные ядра не затрагиваются и число атомов каждого химического элемента сохраняется.

Химические реакции протекают при определённых условиях (температура, давление, наличие или отсутствие растворителя, катализатора, ультрафиолетового излучения).

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

Описание качественных реакций, используемых для определения некоторых катионов и анионов, приводится в приложении к данной книге.

В таблице 5 представлены сведения о внешнем виде и свойствах некоторых распространённых веществ и соединений, используемых при описании внешних признаков протекания химической реакции.

Таблица 5

Внешний вид и свойства некоторых распространённых веществ и соединений, используемые при описании внешних признаков протекания химической реакции

| Группа | Формула вещества | Внешний вид и свойства |
|--------|--------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| I | H_2 | Бесцветный газ, легче воздуха, плохо растворим в воде |
| | Cu_2O | Тёмно-красное твёрдое вещество, нерастворимо в воде, растворяется в кислотах и щелочах |
| | CuO | Тёмно-коричневое твёрдое вещество, нерастворимо в воде, растворяется в разбавленных кислотах и концентрированных щелочах и гидрате аммиака |
| | $\text{Cu}(\text{OH})_2$ | Ярко-голубое кристаллическое вещество, нерастворимо в воде, растворяется в разбавленных кислотах и концентрированных щелочах и гидрате аммиака |
| | CuS | Вещество чёрного цвета, нерастворимое в воде, реагирует с сильными кислотами |
| | AgCl | Кристаллическое вещество белого цвета, нерастворимое в воде и кислотах. Реагирует с концентрированными щелочами |
| | AgBr | Светло-жёлтое кристаллическое вещество, нерастворимое в воде. Реагирует с концентрированными щелочами и кислотами. |
| | AgI | Жёлтое кристаллическое вещество, нерастворимое в воде. Разлагается концентрированными кислотами и щелочами |
| | Ag_3PO_4 | Жёлтое кристаллическое вещество, нерастворимое в воде. Растворяется в концентрированном растворе аммиака |
| II | CaCO_3 | Твёрдое вещество белого цвета, нерастворимое в воде и щелочах. Растворяется в кислотах и переводится в раствор избытком углекислого газа |

Продолжение таблицы

| Группа | Формула вещества | Внешний вид и свойства |
|--------|--------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| | BaSO_4 | Белое вещество, нерастворимое в воде, щелочах и кислотах, за исключением концентрированной серной кислоты |
| | BaCO_3 | Вещество белого цвета, нерастворимое в воде, реагирует с кислотами |
| III | $\text{Al}(\text{OH})_3$ | 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 щелочами |
| | NO_2 | Бурый газ, хорошо растворимый в воде. Ядовит |
| 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 с щелочами. Ядовит |
| | SO_2 | Бесцветный газ с резким запахом, хорошо растворяется в воде. Ядовит |

Окончание таблицы

| Группа | Формула вещества | Внешний вид и свойства |
|--------|-----------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| | SO_3 | Белая гигроскопичная жидкость, хорошо растворимая в воде |
| | $\text{Cr}(\text{OH})_3$ | Серо-зелёное вещество, нерастворимое в воде |
| | K_2CrO_4 | Жёлтое вещество, хорошо растворимое в воде |
| | $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ | Оранжево-красное вещество, хорошо растворимое в воде |
| VII | Cl_2 | Газ жёлто-зелёного цвета с характерным запахом, тяжелее воздуха, плохо растворим в воде. Ядовит |
| | Br_2 | Тёмно-красная тяжёлая жидкость, плохо растворяется в воде. Ядовит |
| | I_2 | Фиолетово-чёрное кристаллическое вещество, плохо растворимое в воде. Обладает бактерицидным действием |
| VIII | $\text{Fe}(\text{OH})_2$ | Белое термически неустойчивое вещество, нерастворимое в воде |
| | $\text{Fe}(\text{OH})_3$ | Бурое вещество, нерастворимое в воде, растворимое в кислотах и концентрированных щелочах |

Для описания химических реакций используют **химические уравнения**, в левой части которых указывают исходные вещества, а в правой — продукты реакции. Обе части химического уравнения соединяют стрелкой (в случае необратимых химических превращений), а если химическая реакция является обратимой, то это показывают с помощью прямой и обратной стрелок.

В неорганической химии, если количество атомов химических элементов в левой и правой частях уравнено с помощью стехиометрических коэффициентов, части уравнения часто соединяют знаком равенства.

Стехиометрией называют учение о количественных соотношениях между реагентами и продуктами реакции.

Коэффициенты стехиометрические — действительные натуральные (то есть положительные, как правило, целые) числа, стоящие перед формулой химического вещества в уравнении реакции. Коэффициенты показывают минимальное количество структурных единиц вещества (атомов, молекул, ионов, радикалов), участвующих в данной реакции.



В вышеприведённой реакции два атома алюминия реагируют с тремя молекулами серной кислоты, в результате чего образуется одна молекула сульфата алюминия (коэффициент, равный одному, перед формулой не ставят) и три молекулы водорода.

В соответствии с **законом сохранения массы** (закон Ломоносова — Лавуазье) масса всех веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе всех продуктов реакции.

Этот закон подтверждает, что атомы являются неделимыми и в ходе химических реакций не изменяются. Молекулы при реакциях претерпевают изменения, но общее число атомов каждого вида не изменяется, и поэтому общая масса веществ в процессе реакции сохраняется.

Тренировочные задания к разделу 2.1

1. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

А) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и NaOH

Б) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и Na_2S

В) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и HNO_3

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

1) растворение осадка

2) выделение чёрного осадка

3) отсутствие внешних признаков

4) выделение синего осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

2. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВАА) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и NaOH Б) HCl и $\text{Al}(\text{OH})_3$ В) AgNO_3 и KI **ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ**

1) выделение жёлтого осадка

2) растворение осадка

3) выделение белого осадка

4) выделение синего осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

3. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВАА) AgNO_3 и H_3PO_4 Б) $\text{Zn}(\text{OH})_2$ и HCl В) MnO_2 и HCl **ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ**

1) отсутствие внешних признаков

2) выделение жёлто-зелёного газа

3) выделение жёлтого осадка

4) растворение осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

4. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВАА) K_2CrO_4 и H_2SO_4 Б) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ и HCl В) HCl и NaOH **ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ**

1) появление оранжево-красной окраски

2) выделение газа с характерным запахом

3) растворение осадка

4) отсутствие внешних признаков

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

5. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВАА) AgNO_3 и NaCl Б) NaI и AgNO_3 В) CuCl_2 и Na_2S **ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ**

1) выделение жёлтого осадка

2) отсутствие внешних признаков

3) выделение белого осадка

4) выделение чёрного осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

6. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВАА) AgNO_3 и NaI Б) Zn и KOH В) HCl и FeS **ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ**

1) выделение жёлтого осадка

2) выделение газа с характерным запахом тухлых яиц

3) выделение бесцветного газа

4) выделение чёрного осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

7. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВАА) K_2S и H_2SO_4 Б) Fe(OH)_2 и HCl В) FeSO_4 и $\text{Ba(NO}_3)_2$ **ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ**

1) отсутствие внешних признаков

2) выделение газа с характерным запахом тухлых яиц

3) выделение белого осадка

4) растворение осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

8. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

А) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и KOH Б) K_2CO_3 и BaCl_2 В) Na_2CO_3 и HNO_3

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

1) выделение бесцветного газа

2) выделение газа с характерным запахом

3) выделение белого осадка

4) выделение синего осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

9. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

А) CaCl_2 и AgNO_3 Б) CuCl_2 и $\text{Ba}(\text{OH})_2$ В) FeCl_3 и $\text{Ba}(\text{OH})_2$

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

1) выделение синего осадка

2) растворение осадка

3) выделение белого осадка

4) выделение бурого осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

10. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

А) AgNO_3 и NaI Б) Al и NaOH В) HCl и K_2SO_3

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

1) выделение бесцветного газа

2) выделение газа с характерным запахом

3) выделение белого осадка

4) выделение жёлтого осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

11. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

- А) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ и NaOH
 Б) K_2CO_3 и HNO_3
 В) HBr и NaOH

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

- 1) выделение бесцветного газа
 2) выделение газа с характерным запахом
 3) выделение белого осадка
 4) отсутствие внешних признаков

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

12. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

- А) Cu и HNO_3 (конц.)
 Б) Cu и H_2SO_4 (конц.)
 В) BaCO_3 и HCl

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

- 1) выделение бурого газа
 2) выделение газа с характерным запахом
 3) выделение белого осадка
 4) выделение бесцветного газа без запаха

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

13. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

- А) AgNO_3 и NH_4Cl
 Б) NH_4Cl и $\text{Ca}(\text{OH})_2$
 В) CuSO_4 и KOH

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

- 1) выделение бесцветного газа без запаха
 2) выделение газа с характерным запахом
 3) выделение белого осадка
 4) выделение синего осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

14. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

А) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ и NaOH Б) KOH и CuCl_2 В) ZnCl_2 и Na_2S

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

1) выделение бурого осадка

2) выделение газа с характерным запахом

3) выделение белого осадка

4) выделение синего осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

15. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

А) Cu и H_2SO_4 (конц.)Б) NaOH и NH_4Cl В) Na_2CO_3 и HI

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

1) выделение бесцветного газа

2) выделение бесцветного газа

3) выделение белого осадка

4) выделение чёрного осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

16. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВА

А) CuSO_4 и BaCl_2 Б) CuSO_4 и NaOH В) FeSO_4 и NaOH

ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ

1) выделение бесцветного газа

2) выделение газа с характерным запахом

3) выделение белого осадка

4) выделение синего осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

17. Установите соответствие между веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВАА) FeCl_3 и AgNO_3 Б) CaCl_2 и Na_2CO_3 В) KOH и H_3PO_4 **ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ**

1) отсутствие внешних признаков

2) выделение газа с характерным запахом

3) выделение белого осадка

4) выделение чёрного осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

18. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВАА) H_2SO_4 и Na_2SO_3 Б) HCl и Na_2CO_3 В) $\text{Cr}(\text{OH})_3$ и HCl **ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ**

1) выделение бесцветного газа

2) выделение бесцветного газа с характерным запахом

3) выделение белого осадка

4) растворение осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

19. Установите соответствие между веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВАА) HNO_3 и K_2SiO_3 Б) H_2SO_4 и BaCl_2 В) Cu и H_2SO_4 **ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ**

1) выделение бесцветного газа без запаха

2) выделение бесцветного газа с характерным запахом

3) выделение белого осадка

4) выделение студенистого бесцветного осадка

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

20. Установите соответствие между реагирующими веществами и признаками протекающей между ними реакции.

ВЕЩЕСТВАА) BaI_2 и AgNO_3 Б) Ag и HNO_3 (конц.)В) Ag и H_2SO_4 (конц.)**ПРИЗНАКИ РЕАКЦИИ**

1) выделение бурого газа

2) выделение газа с характерным запахом

3) выделение белого осадка

4) выделение жёлтого осадка

Ответ:

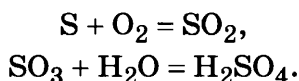
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПО РАЗЛИЧНЫМ ПРИЗНАКАМ: ЧИСЛУ И СОСТАВУ ИСХОДНЫХ И ПОЛУЧЕННЫХ ВЕЩЕСТВ, ИЗМЕНЕНИЮ СТЕПЕНЕЙ ОКИСЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ПОГЛОЩЕНИЮ И ВЫДЕЛЕНИЮ ЭНЕРГИИ

Классификацию химических реакций в неорганической и органической химии осуществляют на основании различных классифицирующих признаков.

По числу и составу исходных и полученных веществ различают реакции соединения, разложения, обмена и замещения.

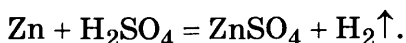
Реакциями соединения называют химические реакции, в результате которых сложные молекулы получают из двух и более простых, например:



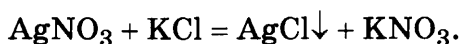
Реакциями разложения называют химические реакции, в результате которых простые молекулы получаются из более сложных, например:



Реакциями замещения называют химические реакции, в результате которых атом или группа атомов в молекуле вещества замещается на другой атом или группу атомов, например:

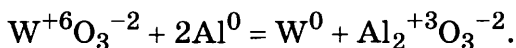


Реакциями обмена называют химические реакции, протекающие без изменения степеней окисления элементов и приводящие к обмену составных частей реагентов, например:

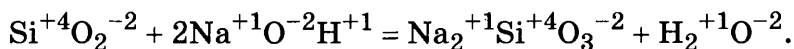


По изменению степеней окисления химических элементов, входящих в состав реагирующих веществ, реакции делят на окислительно-восстановительные и не окислительно-восстановительные.

Окислительно-восстановительными называют реакции, сопровождающиеся изменением степеней окисления химических элементов, входящих в состав реагентов:

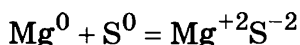


Не окислительно-восстановительными называют реакции, в которых степень окисления химических элементов, входящих в состав реагентов, не изменяется.

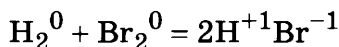


Окислительно-восстановительные реакции разделяют на следующие основные типы: реакции межмолекулярного окисления-восстановления, реакции внутримолекулярного окисления-восстановления, реакции диспропорционирования и реакции конмутации.

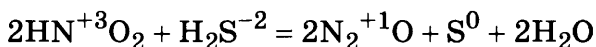
Реакциями межмолекулярного окисления-восстановления называют реакции, в которых обмен электронами происходит между различными атомами, молекулами или ионами, например:



(сера — окислитель, магний — восстановитель).



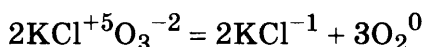
(бром — окислитель, водород — восстановитель).



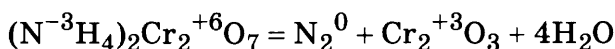
(окислитель — азотистая кислота, восстановитель — сероводород).

Таким образом, атом-окислитель и атом-восстановитель в данных реакциях принадлежат разным веществам.

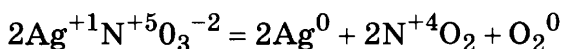
Реакциями внутримолекулярного окисления-восстановления называют реакции, в которых атом-окислитель и атом-восстановитель входят в состав одной и той же молекулы.



(окислитель — атом хлора в степени окисления +5, восстановитель — атом кислорода в степени окисления -2).

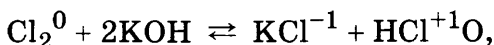
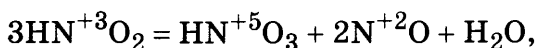


(окислитель — атом хрома в степени окисления +6, восстановитель — атом азота в степени окисления -3).

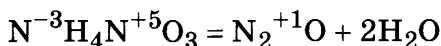


(окислители — атомы серебра в степени окисления +1 и азота в степени окисления +5, восстановитель — атом кислорода в степени окисления -2).

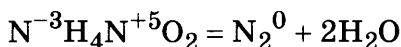
Реакциями диспропорционирования называют реакции, в которых молекулы или ионы одного и того же вещества реагируют друг с другом как окислитель и восстановитель. При этом содержащиеся в данном соединении атомы с переменной промежуточной степенью окисления переходят один в высшую, другой — в низшую степень окисления, например:



Реакциями коммутации называют реакции окисления-восстановления, в результате которых происходит выравнивание степеней окисления атомов одного и того же элемента, например:



(окислитель — атом азота в степени окисления +5, восстановитель — атом азота в степени окислителя -3).

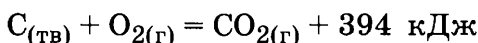


(окислитель — атом азота в степени окисления +3, восстановитель — атом азота в степени окислителя -3).

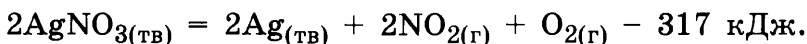
По тепловому эффекту, сопровождающему химические реакции, их разделяют на экзотермические и эндотермические.

Экзотермическими называют химические реакции, идущие с выделением теплоты. Условное обозначение изменения энтальпии ΔH , а теплового эффекта реакции Q . Для экзотермических реакций $Q > 0$, а $\Delta H < 0$.

Например:



Эндотермическими называют химические реакции, идущие с поглощением теплоты. Для эндотермических реакций $Q < 0$, а $\Delta H > 0$. Например:



В термохимическом уравнении реакции обязательно указывают и агрегатные состояния вещества (твёрдое, жидкое, газообразное).

В соответствии с агрегатным состоянием реагентов различают гомогенные и гетерогенные химические реакции.

Гомогенными называют реакции, протекающие в однородной среде.

Гетерогенными называют реакции, протекающие в неоднородной среде, на поверхности соприкосновения реагирующих веществ, находящихся в разных фазах, например твёрдой и газообразной, жидкой и газообразной, в двух несмешивающихся жидкостях.

Тренировочные задания к разделу 2.2

1. Реакция $3\text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ относится к реакциям

1) разложения

3) обмена

2) соединения

4) замещения

О т в е т:

2. Реакция $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaOH}$ относится к реакциям

1) разложения

3) обмена

2) соединения

4) замещения

О т в е т:

3. Реакция $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$ относится к реакциям

1) разложения

3) обмена

2) соединения

4) замещения

О т в е т:

4. Реакция $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ относится к реакциям

1) разложения

3) обмена

2) соединения

4) замещения

О т в е т:

5. Реакция разложения описана уравнением

1) $\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$

2) $\text{BaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2$

3) $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{ZnCl}_2 + \text{BaSO}_4$

4) $\text{FeO} + \text{H}_2 = \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$

О т в е т:

6. Реакция соединения описана уравнением

- 1) $\text{Br}_2 + \text{H}_2 = 2\text{HBr}$
- 2) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{ZnS} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$
- 4) $\text{HI} + \text{NaOH} = \text{NaI} + \text{H}_2\text{O}$

Ответ: ☐**7. К каталитическим процессам относят реакцию между**

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1) калием и водой | 3) азотом и литием |
| 2) серой и хлором | 4) азотом и водородом |

Ответ: ☐**8. К экзотермическим реакциям относится взаимодействие**

- 1) азота с кислородом
- 2) углерода с углекислым газом
- 3) воды с углеродом
- 4) углерода с кислородом

Ответ: ☐**9. К окислительно-восстановительным реакциям не относится взаимодействие**

- 1) натрия и хлора
- 2) брома и водорода
- 3) гидроксида калия и уксусной кислоты
- 4) кальция и уксусной кислоты

Ответ: ☐**10. К реакциям замещения относится взаимодействие**

- 1) серной кислоты и гидроксида натрия
- 2) серной кислоты и железа
- 3) серной кислоты и оксида натрия
- 4) серной кислоты и хлорида бария

Ответ: ☐

11. К экзотермическим реакциям относится

- 1) взаимодействие соляной кислоты и гидроксида калия
- 2) взаимодействие азота и кислорода
- 3) гидролиз сульфата меди
- 4) разложение карбоната натрия

Ответ: ☐

12. К эндотермическим реакциям относится

- 1) взаимодействие азота и кислорода
- 2) взаимодействие азотной кислоты и гидроксида лития
- 3) взаимодействие кислорода и водорода
- 4) взаимодействие воды и оксида калия

Ответ: ☐

13. К окислительно-восстановительным реакциям не относится взаимодействие

- 1) натрия и брома
- 2) натрия и кислорода
- 3) оксида калия и воды
- 4) натрия и уксусной кислоты

Ответ: ☐

14. Взаимодействие хлора с гидроксидом калия относится к реакциям

- 1) нейтрализации
- 2) межмолекулярного окисления-восстановления
- 3) диспропорционирования
- 4) обмена

Ответ: ☐

15. Взаимодействие азота и кислорода относится к реакциям

- 1) соединения, эндотермическим
- 2) соединения, экзотермическим
- 3) разложения, эндотермическим
- 4) обмена, экзотермическим

Ответ: ☐

16. К эндотермическим реакциям относится взаимодействие

- 1) азота и лития
- 2) азота и кислорода
- 3) кислорода и кальция
- 4) углерода и кислорода

Ответ: ☐

17. Взаимодействие оксида кальция и воды относится к реакциям

- 1) каталитическим, экзотермическим
- 2) разложения, эндотермическим
- 3) соединения, экзотермическим
- 4) обмена, эндотермическим

Ответ: ☐

18. К каталитическим экзотермическим реакциям относится

- 1) получение фосфорной кислоты из оксида фосфора (V) и воды
- 2) разложение карбоната кальция
- 3) синтез аммиака из простых веществ
- 4) получение соляной кислоты из хлора и водорода

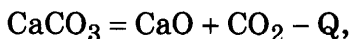
Ответ: ☐

19. При нагревании нитрата серебра происходит реакция

- 1) соединения
- 2) разложения
- 3) замещения
- 4) обмена

Ответ:

20. Реакция, протекающая по схеме:



является реакцией

- 1) экзотермического разложения
- 2) разложения
- 3) замещения
- 4) эндотермического разложения

Ответ:

2.3. ЭЛЕКТРОЛИТЫ И НЕЭЛЕКТРОЛИТЫ

Электролитами называют вещества, водные растворы или расплавы которых проводят электрический ток. **Электролитической диссоциацией** называют распад электролитов в растворах или расплавах на ионы.

Степенью диссоциации называют отношение числа распавшихся на ионы молекул N_1 к общему числу растворенных молекул N . Её обозначают символом α , определяют экспериментально и выражают в долях единицы или в процентах:

$$\alpha = N_1/N.$$

Степень диссоциации электролитов в общем случае зависит от природы электролита и растворителя, от концентрации и температуры раствора. С понижением концентрации уменьшается взаимодействие ионов в растворе,

приводящее к образованию молекул, и степень диссоциации возрастает. Как правило, степень диссоциации возрастает при повышении температуры.

По степени диссоциации электролиты делят на сильные, слабые и электролиты средней силы.

К сильным электролитам относят вещества, которые практически полностью диссоциируют на ионы: HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , HI , KOH , NaOH и многие растворимые в воде соли (NaCl , K_2SO_4). Степень диссоциации таких электролитов $> 0,3$.

К слабым электролитам относят вещества, диссоциирующие на ионы в незначительной степени, например H_3BO_3 , CH_3COOH , HCN , H_2S . Степень диссоциации таких электролитов $< 0,03$.

К электролитам средней силы относят вещества, в растворах которых число диссоциирующих молекул примерно равно числу молекул, не подвергшихся диссоциации, например: H_2SO_3 , HNO_2 , H_3PO_4 и т. д. Их степень диссоциации лежит в пределах от 0,03 до 0,3.

Данная классификация весьма условна и относится к растворам электролитов с концентрацией 5—10%. Следует подчеркнуть, что в бесконечно разбавленных растворах степень диссоциации любого (даже слабого!) электролита близка к 1.

2.4. КАТИОНЫ И АНИОНЫ. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ КИСЛОТ, ЩЕЛОЧЕЙ И СОЛЕЙ (СРЕДНИХ)

Катионами называют положительно заряженные ионы.

Анионами называют отрицательно заряженные ионы.

В процессе развития химии понятия «кислота» и «основание» претерпели серьёзные изменения. С точки зрения теории электролитической диссоциации кислотами называют электролиты, при диссоциации которых обра-

зуются ионы водорода H^+ , а основаниями — электролиты, при диссоциации которых образуются гидроксид-ионы OH^- . Эти определения в химической литературе известны как определения кислот и оснований по Аррениусу.

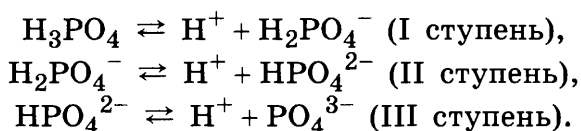
В общем виде диссоциацию кислот представляют так:



где A^- — кислотный остаток.

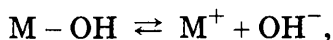
Такие свойства кислот, как взаимодействие с металлами, основаниями, основными и амфотерными оксидами, способность изменять окраску индикаторов, кислый вкус и т. д., обусловлены наличием в растворах кислот ионов H^+ . Число катионов водорода, которые образуются при диссоциации кислоты, называют её основностью. Так, например, HCl является одноосновной кислотой, H_2SO_4 — двухосновной, а H_3PO_4 — трёхосновной.

Многоосновные кислоты диссоциируют ступенчато, например:



От образовавшегося на первой ступени кислотного остатка H_2PO_4^- последующий отрыв иона H^+ происходит гораздо труднее из-за наличия отрицательного заряда на анионе, поэтому вторая ступень диссоциации протекает гораздо труднее, чем первая. На третьей ступени протон должен отщепляться от аниона HPO_4^{2-} , поэтому третья ступень протекает лишь на 0,001%.

В общем виде диссоциацию основания можно представить так:

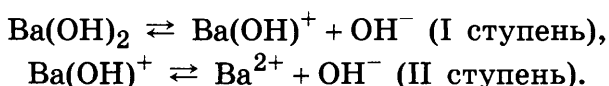


где M^+ — некий катион.

Такие свойства оснований, как взаимодействие с кислотами, кислотными оксидами, амфотерными гидроксидами и способность изменять окраску индикаторов, обусловлены наличием в растворах OH^- -ионов.

Число гидроксильных групп, которые образуются при диссоциации основания, называют его кислотностью. Например, NaOH — однокислотное основание, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ — двухкислотное и т. д.

Многокислотные основания диссоциируют ступенчато, например:

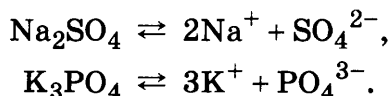


Большинство оснований в воде растворимо мало. Растворимые в воде основания называют *щелочами*.

Прочность связи $\text{M}-\text{OH}$ возрастает с увеличением заряда иона металла и увеличением его радиуса. Поэтому сила оснований, образуемых элементами в пределах одного и того же периода, уменьшается с возрастанием порядкового номера. Если один и тот же элемент образует несколько оснований, то степень диссоциации уменьшается с увеличением степени окисления металла. Поэтому, например, у $\text{Fe}(\text{OH})_2$ степень основной диссоциации больше, чем у $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Электролиты, при диссоциации которых одновременно могут образовываться катионы водорода и гидроксид-ионы, называют *амфотерными*. К ним относят воду, гидроксиды цинка, хрома и некоторые другие вещества. Их полный перечень приведён в разделе 1.6, а их свойства рассмотрены в разделе 3.2.2.

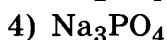
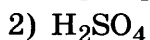
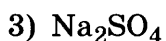
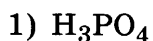
Солями называют электролиты, при диссоциации которых образуются катионы металлов (а также катион аммония NH_4^+) и анионы кислотных остатков.



Химические свойства солей будут описаны в разделе 3.2.4.

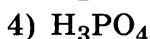
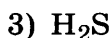
Тренировочные задания к разделам 2.3—2.4

1. К электролитам средней силы относится



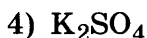
О т в е т:

2. К сильным электролитам относится



О т в е т:

3. Сульфат-ион в значительном количестве образуется при диссоциации в водном растворе вещества, формула которого



О т в е т:

4. При разбавлении раствора электролита степень диссоциации

1) остается неизменной

2) понижается

3) повышается

4) сначала повышается, потом понижается

О т в е т:

5. Степень диссоциации при нагревании раствора слабого электролита

1) остается неизменной

2) понижается

3) повышается

4) сначала повышается, потом понижается

О т в е т:

6. Только сильные электролиты перечислены в ряду:

- 1) H_3PO_4 , K_2SO_4 , KOH
- 2) NaOH , HNO_3 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
- 3) K_3PO_4 , HNO_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- 4) Na_2SiO_3 , BaSO_4 , KCl

Ответ: ☐

7. Водные растворы глюкозы и сульфата калия соответственно являются:

- 1) сильным и слабым электролитом
- 2) неэлектролитом и сильным электролитом
- 3) слабым и сильным электролитом
- 4) слабым электролитом и неэлектролитом

Ответ: ☐

8. Степень диссоциации электролитов средней силы

- 1) больше 0,6
- 2) больше 0,3
- 3) лежит в пределах 0,03—0,3
- 4) менее 0,03

Ответ: ☐

9. Степень диссоциации сильных электролитов

- 1) больше 0,6
- 2) больше 0,3
- 3) лежит в пределах 0,03—0,3
- 4) менее 0,03

Ответ: ☐

10. Степень диссоциации слабых электролитов

- 1) больше 0,6
- 2) больше 0,3
- 3) лежит в пределах 0,03—0,3
- 4) менее 0,03

Ответ: ☐

11. Электролитами являются оба вещества:

- 1) фосфорная кислота и глюкоза
- 2) хлорид натрия и сульфат натрия
- 3) фруктоза и хлорид калия
- 4) ацетон и сульфат натрия

Ответ: ☐

12. В водном растворе фосфорной кислоты H_3PO_4 наименьшая концентрация частиц

- | | |
|------------------------------|------------------------|
| 1) H_3PO_4 | 3) HPO_4^{2-} |
| 2) H_2PO_4^- | 4) PO_4^{3-} |

Ответ: ☐

13. Электролиты расположены в порядке увеличения степени диссоциации в ряду

- 1) HNO_2 , HNO_3 , H_2SO_3
- 2) H_3PO_4 , H_2SO_4 , HNO_2
- 3) HCl , HBr , H_2O
- 4) CH_3COOH , H_3PO_4 , Na_2SO_4

Ответ: ☐

14. Электролиты расположены в порядке уменьшения степени диссоциации в ряду

- 1) HNO_2 , H_3PO_4 , H_2SO_3
- 2) HNO_3 , H_2SO_4 , HCl
- 3) HCl , H_3PO_4 , H_2O
- 4) CH_3COOH , H_3PO_4 , Na_2SO_4

Ответ: ☐

15. Практически необратимо диссоциирует в водном растворе

- 1) уксусная кислота
- 2) бромоводородная кислота

3) фосфорная кислота

4) гидроксид кальция

Ответ: ☐

16. Электролитом, более сильным по сравнению с азотистой кислотой, будет

1) уксусная кислота

2) сернистая кислота

3) фосфорная кислота

4) гидроксид натрия

Ответ: ☐

17. Ступенчатая диссоциация характерна для

1) фосфорной кислоты

2) соляной кислоты

3) гидроксида натрия

4) нитрата натрия

Ответ: ☐

18. Каждое из двух веществ является слабым электролитом

1) сульфат натрия и азотная кислота

2) уксусная кислота, сероводородная кислота

3) сульфат натрия, глюкоза

4) хлорид натрия, ацетон

Ответ: ☐

19. Каждое из двух веществ является сильным электролитом

1) нитрат кальция, фосфат натрия

2) азотная кислота, азотистая кислота

3) гидроксид бария, сернистая кислота

4) уксусная кислота, фосфат калия

Ответ: ☐

20. Оба вещества являются электролитами средней силы

- 1) гидроксид натрия, хлорид калия
- 2) фосфорная кислота, азотистая кислота
- 3) хлорид натрия, уксусная кислота
- 4) глюкоза, ацетат калия

Ответ:

2.5. РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА И УСЛОВИЯ ИХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

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 сокращённой 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.

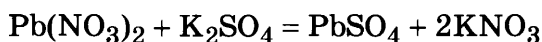
2. Руководствуясь знаниями физико-химических свойств реагентов и таблицами растворимости веществ, составляют формулы продуктов реакции.

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

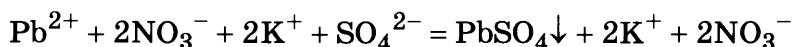
Реакции ионного обмена в растворах электролитов протекают практически необратимо и до конца, если в качестве продуктов образуются осадки (малорастворимые вещества), газы (легколетучие вещества), слабые электролиты (малодиссоциированные соединения) и комплексные ионы.

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

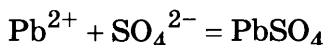
Пример 1. Реакция между нитратом свинца и сульфатом калия. В результате этой реакции образуется нерастворимый сульфат свинца и выделяется растворимый нитрат калия:



(молекулярная форма),



(полная ионно-молекулярная форма),

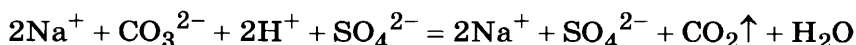


(сокращённая ионно-молекулярная форма).

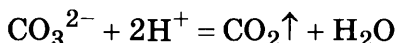
Пример 2. Взаимодействие карбоната натрия с серной кислотой. При этом выделяется углекислый газ и вода, а в растворе остаются катионы натрия и сульфат-ионы:



(молекулярная форма),

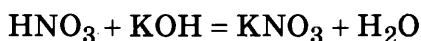


(полная ионно-молекулярная форма),



(сокращённая ионно-молекулярная форма).

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



(молекулярная форма),



(полная ионно-молекулярная форма),



(сокращённая ионно-молекулярная форма).

Тренировочные задания к разделу 2.5

1. Осадок образуется при взаимодействии водных растворов

- 1) NaBr и CaCl_2
- 2) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ и AlCl_3
- 3) Na_2CO_3 и HCl
- 4) LiCl и Na_3PO_4

Ответ: ☐

2. Газ выделяется при взаимодействии водных растворов

- 1) KCl и NaCO_3
- 2) HCl и NaCO_3
- 3) BaCl_2 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- 4) NaCl и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

Ответ: ☐

3. Краткое ионное уравнение

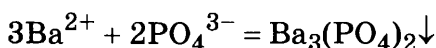


описывает взаимодействие

- 1) гидроксида кальция и фосфорной кислоты
- 2) гидроксида лития и фосфорной кислоты
- 3) гидроксида натрия и бромоводородной кислоты
- 4) гидроксида алюминия и бромоводородной кислоты

О т в е т: ☐

4. Краткое ионное уравнение

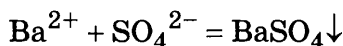


описывает взаимодействие

- 1) карбоната бария и фосфорной кислоты
- 2) карбоната бария и фосфата натрия
- 3) хлорида бария и фосфорной кислоты
- 4) хлорида бария и фосфата натрия

О т в е т: ☐

5. Краткое ионное уравнение

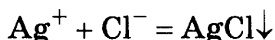


описывает взаимодействие

- 1) хлорида бария и сульфата натрия
- 2) хлорида бария и сернистой кислоты
- 3) гидроксида бария и сульфата натрия
- 4) гидроксида бария и серной кислоты

О т в е т: ☐

6. Краткое ионное уравнение



описывает взаимодействие

- 1) хлорида кальция и бромида серебра
- 2) фосфата серебра и соляной кислоты
- 3) карбоната серебра и хлорида натрия
- 4) нитрата серебра и хлорида калия

О т в е т: ☐

7. Краткое ионное уравнение

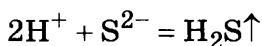


отвечает взаимодействию

- 1) азотной кислоты и гидроксида железа (III)
- 2) бромоводородной кислоты и гидроксида натрия
- 3) азотной кислоты и гидроксида меди
- 4) сернистой кислоты и гидроксида кальция

О т в е т :

8. Краткое ионное уравнение

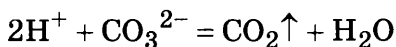


отвечает взаимодействию

- 1) соляной кислоты и сульфида железа (II)
- 2) сернистой кислоты и сульфида калия
- 3) азотной кислоты и сульфида меди
- 4) азотной кислоты и сульфида натрия

О т в е т :

9. Краткое ионное уравнение

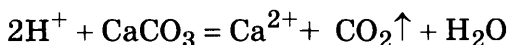


отвечает взаимодействию

- 1) соляной кислоты и карбоната кальция
- 2) сернистой кислоты и карбоната бария
- 3) азотной кислоты и карбоната калия
- 4) серной кислоты и карбоната бария

О т в е т :

10. Краткое ионное уравнение

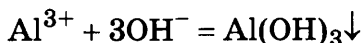


отвечает взаимодействию

- 1) соляной кислоты и карбоната кальция
- 2) сернистой кислоты и карбоната кальция
- 3) фосфорной кислоты и карбоната кальция
- 4) серной кислоты и карбоната кальция

Ответ: ☐

11. Краткое ионное уравнение



отвечает взаимодействию

- 1) сульфата алюминия и гидроксида кальция
- 2) сульфата алюминия и гидроксида бария
- 3) сульфата алюминия и гидроксида меди
- 4) сульфата алюминия и гидроксида натрия

Ответ: ☐

12. Краткое и полное ионные уравнения совпадают для реакции

- 1) соляной кислоты и карбоната калия
- 2) уксусной кислоты и карбоната бария
- 3) уксусной кислоты и гидроксида калия
- 4) серной кислоты и гидроксида калия

Ответ: ☐

13. Одновременно в растворе не могут существовать ионы

- 1) Ba^{2+} , Fe^{2+} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-}
- 2) Ba^{2+} , NO_3^- , Cl^- , K^+
- 3) CH_3COO^- , Li^+ , Br^- , Al^{3+}
- 4) Mg^{2+} , Br^- , K^+ , Cl^-

Ответ: ☐

14. Одновременно в растворе могут существовать ионы

- 1) Ba^{2+} , Fe^{2+} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}
- 2) Ba^{2+} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , PO_4^{3-}
- 3) Na^+ , Ba^{2+} , NO_3^- , Cl^-
- 4) Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_3^{2-} , CO_3^{2-}

Ответ: ☐

15. Образование осадка происходит при взаимодействии водных растворов

- 1) $\text{Al}(\text{OH})_3$ и H_2SO_4
- 2) $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и HNO_3
- 3) $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и Na_2SO_4
- 4) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и KCl

Ответ: ☐

16. Образование газа происходит при взаимодействии водных растворов

- 1) сульфата калия и хлорида бария
- 2) гидроксида алюминия и серной кислоты
- 3) хлорида кальция и карбоната натрия
- 4) соляной кислоты и карбоната натрия

Ответ: ☐

17. С выпадением осадка протекает реакция ионного обмена между растворами

- 1) нитрата натрия и фторида калия
- 2) хлорида алюминия и избытка гидроксида калия
- 3) нитрата серебра и фторида натрия
- 4) нитрата магния и гидроксида калия

Ответ: ☐

18. С выделением газа протекает реакция ионного обмена между растворами

- 1) карбоната калия и бромоводородной кислоты
- 2) сульфата натрия и гидроксидом калия

- 3) нитрата серебра и бромида цинка
- 4) нитрата алюминия и гидроксида бария

Ответ:

19. С выделением газа протекает реакция ионного обмена между растворами

- 1) гидроксида бария и азотной кислоты
- 2) сульфата алюминия и нитрата бария
- 3) нитрата серебра и йодида лития
- 4) азотной кислотой и карбоната аммония

Ответ:

20. С выделением воды протекает реакция ионного обмена между растворами

- 1) нитрата меди и хлорида железа
- 2) гидрокарбоната натрия и гидроксида натрия
- 3) нитрата ртути и бромида лития
- 4) нитрата аммония и нитрита натрия

Ответ:

2.6. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ. ОКИСЛИТЕЛЬ И ВОССТАНОВИТЕЛЬ

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 отдаёт электроны в ходе окислительно-восстановительной реакции.

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

Для составления окислительно-восстановительных реакций используют **метод электронного баланса**.

Составление уравнения окислительно-восстановительной реакции осуществляют в несколько стадий.

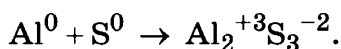
1. Записывают схему уравнения с указанием в левой и правой частях степеней окисления атомов элементов, участвующих в процессах окисления и восстановления.

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

3. Уравнивают число присоединённых 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:

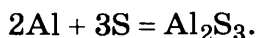


Атом серы присоединяет два электрона, изменяя свою степень окисления от 0 до -2 . Он является окислителем. Атом алюминия отдаёт три электрона, изменяя свою степень окисления от 0 до $+3$. Он является восстановителем.

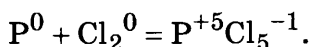
Составляем уравнение электронного баланса и уравниваем число присоединённых и отданных электронов:



Подставляем найденные коэффициенты в уравнение реакции и окончательно получаем:



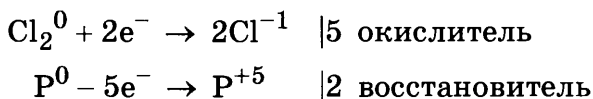
Пример 2. Окисление фосфора хлором. Записываем схему реакции и указываем изменение степеней окисления:



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

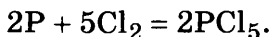
Атом фосфора отдаёт пять электронов, изменяя свою степень окисления от 0 до $+5$. Он является восстановителем.

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

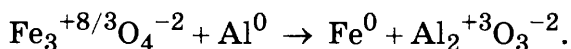


Электронное уравнение для хлора записывают именно так, поскольку окислителем является молекула хлора, состоящая из двух атомов, и каждый из этих атомов изменяет свою степень окисления от 0 до -1 . Коэффициент 5 относится к молекуле хлора в левой части уравнения, а количество атомов хлора в правой части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

Подставляем найденные коэффициенты в уравнение реакции и окончательно получаем:



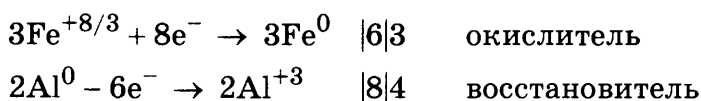
Пример 3. Восстановление оксида железа (II, III) алюминием. Записываем схему реакции и указываем изменение степеней окисления:



Степень окисления железа изменяется от $+8/3$ до 0, при этом три иона железа (поскольку в исходном оксиде их содержится именно три) присоединяют восемь электронов ($3 \times 8/3 = 8$). Железо является окислителем.

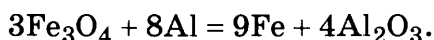
Алюминий отдаёт три электрона, изменяя свою степень окисления от 0 до $+3$. Он является восстановителем.

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



Электронное уравнение для алюминия записывают именно так, поскольку в состав оксида алюминия входят два атома алюминия. Таким образом, в левой части уравнения основной коэффициент перед оксидом железа (II, III) будет равен 3, а перед алюминием $4 \times 2 = 8$.

Количество атомов железа в правой части уравнения реакции составит $3 \times 3 = 9$. Количество молекул оксида алюминия будет равно $8/2 = 4$. Окончательно получаем:

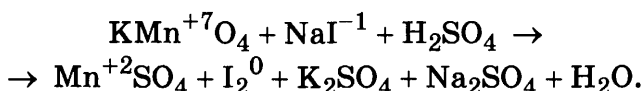


Проверяем баланс по кислороду. В левой части уравнения $3 \times 4 = 12$. В правой части уравнения $4 \times 3 = 12$. Таким образом, число атомов каждого элемента в отдельности в левой и в правой части химического уравнения равны между собой, и реакция уравнена правильно.

Этот пример наглядно показывает, что дробная степень окисления хотя и не имеет физического смысла, но позволяет правильно уравнивать окислительно-восстановительную реакцию.

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.

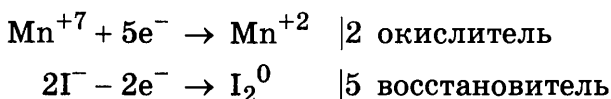
Пример 4. Окисление йодида натрия перманганатом калия в среде серной кислоты. Записываем схему реакции, указываем степени окисления элементов, участвующих в процессах окисления и восстановления:



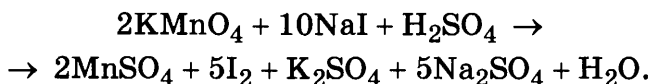
Атом марганца принимает пять электронов, изменяя свою степень окисления от +7 до +2. Перманганат калия является окислителем.

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

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



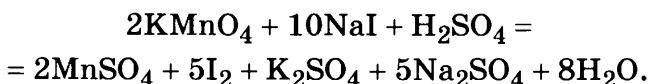
Найденные коэффициенты подставим в уравнение реакции перед соответствующими формулами веществ в левой и правой частях.



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

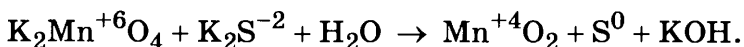
серной кислотой следует поставить коэффициент 8. Число атомов водорода в левой части уравнения равно $8 \times 2 = 16$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $16/2 = 8$.

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.

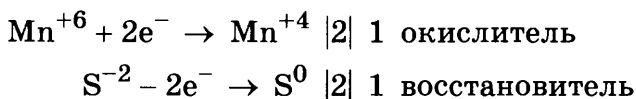
Пример 5. Окисление сульфида калия манганатом калия в водной среде. Записываем схему реакции, указываем степени окисления элементов, участвующих в процессах окисления и восстановления:



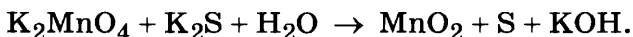
Ион марганца принимает два электрона, изменяя свою степень окисления от +6 до +4. Манганат калия является окислителем.

Сульфид-ион отдаёт два электрона, образуя молекулу S^0 . Сульфид калия является восстановителем.

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

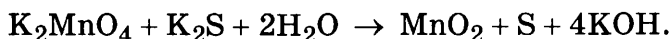


Основные коэффициенты в уравнении реакции равны единице:

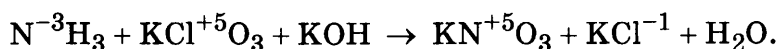


Вода является средой реакции. Ни один из элементов, входящих в состав этого соединения, свою степень окисления не меняет.

Гидроксид-ионы связывают выделяющиеся в результате реакции катионы калия. Таких катионов четыре ($2 + 2$), число атомов водорода также 4 (4×1), поэтому перед молекулой воды ставим коэффициент два ($4/2 = 2$):



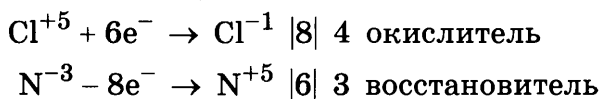
Пример 6. Окисление аммиака хлоратом калия в щелочной среде. Записываем схему реакции, указываем степени окисления элементов, участвующих в процессах окисления и восстановления:



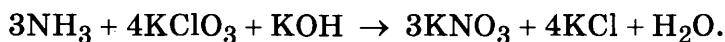
Хлор принимает шесть электронов, изменяя свою степень окисления от $+5$ до -1 . Хлорат калия является окислителем.

Азот отдаёт восемь электронов, изменяя свою степень окисления от -3 до $+5$. Аммиак является восстановителем.

Составляем уравнение электронного баланса, уравниваем число присоединённых и отданных электронов введением множителей, сокращаем кратные коэффициенты:

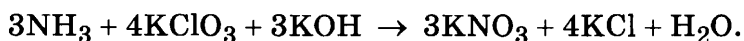


Проставляем найденные основные коэффициенты в уравнение реакции:

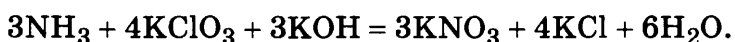


Гидроксид калия является средой реакции. Ни один из элементов, входящих в состав этого соединения, свою степень окисления не меняет.

Катионы калия связывают выделяющиеся в результате реакции нитрат-ионы. Таких анионов три. Следовательно, перед гидроксидом калия ставим коэффициент три:



Число атомов водорода в левой части уравнения равно девяти в аммиаке $(3 \times 3) = 9$ и трём в гидроксиде калия (3×1) , а их общее число $9 + 3 = 12$. Следовательно, перед водой ставим коэффициент $(12/2) = 6$. Окончательно уравнение реакции будет иметь вид:



Убеждаемся ещё раз в правильности расстановки коэффициентов, сравнивая число атомов кислорода в левой и правой его частях. Оно равно 15.

Довольно часто одно и то же вещество одновременно является окислителем и создаёт среду реакции. Такие реакции характерны для концентрированной серной кислоты и азотной кислоты в любой концентрации. Кроме того, в подобные реакции, но в качестве восстановителя, вступают галогеноводородные кислоты с сильными окислителями.

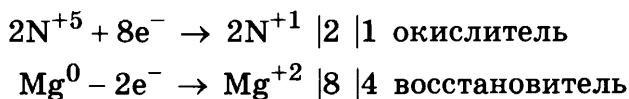
Пример 7. Окисление магния разбавленной азотной кислотой. Записываем схему реакции и указываем изменение степеней окисления:



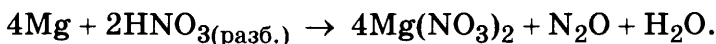
Степень окисления азота изменяется от +5 до +1, при этом два атома азота присоединяют восемь электронов. Азотная кислота является окислителем.

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

Составляем уравнение электронного баланса и уравниваем число присоединённых 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 ещё 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.

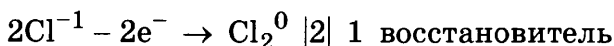
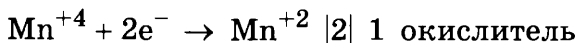
Пример 8. Взаимодействие соляной кислоты с оксидом марганца (IV). Записываем схему реакции и указываем изменение степеней окисления:



Степень окисления марганца изменяется от +4 до +2, при этом марганец присоединяет два электрона. Оксид марганца (IV) является окислителем.

Два хлорид-иона отдают два электрона, образуя молекулу Cl_2^0 , хлористый водород является восстановителем.

Составляем электронное уравнение и уравниваем число присоединённых и отданных электронов, сокращаем кратные коэффициенты:



При этом коэффициент 1 изначально относится к двум хлорид-ионам и к одной молекуле Cl_2 . 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 $1 \times 2 = 2$ хлорид-иона, не изменивших свою степень окисления. Эти хлорид-ионы в окислительно-восстановительной реакции не участвовали. Очевидно, что для этого в правую часть уравнения реакции следует добавить 2 молекулы HCl . Тогда общее количество молекул HCl в правой части уравнения составит $2 + 2 = 4$. В этих молекулах будет содержаться $4 \times 1 = 4$ атома водорода. Такое же количество атомов водорода должно быть и в правой части уравнения. Тогда перед молекулой воды следует подставить коэффициент $4/2 = 2$, и уравнение в окончательном виде будет иметь вид:

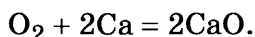


Проверяем правильность баланса, подсчитывая число атомов кислорода в левой и правой частях уравнения. В левой части оно составляет $1 \times 2 = 2$ в оксиде марганца (IV), а в правой части $2 \times 1 = 2$ в молекуле воды. Таким образом, реакция полностью уравнена.

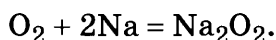
В качестве окислителя могут выступать нейтральные атомы и молекулы, положительно заряженные ионы металлов, сложные ионы и молекулы, содержащие атомы металлов и неметаллов в состоянии положительной степени окисления и др.

Ниже приведены сведения о некоторых наиболее распространенных окислителях, имеющих важное практическое значение.

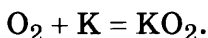
Кислород. Сильный окислитель, окислительная способность значительно возрастает при нагревании. Кислород взаимодействует непосредственно с большинством простых веществ, кроме галогенов, благородных металлов Ag, Au, Pt и благородных газов, с образованием оксидов:



Взаимодействие натрия с кислородом приводит к пероксиду натрия:



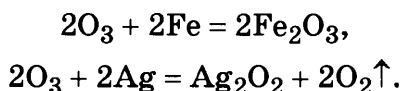
Более активные щелочные металлы (K, Rb, Cs) при взаимодействии с кислородом дают надпероксиды типа EO_2 :



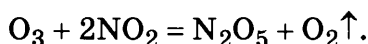
В своих соединениях кислород, как правило, проявляет степень окисления -2 . Применяется кислород в химической промышленности, в различных производственных процессах в металлургической промышленности, для получения высоких температур. С участием кислорода идут многочисленные чрезвычайно важные жизненные процессы: дыхание, окисление аминокислот, жиров, углеводов. Только немногие живые организмы, называемые анаэробными, могут обходиться без кислорода.

Реакции, иллюстрирующие окислительные свойства кислорода при его взаимодействии с различными неорганическими веществами, приведены в разделе 3.1.2.

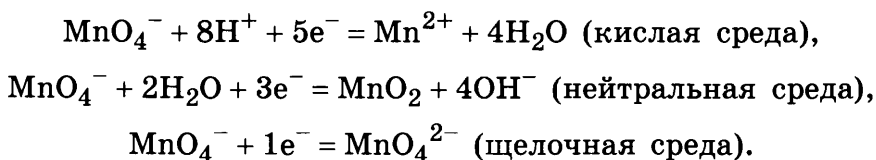
Озон. Обладает ещё большей по сравнению с кислородом окислительной способностью. Озон окисляет все металлы, за исключением золота, платины и некоторых других, при этом, как правило, образуются соответствующие высшие оксиды элементов, реже — пероксиды и озониды, например:



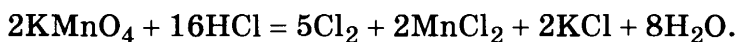
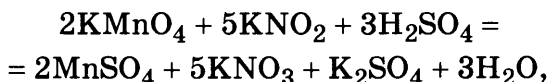
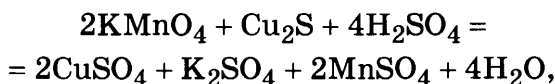
Озон окисляет оксиды элементов с промежуточной степенью окисления в высшие оксиды.



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

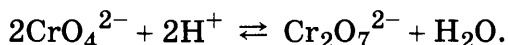


Перманганат калия способен окислять сульфиды в сульфаты, нитриты в нитраты, бромиды и йодиды — до брома и йода, соляную кислоту до хлора и т. д.:

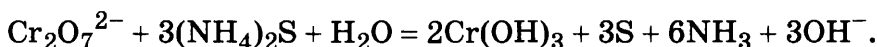


Хромат и бихромат калия. Эти соединения широко применяют в качестве окислителей в неорганических и

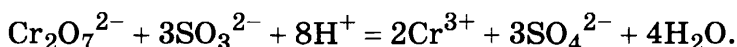
органических синтезах. Взаимные переходы хромат- и бихромат-ионов очень легко протекают в растворах, что можно описать следующим уравнением обратимой реакции:



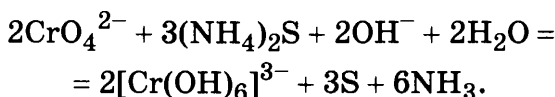
Соединения хрома (VI) — сильные окислители. В окислительно-восстановительных процессах они переходят в производные Cr (III). В нейтральной среде образуется гидроксид хрома (III), например:



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



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

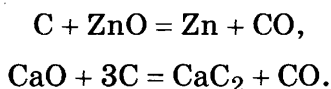


В качестве восстановителя могут выступать нейтральные атомы, отрицательно заряженные ионы неметаллов, положительно заряженные ионы металлов в низшей степени окисления, сложные ионы и молекулы, содержащие атомы в промежуточной степени окисления, электрический ток на катоде и др.

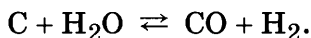
Ниже приведены сведения о некоторых наиболее распространённых *восстановителях*, имеющих важное практическое значение.

Углерод. Углерод широко применяют в качестве восстановителя в неорганических синтезах. При этом в качестве продуктов окисления может образовываться углекислый газ, или оксид углерода (II). При восстановлении

оксидов металлов могут образовываться свободные металлы, реже — карбиды металлов.

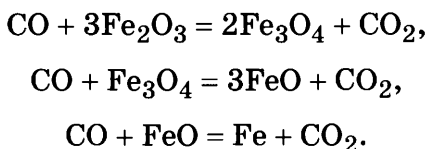


Восстановительные свойства углерод проявляет также в реакции получения водяного газа:

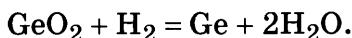


Полученную смесь водорода и оксида углерода (II) широко применяют для синтеза органических соединений.

Оксид углерода (II). Широко применяют в металлургии при восстановлении металлов из их оксидов, например:



Водород. Широко применяют в качестве восстановителя в неорганических синтезах (водородотермия) для получения чистого вольфрама, молибдена, галлия, германия и т. д.:



Тренировочные задания к разделу 2.6

Используя метод электронного баланса, расставьте коэффициенты, определите окислитель и восстановитель в уравнении реакции, схема которой:

1. $\text{Al} + \text{H}_2\text{O} + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{NH}_3 \uparrow.$
2. $\text{KNO}_3 + \text{Al} \rightarrow \text{KAlO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{N}_2.$
3. $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{O}_2 \uparrow + \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$

4. $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
5. $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
6. $\text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{KNO} + \text{H}_2\text{O}.$
7. $\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
8. $\text{KI} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
9. $\text{C} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
10. $\text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 + \text{KI} \rightarrow \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{I}_2 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}.$
11. $\text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{HMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
12. $\text{NaNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
13. $\text{KNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
14. $\text{KNO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
15. $\text{KNO}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NO} + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
16. $\text{KNO}_2 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NO} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
17. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{C} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaSiO}_3 + \text{P} + \text{CO}.$
18. $\text{Sb} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Sb}_2\text{O}_5 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
19. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4.$
20. $\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}.$

21. $\text{H}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
22. $\text{H}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{S} + \text{H}_2\text{O} + \text{KOH}.$
23. $\text{H}_2\text{S} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
24. $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
25. $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{KOH}.$
26. $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
27. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
28. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{C} \rightarrow \text{SO}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
29. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}.$
30. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KBr} \rightarrow \text{SO}_2 + \text{Br}_2 + \text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
31. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KI} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
32. $\text{PbO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
33. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_3 + \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}.$
34. $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}.$
35. $\text{KClO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
36. $\text{HClO}_3 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}.$
37. $\text{NaBrO}_3 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
38. $\text{HNO}_3 + \text{I}_2 \rightarrow \text{HIO}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
39. $\text{HNO}_3 + \text{I}_2 \rightarrow \text{HIO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}.$
40. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HI} \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{S} + \text{H}_2\text{O}.$

41. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{HI} \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$.
42. $\text{HIO}_3 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
43. $\text{NaIO}_3 + \text{NaI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.
44. $\text{KMnO}_4 + \text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{CuSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.
45. $\text{HNO}_3 + \text{Cu}_2\text{S} \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
46. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}_2\text{S} \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
47. $\text{Ag} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$.
48. $\text{Zn} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$.
49. $\text{PH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.
50. $\text{FeSO}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.
51. $\text{H}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.
52. $\text{Ca}_3\text{P}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.

Раздел 3

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ОСНОВЫ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ. ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВАХ

3.1. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОСТЫХ ВЕЩЕСТВ

3.1.1. Химические свойства простых веществ-металлов: щелочных и щёлочноземельных металлов, алюминия, железа

Элементами группы IA являются литий, натрий, калий, рубидий, цезий и франций. Их называют также щелочными металлами. Некоторые их физические свойства приведены в таблице 6.

Таблица 6

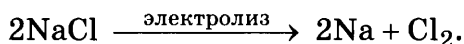
Физические свойства элементов группы IA

| 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 |
| Т. пл., °C | 180,7 | 98,0 | 63,8 | 39,2 | 28,55 |
| Т. кип., °C | 1347 | 983,1 | 774 | 688 | 678 |
| Плотность, г/см ³ | 0,534 | 0,971 | 0,862 | 1,532 | 1,873 |

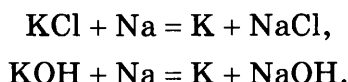
Для щелочных металлов наблюдается общая для периодической системы закономерность: с увеличением порядкового номера возрастает радиус атома элемента и его

металлические свойства, электроотрицательность уменьшается.

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

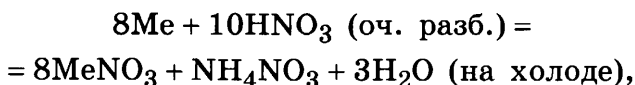
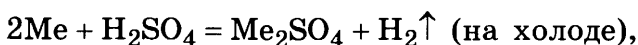
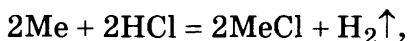
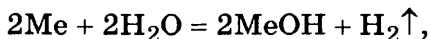
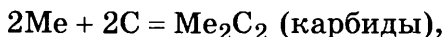
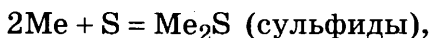
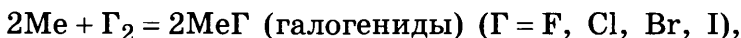


Калий получают также с помощью натрийтермического метода:

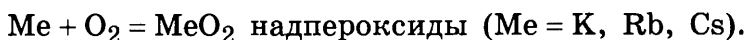
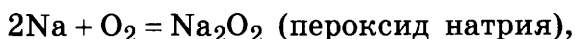


Щелочные металлы химически очень активны, легко реагируют с простыми и сложными веществами, в своих соединениях проявляют степень окисления +1. Хранят щелочные металлы в герметичной таре под слоем обезвоженного керосина, а литий — под слоем вазелина.

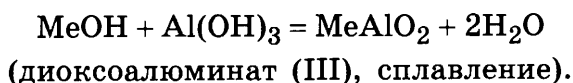
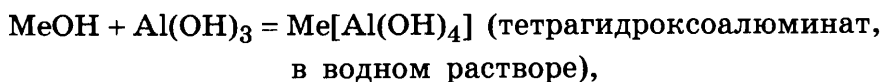
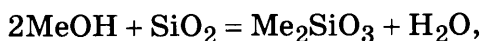
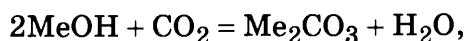
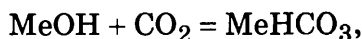
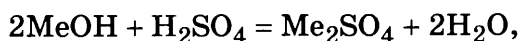
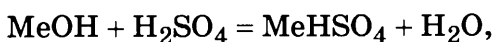
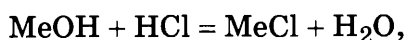
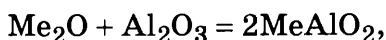
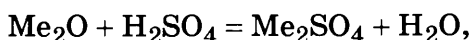
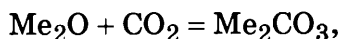
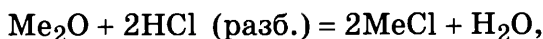
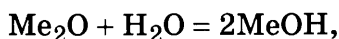
Ниже представлены общие для всех щелочных металлов реакции ($\text{Me} = \text{Li}, \text{Na}, \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$):



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



Оксиды щелочных металлов Э₂O являются типичными основными оксидами, а гидроксиды ЭОН — сильными основаниями (щелочами), сила которых возрастает от лития к цезию.



Элементами IIА-группы являются бериллий Be, магний Mg, кальций Ca, стронций Sr, барий Ba и радий Ra. Последние три называют элементами подгруппы кальция или щёлочноземельными металлами. Некоторые свойства элементов IIА-группы приведены в таблице 7.

Таблица 7

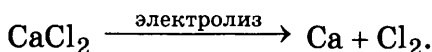
Основные физические свойства элементов IIА-группы

| 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 |
| $T_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$ | 1287 | 649 | 839 | 769 | 729 |
| $T_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$ | 2970 (Р) | 1090 | 1484 | 1384 | 1637 |
| Плотность, г/см ³ | 1,85 | 1,74 | 1,55 | 2,54 | 3,6 |

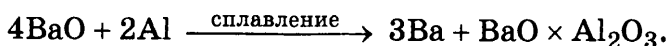
Свойства бериллия и магния несколько отличаются от свойств, характерных для щёлочноземельных металлов. Бериллий по многим свойствам близок к алюминию, а магний — к цинку (диагональное сходство).

Для щёлочноземельных металлов наблюдается общая для периодической системы закономерность: с увеличением порядкового номера возрастает радиус атома элемента и его металлические свойства, электроотрицательность уменьшается.

Магний и кальций получают электролизом расплавов их хлоридов, например:

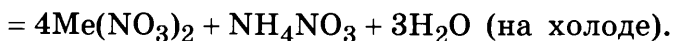
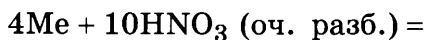
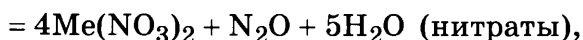
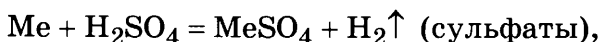
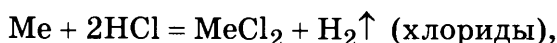
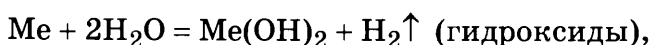
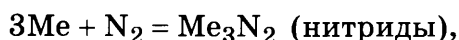
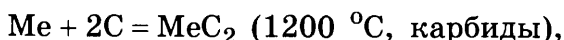
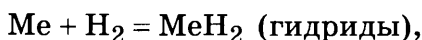


Стронций и барий получают восстановлением их оксидов алюминием или кремнием, например:

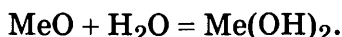
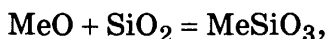
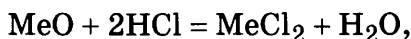


Щёлочноземельные металлы химически активны; они легко реагируют с простыми и сложными веществами, в своих соединениях проявляют степень окисления +2.

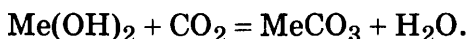
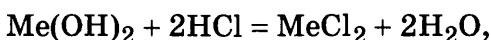
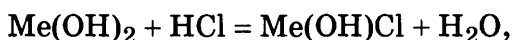
Ниже приведены характерные для щёлочноземельных металлов реакции с простыми и сложными веществами (Me = Ca, Sr, Ba):



Оксиды щёлочноземельных 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 щёлочи Ba(OH)_2 , то оксид магния может реагировать с водой только при кипячении. Химические свойства оксидов щёлочноземельных металлов (Me = Ca, Sr, Ba):



Гидроксиды щёлочноземельных 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 гидроксидов щёлочноземельных металлов ($\text{Me} = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$):

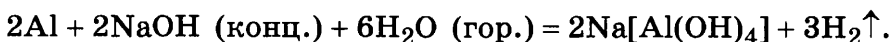
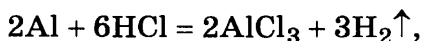
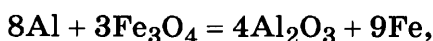
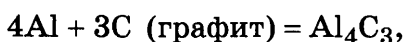
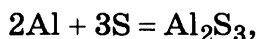
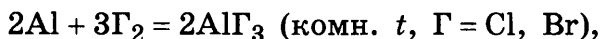
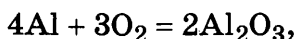


Сила оснований увеличивается с увеличением порядкового номера элемента.

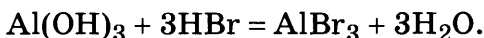
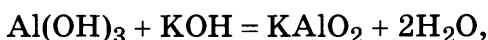
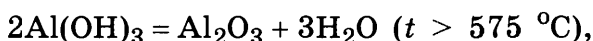
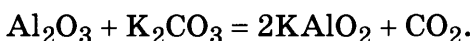
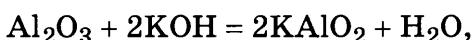
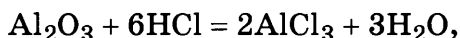
Алюминий — химический элемент, расположенный в 3-м периоде IIIA группе. Его электронная формула $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$.

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

Химические свойства:

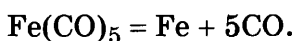


Оксид алюминия — типичный амфотерный оксид, гидроксид алюминия — типичный амфотерный гидроксид.



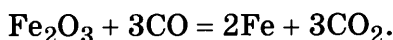
Железо находится в 4-м периоде VIIIB группы. Его электронная формула $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$. Металл средней активности, в своих соединениях проявляет степени окисления +2 и +3. Известны ряд соединений железа со степенью окисления +6.

Химически чистое железо получают разложением его пентакарбонила:

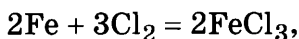


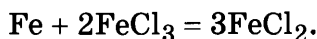
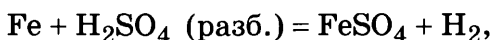
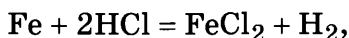
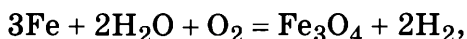
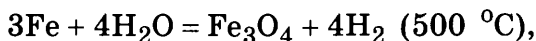
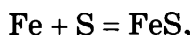
Основная масса железа используется не в чистом виде, а в виде сплавов с углеродом (сталь, чугун) и другими элементами. Эти сплавы получают в доменных печах.

Упрощённо этот процесс можно описать уравнением:

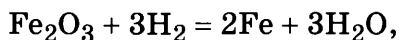
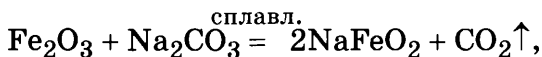
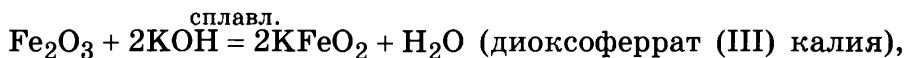
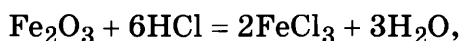
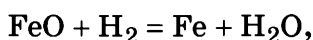
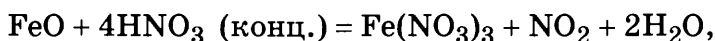
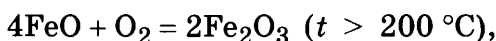
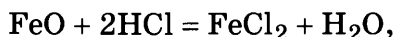


Характерные для железа химические реакции:

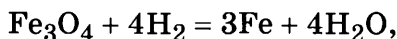
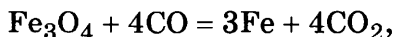
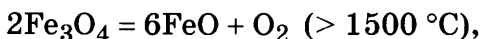


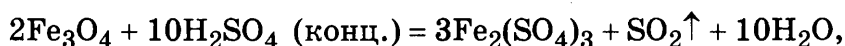
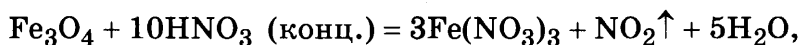


FeO проявляет основные, а Fe₂O₃ — амфотерные с преобладанием основных свойства. Оба оксида вступают в окислительно-восстановительные реакции.

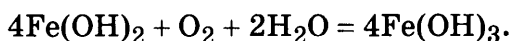
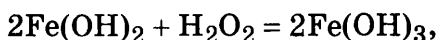
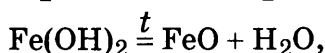
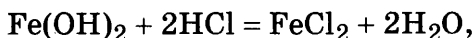


Для двойного оксида железа (II) — железа (III) Fe₃O₄ (магнетит) характерны в первую очередь окислительно-восстановительные реакции, а также реакции обмена, которые идут так же, как и у входящих индивидуально в его состав оксидов:

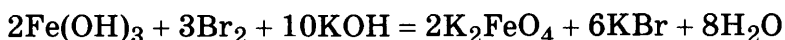
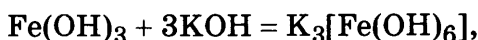
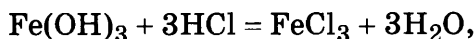




Гидроксид железа (II) практически проявляет только основные свойства, при нагревании разлагается, вступает в окислительно-восстановительные реакции:



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



(феррат калия).

Тренировочные задания к разделу 3.1.1

1. Литий при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ
 - 1) кислородом и алюминием
 - 2) серой и хромом
 - 3) оксидом углерода (II) и оксидом меди (I)
 - 4) азотом и фосфором

Ответ:

2. Верны ли следующие утверждения о литии?

А. Литий хранят под слоем вазелина.

Б. Взаимодействие лития с кислородом приводит к пероксиду лития.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

3. Натрий при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) ртутью и алюминием
- 2) фосфором и оксидом кальция
- 3) оксидом серы (IV) и оксидом кальция
- 4) азотной кислотой и водой

Ответ: ☐

4. Верны ли следующие утверждения о натрии?

А. Натрий **не реагирует** с фосфором даже при нагревании.

Б. Натрий используют в технике при получении калия.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

5. Калий при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) водой и магнием
- 2) серой и разбавленной серной кислотой
- 3) оксидом фосфора (V) и оксидом магния
- 4) азотной кислотой и оксидом серы (VI)

Ответ: ☐

6. Верны ли следующие утверждения о калии?

А. Калий **не реагирует** с водой.

Б. Гидрид калия **нельзя** получить прямой реакцией калия с водородом.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

7. Магний при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) водой и железом
- 2) серой и разбавленной серной кислотой
- 3) оксидом фосфора (V) и оксидом кремния
- 4) азотной кислотой и оксидом серы (VI)

Ответ: ☐

8. Верны ли следующие утверждения о магнии?

А. Магний на воздухе покрывается оксидной пленкой.

Б. Магний реагирует с соляной кислотой.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

9. Кальций при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) водой и углеродом
- 2) фосфором и литием
- 3) оксидом фосфора (V) и оксидом азота (IV)
- 4) оксидом бария и оксидом серы (VI)

Ответ: ☐

10. Верны ли следующие утверждения о кальции?

- А. Кальций реагирует с азотом при нагревании.
Б. Кальций **не** реагирует с оксидом фосфора (V).
1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

11. Барий при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) водой и соляной кислотой
2) фосфором и натрием
3) оксидом фосфора (V) и оксидом лития
4) оксидом углерода (IV) и оксидом серы (VI)

Ответ: ☐

12. Верны ли следующие утверждения о барии?

- А. Барий **не** вступает в реакцию с бромом.
Б. Барий вступает в реакцию с водой.
1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

13. Алюминий при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) серой и соляной кислотой
2) фосфором и оксидом калия
3) оксидом фосфора (V) и водой
4) железом и оксидом серы (VI)

Ответ: ☐

14. Верны ли следующие утверждения об алюминии?

- А. Алюминий вступает в реакцию с Fe_2O_3 .
 Б. Алюминий реагирует с соляной кислотой.
 1) верно только А
 2) верно только Б
 3) верны оба суждения
 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

15. Железо при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) серой и соляной кислотой
 2) фосфором и оксидом калия
 3) оксидом фосфора (V) и водой
 4) кислородом и оксидом серы (VI)

Ответ: ☐

16. Верны ли следующие утверждения о железе?

- А. Железо вступает в реакцию с Fe_2O_3 .
 Б. Железо реагирует с соляной кислотой.
 1) верно только А
 2) верно только Б
 3) верны оба суждения
 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

17. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакции

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА

А) $\text{Li} + \text{HNO}_3$ (разб.) \rightarrow

Б) $\text{Li} + \text{S} \rightarrow$

В) $\text{Li} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

1) $\text{LiNO}_3 + \text{H}_2\uparrow$

2) Li_2S

3) LiOH

4) $\text{LiNO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

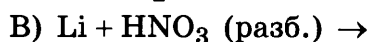
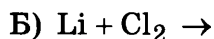
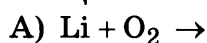
5) $\text{LiOH} + \text{H}_2$

Ответ:

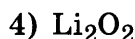
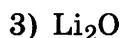
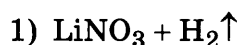
| А | Б | В |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

18. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

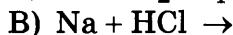
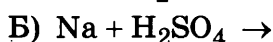
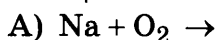


Ответ:

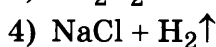
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

19. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

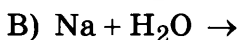
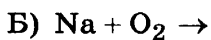


Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

20. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ



Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

21. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) $K + O_2 \rightarrow$
 Б) $K + HCl \rightarrow$
 В) $K + S \rightarrow$

ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

- 1) K_2O
 2) KO_2
 3) K_2S
 4) $KCl + H_2O$
 5) $KCl + H_2\uparrow$

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

22. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) $K + H_2O \rightarrow$
 Б) $K + Cl_2 \rightarrow$
 В) $K + H_2SO_4 \text{ (разб.)} \rightarrow$

ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

- 1) $KH + O_2$
 2) K_2SO_4
 3) KCl
 4) $K_2SO_4 + H_2\uparrow$
 5) $KOH + H_2\uparrow$

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

23. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) $Mg + HNO_3 \text{ (разб.)} \rightarrow$
 Б) $Mg + N_2 \rightarrow$
 В) $Mg + HCl \rightarrow$

ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

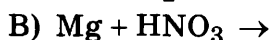
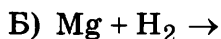
- 1) $Mg(NO_3)_2 + N_2O + H_2O$
 2) $Mg(NO_3)_2 + H_2\uparrow$
 3) $MgO + H_2\uparrow$
 4) $MgCl_2 + H_2\uparrow$
 5) Mg_3N_2

Ответ:

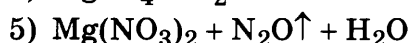
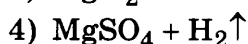
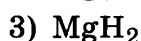
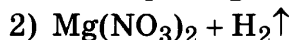
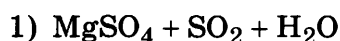
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

24. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

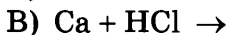
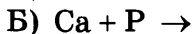
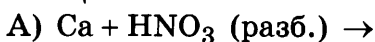


Ответ:

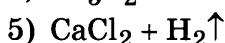
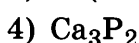
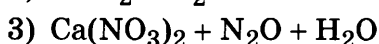
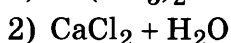
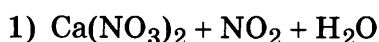
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

25. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

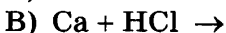
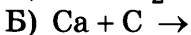
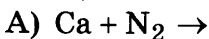


Ответ:

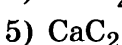
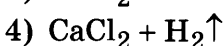
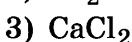
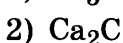
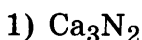
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

26. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

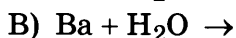
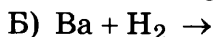
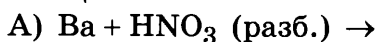


Ответ:

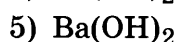
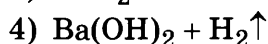
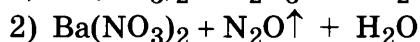
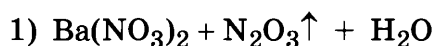
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

27. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

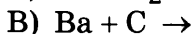
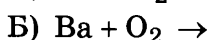
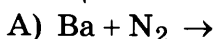


О т в е т:

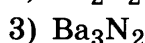
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

28. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

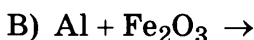
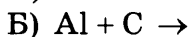
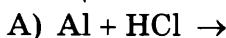


О т в е т:

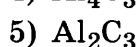
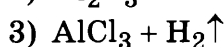
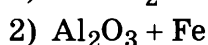
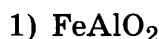
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

29. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

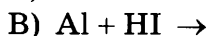
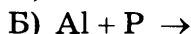


О т в е т:

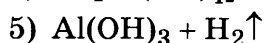
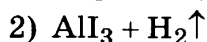
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

30. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

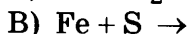
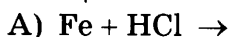


Ответ:

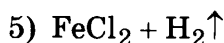
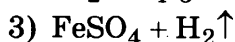
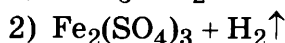
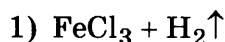
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

31. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

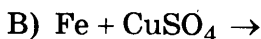
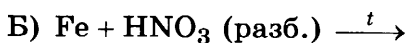
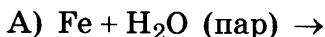


Ответ:

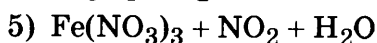
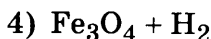
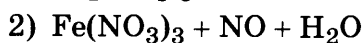
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

32. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



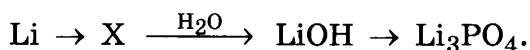
ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ



Ответ:

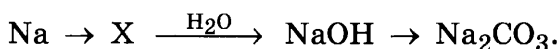
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

33. Дана схема превращений:



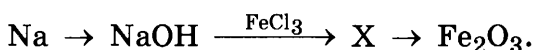
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

34. Дана схема превращений:



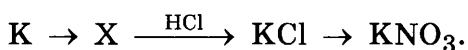
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

35. Дана схема превращений:



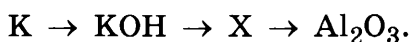
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

36. Дана схема превращений:



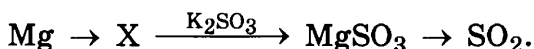
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

37. Дана схема превращений:



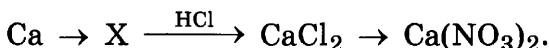
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

38. Дана схема превращений:



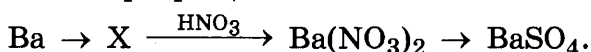
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

39. Дана схема превращений:



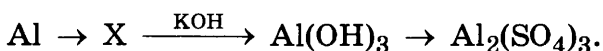
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

40. Дана схема превращений:



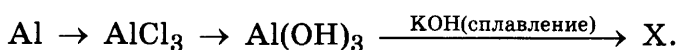
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

41. Дана схема превращений:



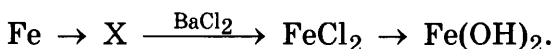
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

42. Дана схема превращений:



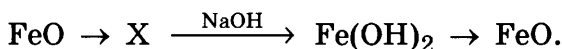
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

43. Дана схема превращений:



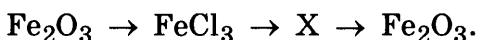
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

44. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

45. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для первого превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

46. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

3.1.2. Химические свойства простых веществ-неметаллов: водорода, кислорода, галогенов, серы, азота, фосфора, углерода, кремния

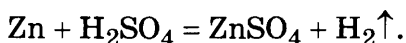
Водород

Химический элемент *водород* занимает особое положение в периодической системе Д.И. Менделеева. По числу валентных электронов, способности образовывать в рас-

творах гидратный ион H^+ он сходен с щелочными металлами, и его следует поместить в I группу. По числу электронов, необходимых 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 I 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:



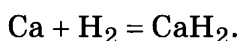
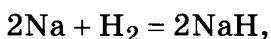
Водород можно получить электролизом водных растворов серной кислоты или щелочей. При этом происходит процесс выделения водорода на катоде и кислорода на аноде.

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 $-252,8^\circ C$. Водород в 14,5 раза легче воздуха, мало растворим в воде.

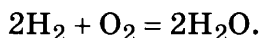
Молекула водорода устойчива, обладает большой прочностью. Из-за высокой энергии диссоциации распад молекул H_2 на атомы происходит в заметной степени лишь при температуре выше $2000^\circ C$.

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 ведёт себя подобно галогенам, образуя аналогичные галогенидам гидриды (*гидридами* называют группу химических соединений водорода с металлами и менее электроотрицательными, чем он, элементами):



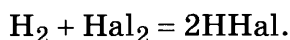
По окислительной активности водород существенно уступает галогенам. Поэтому ионный характер проявляют лишь гидриды щелочных и щёлочноземельных металлов. Ионные, а также комплексные гидриды, например, являются сильными восстановителями. Их широко используют в химических синтезах.

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



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

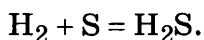
Реакция с галогенами протекает в зависимости от природы галогена по-разному:



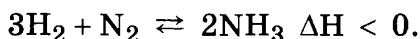
С фтором такая реакция идёт со взрывом даже при низких температурах. С хлором на свету реакция также

протекает со взрывом. С бромом реакция идёт значительно медленнее, а с йодом не доходит до конца даже при высокой температуре. Механизм этих реакций радикальный.

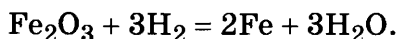
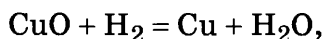
При повышенной температуре водород взаимодействует с элементами VI группы — серой, селеном, теллуром, например:



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, давлении 30 МПа, 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.

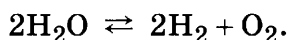
Сокращение природных источников углеводородного сырья, загрязнение окружающей среды продуктами сгорания топлива повышают интерес к водороду как к экологически чистому топливу. Вероятно, водород будет играть важную роль в энергетике будущего.

В настоящее время водород широко применяют в промышленности для синтеза аммиака, метанола, гидрогени-

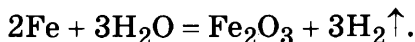
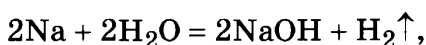
зации твёрдого и жидкого топлива, в органическом синтезе, для сварки и резки металлов и т. д.

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

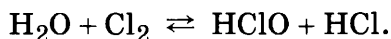
Вода является стабильным соединением, её разложение на кислород и водород происходит лишь под действием постоянного электрического тока или при температуре около 2000 °C:



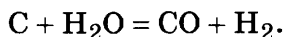
Вода непосредственно взаимодействует с металлами, стоящими в ряду стандартных электронных потенциалов до водорода. Продуктами реакции в зависимости от природы металла могут быть соответствующие гидроксиды и оксиды. Скорость реакции в зависимости от природы металла также изменяется в широких пределах.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



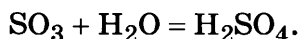
Вода может вступать в реакцию со многими неметаллами, так, при обычных условиях вода обратимо взаимодействует с хлором:



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



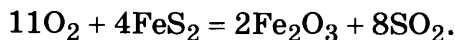
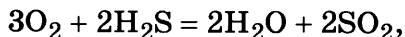
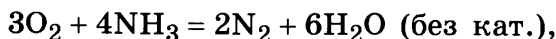
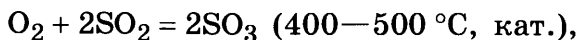
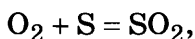
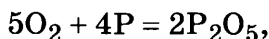
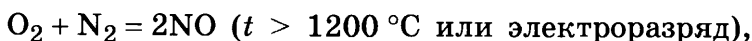
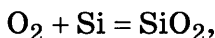
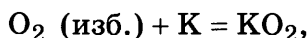
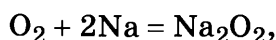
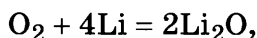
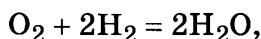
При обычных условиях вода реагирует со многими основными и кислотными оксидами с образованием оснований и кислот соответственно:



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

Кислород

Химический элемент *кислород* расположен во 2-м периоде VIA подгруппе. Его электронная формула $1s^2 2s^2 2p^4$. Простое вещество кислород — газ без цвета и запаха, мало растворим в воде. Сильный окислитель. Его характерные химические свойства:



Реакции простых и сложных веществ с кислородом часто сопровождаются выделением тепла и света. Такие реакции называют *реакциями горения*.

Кислород широко используется практически во всех областях химической промышленности: для производства чугуна и стали, производства азотной и серной кислоты. Огромное количество кислорода потребляется в процессах тепловой энергетики.

В последние годы обострилась проблема сохранения запасов кислорода в атмосфере. До настоящего времени единственным источником, пополняющим запасы атмосферного кислорода, является жизнедеятельность зелёных растений.

Галогены

В VIIA группе находятся фтор, хлор, бром, йод и астат. 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 йоду происходит увеличение радиуса атома, неметаллические свойства падают, происходит уменьшение окислительных и увеличение восстановительных свойств.

Физические свойства галогенов приведены в таблице 8.

Таблица 8

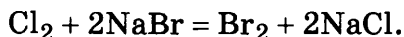
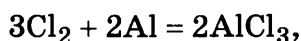
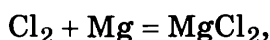
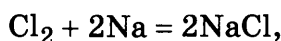
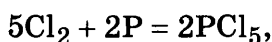
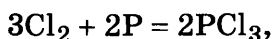
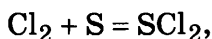
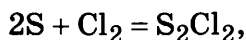
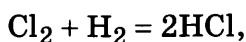
Некоторые свойства галогенов

| Характеристика | $_9F$ | $_{17}Cl$ | $_{39}Br$ | $_{53}I$ |
|------------------------------|-------|-----------|-----------|----------|
| Ковалентный радиус атома, нм | 0,073 | 0,099 | 0,114 | 0,133 |

Окончание таблицы

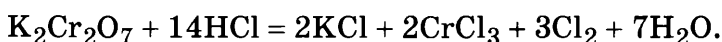
| Характеристика | ${}^9\text{F}$ | ${}^{17}\text{Cl}$ | ${}^{39}\text{Br}$ | ${}^{53}\text{I}$ |
|----------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| $T. \text{пл.}, ^\circ\text{C}$ | -219,5 | -100,8 | -7,1 | 113,7 |
| $T. \text{кип.}, ^\circ\text{C}$ | -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:



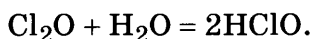
Водородные соединения галогенов — галогеноводороды имеют общую формулу HNaI . Их водные растворы являются кислотами, сила которых возрастает от HF к HI .

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:

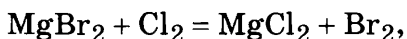


Галогены образуют ряд оксидов, например, для хлора известны кислотные оксиды состава Cl_2O , ClO_2 , ClO_3 , Cl_2O_7 . Все эти соединения получают косвенными методами. Они являются сильными окислителями и взрывоопасными веществами.

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



В промышленности бром получают при вытеснении хлором из бромидов, а в лабораторной практике — окислением бромидов:



Простое вещество бром является сильным окислителем, легко вступает в реакции со многими простыми веществами, образуя бромиды; вытесняет йод из йодидов.

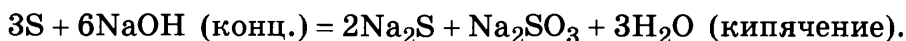
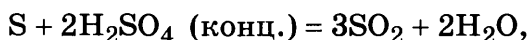
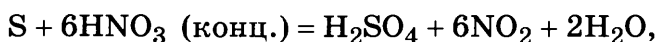
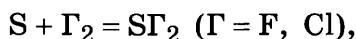
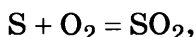
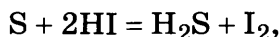
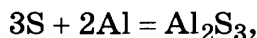
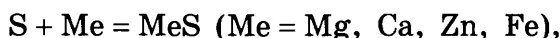
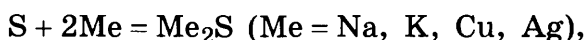
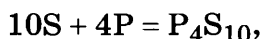
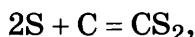
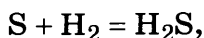
Простое вещество йод, I_2 , представляет собой чёрные с металлическим блеском кристаллы, которые возгоняются, т. е. переходят в пар, минуя жидкое состояние. Йод мало растворим в воде, но довольно хорошо растворяется в некоторых органических растворителях (спирт, бензол и т. д.).

Йод является довольно сильным окислителем, способным к окислению ряда металлов и некоторых неметаллов.

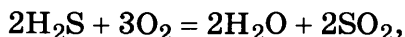
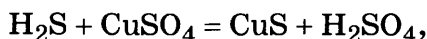
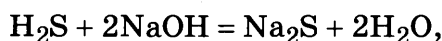
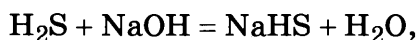
Сера

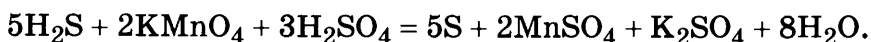
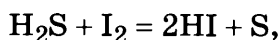
Химический элемент *сера* расположен в 3-м периоде VIA подгруппе. Его электронная формула $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$. Простое вещество сера — неметалл жёлтого цвета. Суще-

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

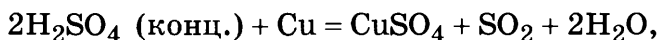
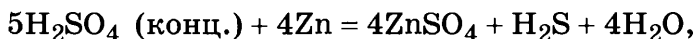
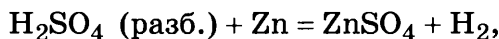
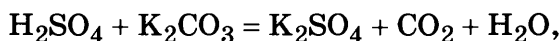
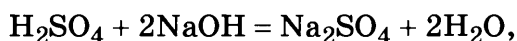
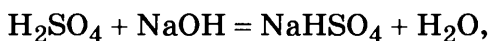
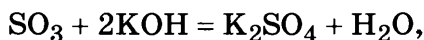
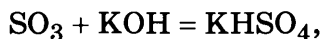
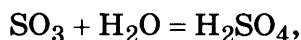
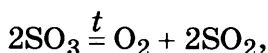
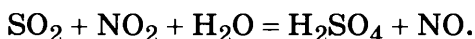
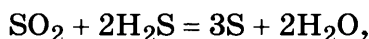
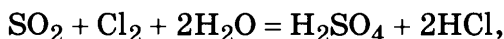
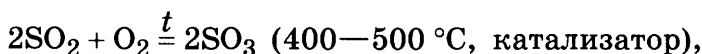
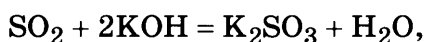
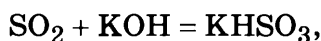
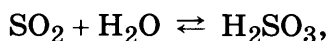


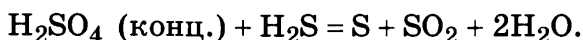
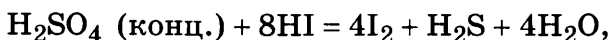
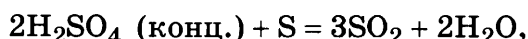
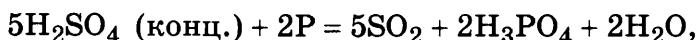
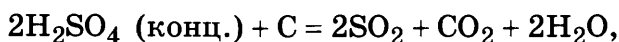
Сера образует летучее водородное соединение — сероводород. Его водный раствор представляет собой слабую двухосновную кислоту. Для сероводорода характерны также восстановительные свойства:



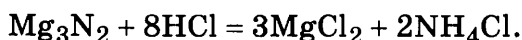


Сера образует два кислотных оксида: оксид серы (IV) SO_2 и оксид серы (VI) SO_3 . Первому соответствует существующая только в растворе сернистая кислота H_2SO_3 (средней силы); второму — сильная двухосновная серная кислота H_2SO_4 . Концентрированная серная кислота проявляет сильные окислительные свойства.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





Нитриды легко разлагаются водой или кислотами, например:

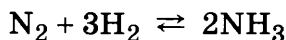
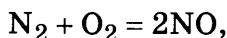


Серная кислота в больших количествах производится в промышленности. Все промышленные методы производства серной кислоты основаны на первоначальном получении оксида серы (IV), его окислении в оксид серы (VI) и взаимодействии последнего с водой.

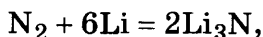
Азот

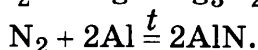
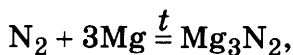
Химический элемент *азот* — находится во 2-м периоде, V группе, главной подгруппе периодической системы Д.И. Менделеева. Его электронная формула $1s^2 2s^2 2p^3$. В своих соединениях азот проявляет степени окисления -3, -2, +1, +2, +3, +4, +5.

Простое вещество азот — газ без цвета и запаха, малорастворимый в воде. Типичный неметалл. В обычных условиях химически мало активен. При нагревании вступает в окислительно-восстановительные реакции.

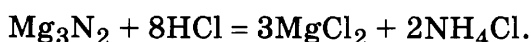
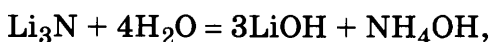


($t \sim 450^\circ \text{C}$, $p \sim 30 \text{ МПа}$, катализатор),



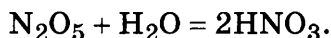
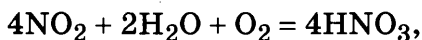
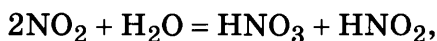
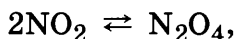
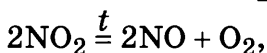
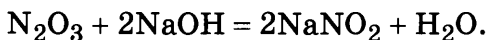
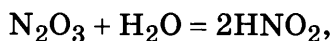
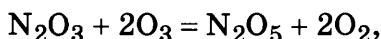
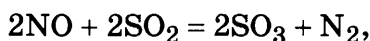
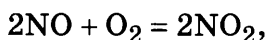
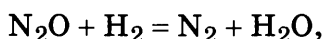
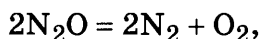


Нитриды легко разлагаются водой или кислотами, например:



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 характерны окислительно-восстановительные реакции, в том числе реакции диспропорционирования.

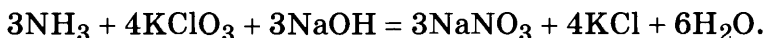
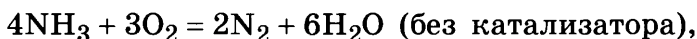
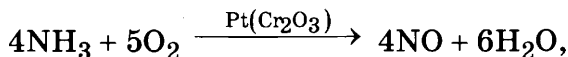
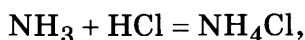
Химические свойства оксидов азота:



Азот образует летучее водородное соединение состава NH_3 , аммиак. При обычных условиях это бесцветный газ с характерным резким запахом; температура кипения $-33,7^\circ\text{C}$, температура плавления $-77,8^\circ\text{C}$. Аммиак хоро-

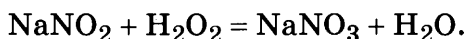
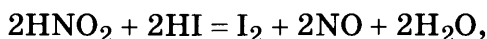
шо растворим в воде (700 объёмов NH_3 на 1 объём воды при 20°C) и ряде органических растворителей (спирт, ацетон, хлороформ, бензол).

Химические свойства аммиака:

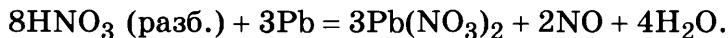
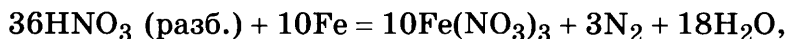
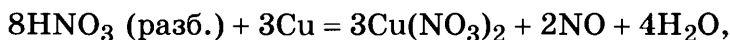
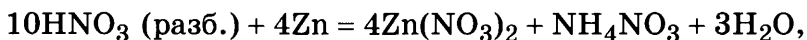
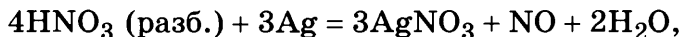
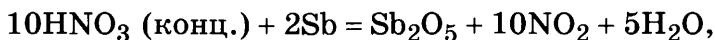
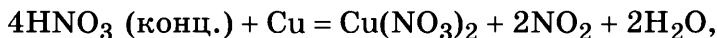
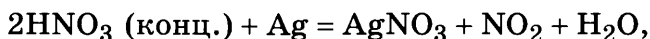


Азот образует азотистую кислоту HNO_2 (в свободном виде известна только в газовой фазе или растворах). Это кислота средней силы, её соли называют нитритами.

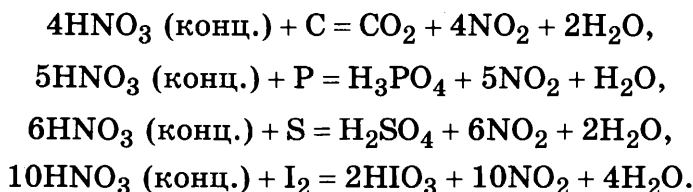
Азотистая кислота и её соли вступают в многочисленные окислительно-восстановительные реакции, например:



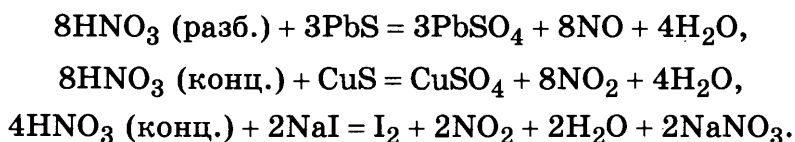
Кроме того, азот образует очень сильную азотную кислоту HNO_3 . Особенностью азотной кислоты является то, что при её окислительно-восстановительных реакциях с металлами не выделяется водород, а образуются различные оксиды азота или соли аммония, например:



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



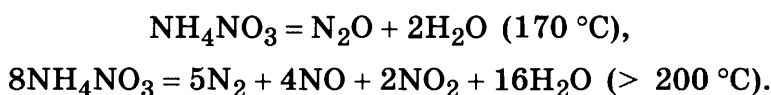
Также азотная кислота способна окислять сульфиды, йодиды и т. д.:



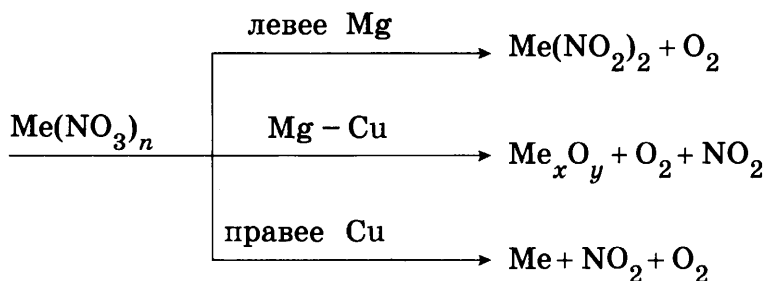
Подчеркнём ещё раз. Запись уравнений окислительно-восстановительных реакций с участием HNO_3 обычно условна. Как правило, в них указывают лишь продукт, образующийся в большем количестве. В некоторых из таких реакций в качестве продукта восстановления обнаружен водород (реакция разбавленной HNO_3 с Mg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

Соли азотной кислоты называют нитратами. Все нитраты хорошо растворимы в воде. Нитраты термически нестабильны и при нагревании легко разлагаются.

Особые случаи разложения нитрата аммония:



Общие закономерности термического разложения нитратов:

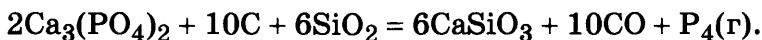


Фосфор

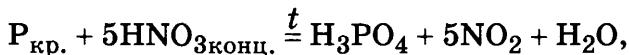
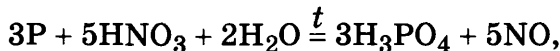
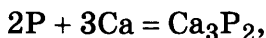
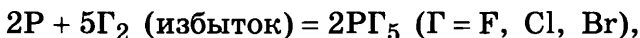
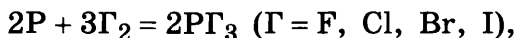
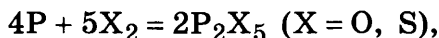
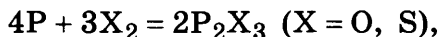
Химический элемент **фосфор** расположен в 3-м периоде, V группе, главной подгруппе периодической системы Д.И. Менделеева. Его электронная формула $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$.

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

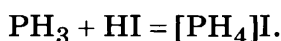
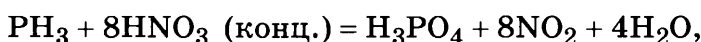
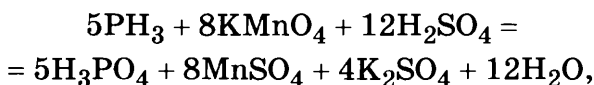
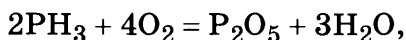
В промышленности фосфор получают прокаливанием фосфата кальция с углём и песком при 1500°C :



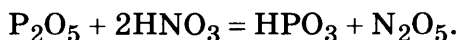
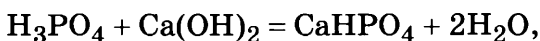
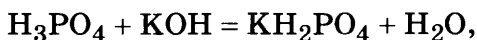
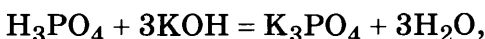
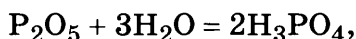
В приведённые ниже реакции вступают любые модификации фосфора, если нет особых оговорок:



Фосфор образует летучее водородное соединение — фосфин, PH_3 . 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 трёхосновная кислота средней силы, которая образует три ряда солей: средние (фосфаты) и кислые (гидро- и дигидрофосфаты). Ниже приведены уравнения химических реакций, характерные для данных соединений:



Углерод

Химический элемент *углерод* расположен во 2-м периоде, главной подгруппе IV группы периодической системы Д.И. Менделеева, его электронная формула $1s^2 2s^2 2p^2$, наиболее характерные степени окисления -4 , $+2$, $+4$.

Для углерода известны стабильные аллотропные модификации (графит, алмаз, аллотропия строения), в виде которых он встречается в природе, а также полученные лабораторным путём карбин и фуллерены.

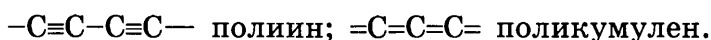
Алмаз — кристаллическое вещество с атомной координационной кубической решёткой. Каждый атом углерода в алмазе находится в состоянии sp^3 -гибридизации и

образует равноценные прочные связи с четырьмя соседними атомами углерода. Это обуславливает исключительную твёрдость алмаза и отсутствие в обычных условиях электропроводности.

В *графите* атомы углерода находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Атомы углерода объединены в бесконечные слои из шестичленных колец, стабилизированные π -связью, делокализованные в пределах всего слоя. Этим объясняется металлический блеск и электрическая проводимость графита. Углеродные слои объединены в кристаллическую решётку в основном за счёт межмолекулярных сил. Прочность химических связей в плоскости макромолекулы значительно больше, чем между слоями, поэтому графит довольно мягок, легко расслаивается и химически несколько активнее алмаза.

В состав древесного угля, сажи и кокса входят очень мелкие кристаллы графита с очень большой поверхностью, которые называют аморфным углеродом.

В *карбине* атом углерода находится в состоянии sp -гибридизации. Его кристаллическая решётка построена из прямолинейных цепочек двух видов:



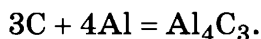
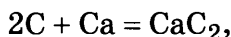
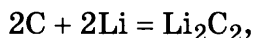
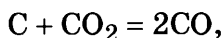
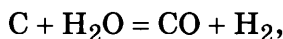
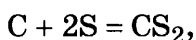
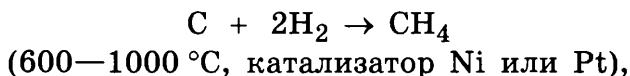
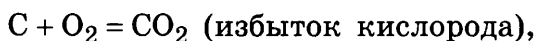
Карбин представляет собой порошок чёрного цвета с плотностью $1,9\text{—}2,0 \text{ г/см}^3$, является полупроводником.

Аллотропные модификации углерода могут переходить друг в друга при определённых условиях. Так, при нагревании без доступа воздуха при температуре 1750°C алмаз переходит в графит.

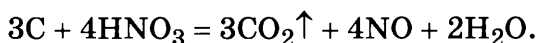
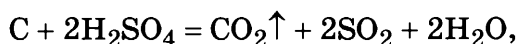
В нормальных условиях углерод весьма инертен, однако при высоких температурах он вступает в реакции с различными веществами, причём самой реакционноспособной формой является аморфный углерод, менее активен графит, а самый инертный — алмаз.

Реакции, характерные для углерода:

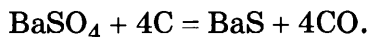
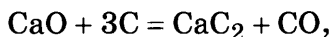
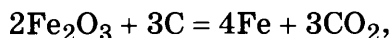




Углерод устойчив к действию кислот и щелочей. Только горячие концентрированные азотная и серная кислоты могут окислить его до оксида углерода (IV):



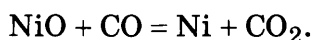
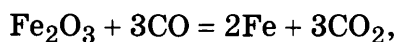
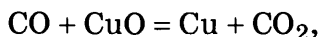
Углерод восстанавливает многие металлы из их оксидов. При этом в зависимости от природы металла образуются либо чистые металлы (оксиды железа, кадмия, меди, свинца), либо соответствующие карбиды (оксиды кальция, ванадия, тантала), например:



Углерод образует два оксида: CO и CO₂.

Оксид углерода (II) CO (угарный газ) представляет собой бесцветный газ без запаха, плохо растворимый в воде. Это соединение является сильным восстановителем. Он горит на воздухе с выделением большого количества теплоты, благодаря чему CO является хорошим газообразным топливом.

Оксид углерода (II) восстанавливает многие металлы из их оксидов:

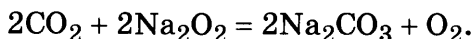
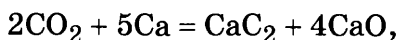
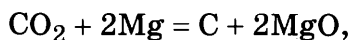
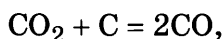
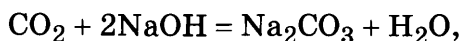
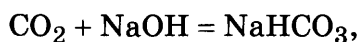


Оксид углерода (II) является несолеобразующим оксидом, с водой и щелочами он не реагирует.

Оксид углерода (IV) CO_2 (углекислый газ) представляет собой бесцветный, без запаха, негорючий газ, малорастворимый в воде. В технике его обычно получают термическим разложением CaCO_3 , а в лабораторной практике — действием на CaCO_3 соляной кислоты:



Оксид углерода (IV) является кислотным оксидом. Его характерные химические свойства:

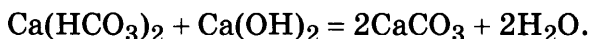


Оксиду углерода (IV) соответствует очень слабая двухосновная угольная кислота H_2CO_3 , которая не существует в чистом виде. Она образует два ряда солей: средние — карбонаты, например карбонат кальция CaCO_3 , и кислые — гидрокарбонаты, например $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ — гидрокарбонат кальция.

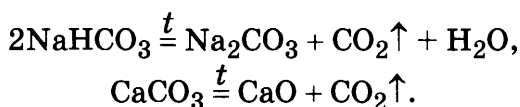
Карбонаты переходят в гидрокарбонаты под действием избытка углекислого газа в водной среде:



Гидрокарбонат кальция превращается в карбонат под действием гидроксида кальция:



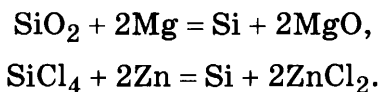
Гидрокарбонаты и карбонаты разлагаются при нагревании:



Кремний

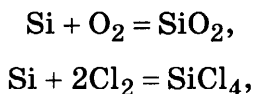
Химический элемент *кремний* находится в 3-м периоде IVA группе периодической системы Д.И. Менделеева. Его электронная формула $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$, наиболее характерные степени окисления -4 , $+4$.

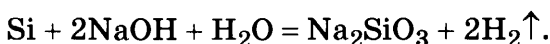
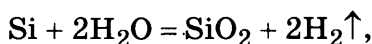
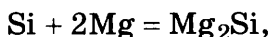
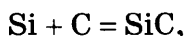
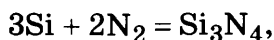
Кремний получают восстановлением его оксида магнием или углеродом в электрических печах, а кремний высокой чистоты — восстановлением SiCl_4 цинком или водородом, например:



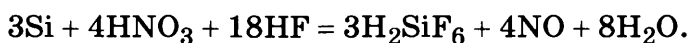
Кремний может существовать в кристаллической или аморфной форме. В обычных условиях кремний довольно устойчив, причём аморфный кремний более реакционно-способен, чем кристаллический. Для кремния наиболее устойчива степень окисления $+4$.

Реакции, характерные для кремния:



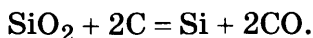
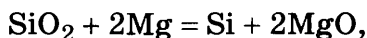
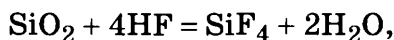
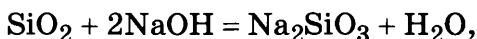


Кремний не реагирует с кислотами (за исключением HF), пассивируется кислотами-окислителями, но хорошо растворяется в смеси плавиковой и азотной кислот, что можно описать уравнением:

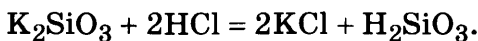


Оксид кремния (IV), SiO_2 (кремнезём), в природе встречается в основном в виде минерала кварца. В химическом отношении довольно устойчив, проявляет свойства кислотного оксида.

Свойства оксида кремния (IV):



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:



Тренировочные задания к разделу 3.1.2

1. Водород при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) кислородом и железом
- 2) серой и хромом
- 3) оксидом углерода (II) и соляной кислотой
- 4) азотом и натрием

Ответ: ☐

2. Верны ли следующие утверждения о водороде?

А. Перекись водорода можно получить сжиганием водорода в избытке кислорода.

Б. Реакция между водородом и серой идёт без катализатора.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

3. Кислород при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) гелием и железом
- 2) фосфором и цинком
- 3) оксидом кремния (IV) и хлором
- 4) хлоридом калия и серой

Ответ: ☐

4. Верны ли следующие утверждения о кислороде?

А. Кислород **не** реагирует с хлором.

Б. Реакция кислорода с серой даёт SO_2 .

- 1) верно только А
- 2) верно только Б

- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

5. Фтор при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) гелием и железом
- 2) аргоном и азотной кислотой
- 3) оксидом углерода (IV) и неоном
- 4) водой и натрием

Ответ: ☐

6. Верны ли следующие утверждения о фторе?

А. Реакция избытка фтора с фосфором приводит к PF_5 .
Б. Фтор реагирует с водой.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

7. Хлор при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) кислородом и железом
- 2) фосфором и серной кислотой
- 3) оксидом кремния (IV) и неоном
- 4) бромидом калия и серой

Ответ: ☐

8. Верны ли следующие утверждения о хлоре?

А. Пары хлора легче воздуха.

Б. Взаимодействие хлора с кислородом приводит к оксиду хлора (V).

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

9. Бром при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) фосфором и железом
- 2) фосфором и серной кислотой
- 3) оксидом кремния (IV) и хлором
- 4) бромидом калия и серой

Ответ: ☐

10. Верны ли следующие утверждения о бrome?

А. Бром **не** вступает в реакцию с водородом.

Б. Бром вытесняет хлор из хлоридов.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

11. Йод при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) гелием и железом
- 2) фосфором и кальцием
- 3) оксидом кремния (IV) и хлором
- 4) хлоридом калия и серой

Ответ: ☐

12. Верны ли следующие утверждения о йоде?

А. Раствор йода обладает бактерицидными свойствами.

Б. Йод реагирует с хлоридом кальция.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

13. Сера при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) натрием и железом
- 2) фосфором и оксидом цинком
- 3) оксидом кремния (IV) и хлором
- 4) хлоридом калия и бромидом натрия

Ответ: ☐

14. Верны ли следующие утверждения о сере?

А. При сплавлении серы и кальция образуется CaS .

Б. При реакции серы с кислородом образуется SO_2 .

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

15. Азот при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) литием и хлоридом кальция
- 2) хлором и оксидом кальция
- 3) оксидом кремния (IV) и хлором
- 4) литием и кальцием

Ответ: ☐

16. Верны ли следующие утверждения об азоте?

А. В промышленности реакцию азота и водорода осуществляют под высоким давлением в присутствии катализатора.

Б. При взаимодействии азота и натрия образуется Na_3N .

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

17. Фосфор при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) натрием и сульфидом кальция
- 2) хлором и кислородом
- 3) оксидом углерода (IV) и серой
- 4) серой и оксидом цинка

Ответ: ☐

18. Верны ли следующие утверждения о фосфоре?

А. Реакция фосфора с хлором идёт только в присутствии катализатора.

Б. При реакции фосфора с избытком серы образуются только P_2S_3 .

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

19. Углерод при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) кальцием и сульфатом бария
- 2) хлором и неоном
- 3) оксидом фосфора (V) и серой
- 4) серой и гидроксидом цинка

Ответ: ☐

20. Верны ли следующие утверждения об углероде?

А. При взаимодействии углерода с натрием образуется карбид состава Na_2C_2 .

Б. Углерод реагирует с оксидом кальция с образованием CaC_2 .

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

21. Кремний при соответствующих условиях вступает в реакцию с каждым из двух веществ:

- 1) кислородом и гидроксидом натрия
- 2) хлором и неоном
- 3) оксидом фосфора (V) и серой
- 4) серой и гидроксидом цинка

Ответ: ☐

22. Верны ли следующие утверждения о кремнии?

А. При взаимодействии кремния с углеродом образуется карбид состава SiC .

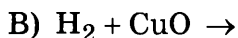
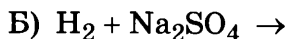
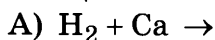
Б. Кремний реагирует с магнием с образованием Mg_2Si .

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

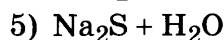
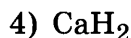
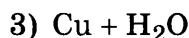
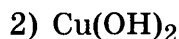
Ответ: ☐

23. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

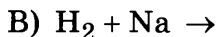
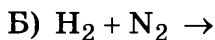
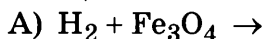


Ответ:

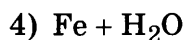
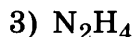
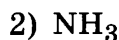
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

24. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

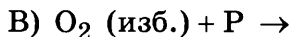
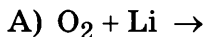


Ответ:

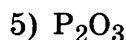
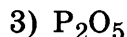
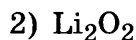
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

25. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

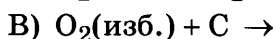
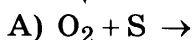


Ответ:

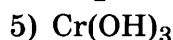
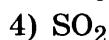
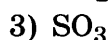
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

26. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

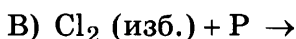
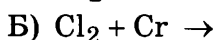
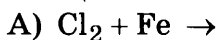


О т в е т:

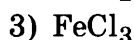
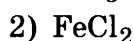
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

27. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

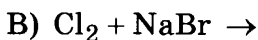


О т в е т:

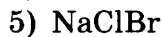
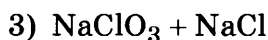
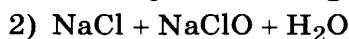
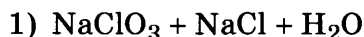
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

28. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

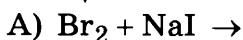


О т в е т:

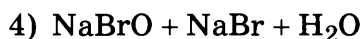
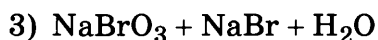
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

29. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

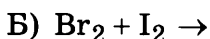


Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

30. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

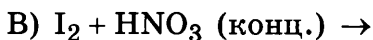
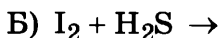
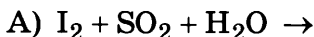


Ответ:

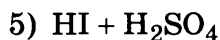
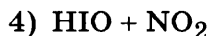
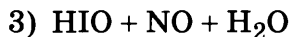
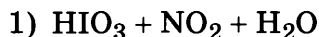
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

31. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ



Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

32. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) $I_2 + HNO_3$ (конц.) \rightarrow
 Б) $I_2 + NaOH$ (нагрев.) \rightarrow
 В) $I_2 + Br_2 \rightarrow$

ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

- 1) $NaI + NaIO + H_2O$
 2) $HIO_3 + NO_2 + H_2O$
 3) IBr
 4) $HIO + NO + H_2O$
 5) $NaI + NaIO_3 + H_2O$

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

33. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) $S + Na \rightarrow$
 Б) $S + HI \rightarrow$
 В) $S + NaOH \rightarrow$

ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

- 1) $Na_2SO_3 + H_2O$
 2) Na_2S
 3) $H_2S + I_2$
 4) $Na_2S + Na_2SO_3 + H_2O$
 5) $Na_2S + H_2O$

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

34. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) $S + Cl_2$ (недост.) \rightarrow
 Б) $S + HNO_3$ (конц.) \rightarrow
 В) $S + O_2 \rightarrow$

ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

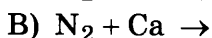
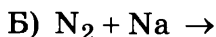
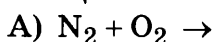
- 1) $H_2SO_4 + NO_2 + H_2O$
 2) SCl_6
 3) SO_3
 4) SO_2
 5) SCl_2

Ответ:

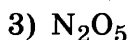
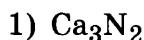
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

35. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

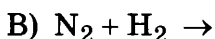
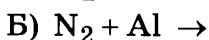
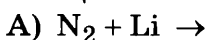


Ответ:

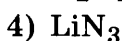
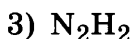
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

36. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

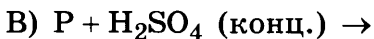
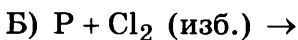
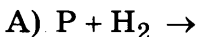


Ответ:

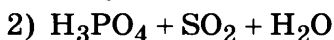
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

37. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ



Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

38. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) $P + Br_2$ (недост.) \rightarrow
 Б) $P + Li$
 В) $P + HNO_3$ (конц.) \rightarrow

ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

- 1) $H_3PO_4 + NO_2 + H_2O$
 2) Li_3P
 3) $H_3PO_4 + NH_4NO_3$
 4) PBr_5
 5) PBr_3

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

39. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) $C + H_2SO_4$ (конц.) \rightarrow
 Б) $C + Ca \rightarrow$
 В) $C + Na_2SO_4 \rightarrow$

ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

- 1) $CO_2 + SO_2 + H_2O$
 2) $Na_2SO_3 + CO$
 3) CaC_2
 4) CaC
 5) $Na_2S + CO_2$

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

40. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**

- А) $C + H_2O \rightarrow$
 Б) $C + HNO_3 \rightarrow$
 В) $C + S \rightarrow$

ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

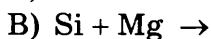
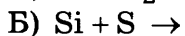
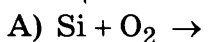
- 1) $CO_2 + NO_2 + H_2O$
 2) $CO_2 + NH_4NO_3$
 3) $CO + H_2$
 4) $CO_2 + H_2$
 5) CS_2

Ответ:

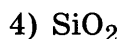
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

41. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

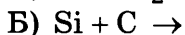
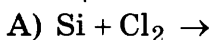


Ответ:

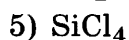
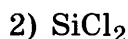
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

42. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



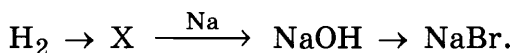
ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ



Ответ:

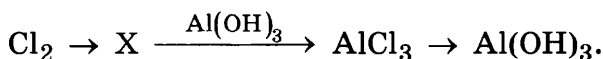
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

43. Дана схема превращений:



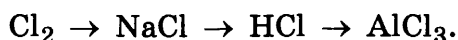
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

44. Дана схема превращений:



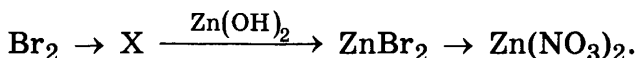
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

45. Дана схема превращений:



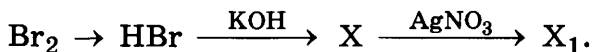
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

46. Дана схема превращений:



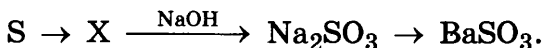
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

47. Дана схема превращений:



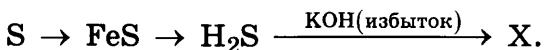
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

48. Дана схема превращений:



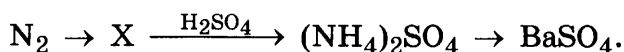
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

49. Дана схема превращений:



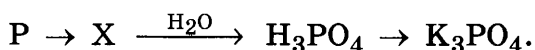
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

50. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

51. Дана схема превращений:



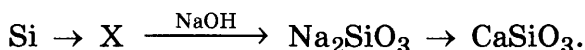
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

52. Дана схема превращений:



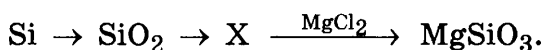
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

53. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

54. Дана схема превращений:



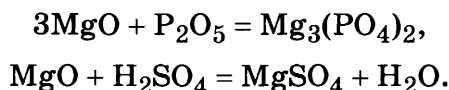
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

3.2. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ВЕЩЕСТВ

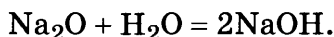
3.2.1. Химические свойства оксидов: основных, амфотерных, кислотных

Определения и формулы основных, амфотерных и кислотных оксидов были приведены ранее в разделе 1.6.

Характерные химические свойства *основных оксидов*: реакции с кислотными оксидами с образованием солей и с кислотами с образованием солей и воды, например:

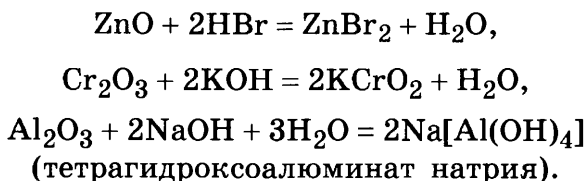


Некоторые основные оксиды реагируют с водой с образованием оснований. Эта реакция проходит в том случае, если продукт реакции растворим в воде:

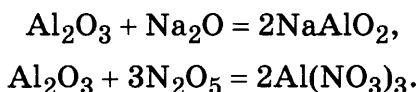


В аналогичных условиях, например, оксид железа (II) с водой реагировать не будет, так как гидроксид железа (II) в воде нерастворим.

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

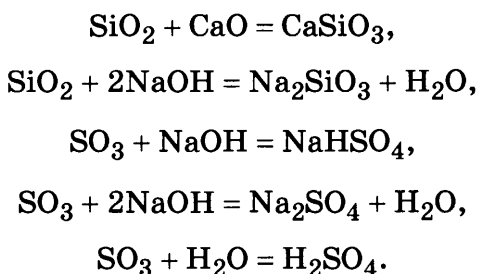


Кроме того, амфотерные оксиды могут взаимодействовать как с кислотными, так и с основными оксидами, например:

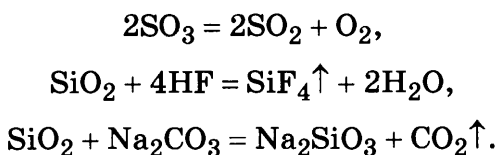


С водой амфотерные оксиды не взаимодействуют.

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:



Тренировочные задания к разделу 3.2.1

1. Оксид натрия взаимодействует с каждым из двух веществ:
- 1) серная кислота и вода
 - 2) уксусная кислота и азот
 - 3) оксид лития и фосфор
 - 4) оксид бария и серная кислота

Ответ:

2. Оксид калия взаимодействует с

- 1) азотом и фосфором
- 2) водой и сульфатом натрия
- 3) серной кислотой и оксидом фосфора (V)
- 4) литием и хлоридом натрия

Ответ: ☐**3. Оксид кальция взаимодействует с**

- 1) оксидом кремния
- 2) оксидом углерода (II)
- 3) оксидом азота (II)
- 4) оксидом азота (I)

Ответ: ☐**4. Оксид бария взаимодействует с каждым из двух веществ:**

- 1) азотной кислотой и водой
- 2) уксусной кислотой и хлором
- 3) оксидом натрия и азотом
- 4) оксидом серы (IV) и кремнием

Ответ: ☐**5. Оксид магния не взаимодействует с**

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1) соляной кислотой | 3) оксидом лития |
| 2) серной кислотой | 4) оксидом кремния |

Ответ: ☐**6. Оксид кальция взаимодействует с каждым из двух веществ:**

- 1) оксидом фосфора (V), водой
- 2) оксидом углерода (IV) и сульфидом натрия
- 3) оксидом магния и азот
- 4) кислородом и сульфатом натрия

Ответ: ☐

7. Оксид кальция реагирует с

- | | |
|-------------|--------------------------|
| 1) медью | 3) оксидом углерода (IV) |
| 2) фосфором | 4) оксидом магния |

О т в е т : ☐

8. Оксид натрия реагирует с

- 1) водой
- 2) сульфатом калия
- 3) нитратом железа (II)
- 4) оксидом азота (II)

О т в е т : ☐

9. Оксид бария реагирует с каждым из двух веществ:

- 1) оксидом азота (II) и хлором
- 2) азотной кислотой и водой
- 3) оксидом углерода (II) и железом
- 4) серой и хлоридом кальция

О т в е т : ☐

10. Оксид магния реагирует с каждым из двух веществ:

- 1) оксидом кальция и оксидом железа (II)
- 2) оксидом алюминия и оксидом хрома (II)
- 3) соляной кислотой и оксидом кремния (VI)
- 4) оксидом фосфора (V) и цинком

О т в е т : ☐

11. Оксид цинка

- 1) растворяется в кислотах, но не реагирует с основаниями
- 2) растворяется в щелочах, но не реагирует с кислотами
- 3) реагирует с оксидом натрия, но не реагирует с водой
- 4) реагирует с оксидом калия и водой

О т в е т : ☐

12. Оксид хрома (III) реагирует с

- | | |
|------------------|----------------------|
| 1) оксидом калия | 3) оксидом серы (VI) |
| 2) водой | 4) оксидом азота (I) |

Ответ: ☐

13. Оксид алюминия амфотерен, поскольку он способен взаимодействовать

- 1) как с азотной, так и серной кислотой
- 2) с водой и кислотами
- 3) с водой и щелочами
- 4) как с кислотами, так и со щелочами

Ответ: ☐

14. Оксид алюминия реагирует с

- 1) сульфатом калия
- 2) оксидом калия
- 3) оксидом азота (II)
- 4) оксидом углерода (IV)

Ответ: ☐

15. Оксид серы (VI) взаимодействует с каждым из двух веществ:

- 1) оксидом лития и углекислым газом
- 2) водой и углекислым газом
- 3) водой и гидроксидом калия
- 4) кислородом и натрием

Ответ: ☐

16. Оксид фосфора (V) взаимодействует с каждым из двух веществ:

- 1) кислородом и водородом
- 2) водой и углекислым газом
- 3) водой и гидроксидом натрия
- 4) водой и оксидом углерода (II)

Ответ: ☐

17. Оксид серы (VI) не взаимодействует с

- 1) водой
- 2) хлоридом калия
- 3) гидроксидом натрия
- 4) оксидом бария

О т в е т :

18. Оксид серы (IV) взаимодействует с

- 1) оксидом углерода (IV) и водой
- 2) оксидом фосфора (V) и водой
- 3) сульфатом калия и водой
- 4) оксидом кальция и гидроксидом натрия

О т в е т :

19. Оксид серы (IV) не взаимодействует с

- 1) водой
- 2) фосфатом кальция
- 3) раствором гидроксида натрия
- 4) гидроксидом кальция

О т в е т :

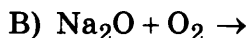
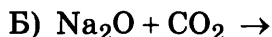
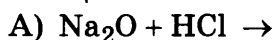
20. Оксид хлора (VII) взаимодействует с каждым из двух веществ:

- 1) кальцием и углекислым газом
- 2) водой и углеродом
- 3) водой и оксидом калия
- 4) кислородом и азотом

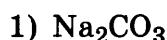
О т в е т :

21. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

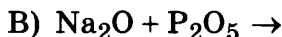
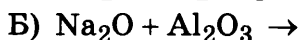
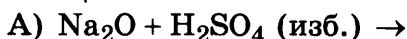


Ответ:

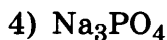
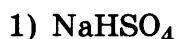
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

22. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

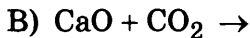
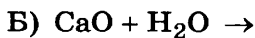


Ответ:

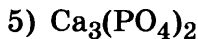
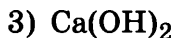
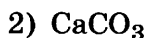
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

23. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

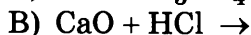
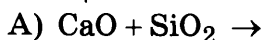


Ответ:

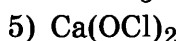
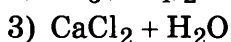
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

24. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

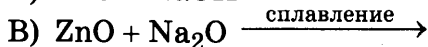
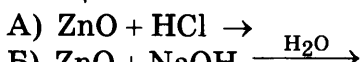


Ответ:

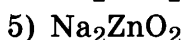
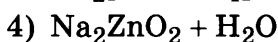
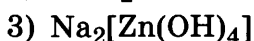
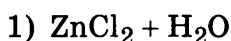
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

25. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

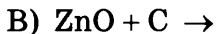
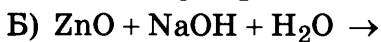
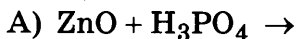


Ответ:

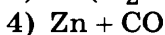
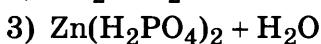
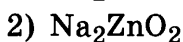
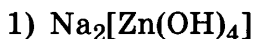
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

26. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

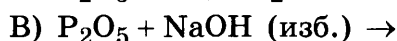
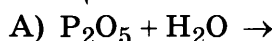


Ответ:

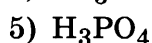
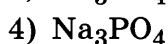
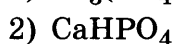
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

27. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ
РЕАКЦИИ

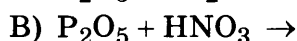
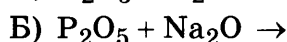
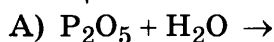


Ответ:

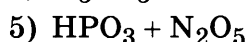
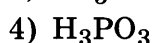
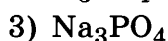
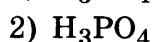
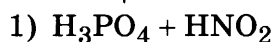
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

28. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ
РЕАКЦИИ

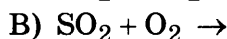
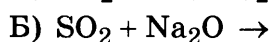


Ответ:

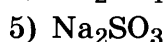
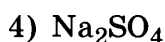
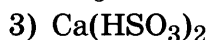
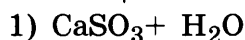
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

29. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ
РЕАКЦИИ

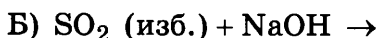
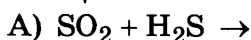


Ответ:

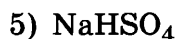
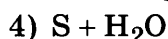
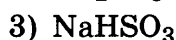
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

30. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



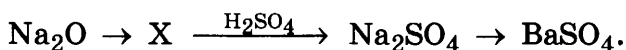
ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ



Ответ:

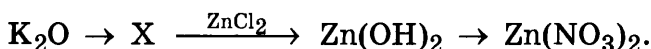
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

31. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

32. Дана схема превращений:



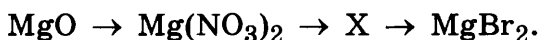
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

33. Дана схема превращений:



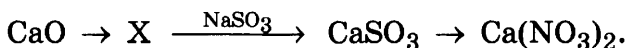
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

34. Дана схема превращений:



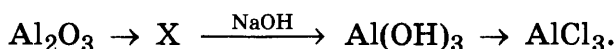
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для первого превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

35. Дана схема превращений:



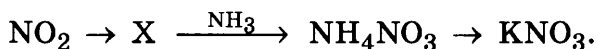
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

36. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

37. Дана схема превращений:



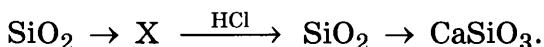
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

38. Дана схема превращений:



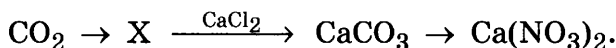
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

39. Дана схема превращений:



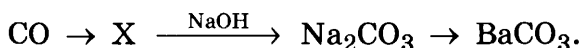
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

40. Дана схема превращений:



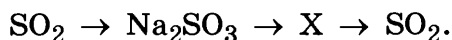
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

41. Дана схема превращений:



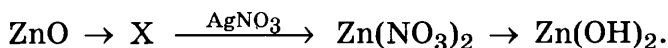
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

42. Дана схема превращений:



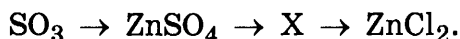
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для первого превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

43. Дана схема превращений:



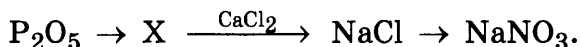
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

44. Дана схема превращений:



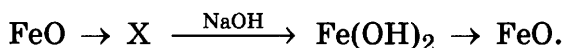
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

45. Дана схема превращений:



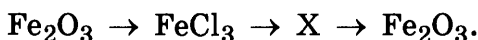
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

46. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

47. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для первого превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

48. Дана схема превращений:



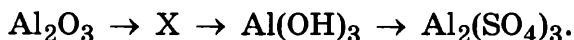
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

49. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

50. Дана схема превращений:

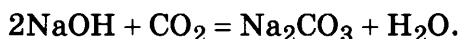
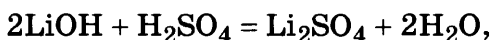


Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

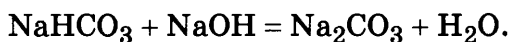
3.2.2. Химические свойства оснований

Основаниями называют класс химических соединений, которые состоят из катиона металла или иона аммония и одной или нескольких гидроксильных групп, способных к замещению на анионы. Классификация оснований и основные способы их получения описаны ранее в разделе 1.6.

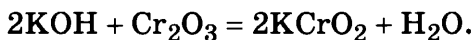
Все основания легко реагируют с кислотами (реакция нейтрализации) и кислотными оксидами с образованием солей и воды:



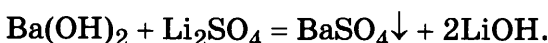
Основания реагируют с кислыми солями с образованием солей и воды:



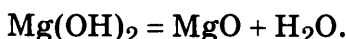
Щёлочи при сплавлении с амфотерными оксидами дают соль и воду:



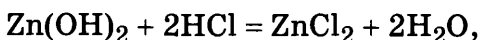
Щёлочи могут вступать в реакции обмена с солями, если в результате этой реакции образуется осадок, например:



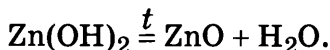
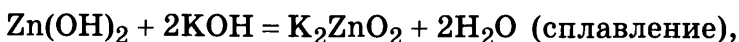
Нерастворимые в воде основания, а также гидроксид лития при нагревании разлагаются на оксид и воду:



Проиллюстрируем химические свойства *амфотерных гидроксидов* на примере реакций гидроксида цинка:



(тетрагидроксоцинкат калия, в растворе),



Тренировочные задания к разделу 3.2.2

1. Гидроксид лития вступает в реакцию с

- 1) гидроксидом аммония
- 2) гидроксидом натрия
- 3) гидроксидом алюминия
- 4) гидроксидом бария

О т в е т:

☐

2. Гидроксид лития реагирует со всеми веществами набора

- 1) NO, P₂O₅
- 2) CO, NO
- 3) N₂O, FeO
- 4) SO₂, SO₃

О т в е т:

☐

3. Верны ли следующие суждения о гидроксиде лития?

А. Это вещество нерастворимо в воде.

Б. Гидроксид лития не вступает в реакцию с хлоридом натрия.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

4. Гидроксид натрия вступает в реакцию с

- 1) сульфатом калия
- 2) сульфитом калия
- 3) хлоридом лития
- 4) хлоридом магния

Ответ: ☐

5. Гидроксид натрия реагирует со всеми веществами набора

- 1) P_2O_5 , SO_3
- 2) KCl , $FeCl_3$
- 3) NO , HNO_3
- 4) N_2O , $Al(OH)_3$

Ответ: ☐

6. Верны ли следующие суждения о гидроксиде натрия?

А. Гидроксид натрия является более слабым основанием по сравнению с гидроксидом магния.

Б. Гидроксид натрия не вступает в реакцию с хлоридом цинка.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

7. Гидроксид калия вступает в реакцию с

- 1) сульфатом натрия
- 2) хлоридом меди
- 3) хлоридом лития
- 4) оксидом азота (II)

Ответ: ☐

8. Гидроксид калия реагирует со всеми веществами набора

1) SO_2 , SiO_2

3) NaCl , H_3PO_4

2) P_2O_5 , LiOH

4) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, NO

Ответ: ☐

9. Верны ли следующие суждения о гидроксиде калия?

А. Гидроксид калия является более сильным основанием по сравнению с гидроксидом магния.

Б. Гидроксид калия вступает в реакцию с хлоридом железа (II).

1) верно только А

3) верны оба суждения

2) верно только Б

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

10. Гидроксид цинка вступает в реакцию с

1) сульфатом калия

3) оксидом железа (II)

2) хлоридом натрия

4) гидроксидом бария

Ответ: ☐

11. Гидроксид цинка реагирует со всеми веществами набора

1) NO , P_2O_5

3) N_2O , FeO

2) CO , NO

4) HNO_3 , SO_3

Ответ: ☐

12. Верны ли следующие суждения о гидроксиде цинка?

А. Это вещество нерастворимо в воде.

Б. Гидроксид цинка не вступает в реакцию с сульфатом калия.

1) верно только А

2) верно только Б

3) верны оба суждения

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

13. Гидроксид алюминия вступает в реакцию с

- 1) сульфатом натрия 3) фосфатом калия
2) хлороводородом 4) оксидом азота (I)

Ответ: ☐

14. Гидроксид алюминия реагирует со всеми веществами набора

- 1) K_2SO_3 , SiO_2 3) $NaCl$, H_3PO_4
2) P_2O_5 , $LiOH$ 4) $CaSO_4$, NO

Ответ: ☐

15. Верны ли следующие суждения о гидроксиде алюминия?

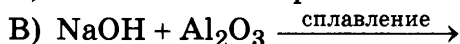
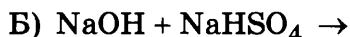
- А. Гидроксид алюминия является более сильным основанием по сравнению с гидроксидом натрия.
Б. Гидроксид вступает в реакции с основаниями и основными оксидами.

- 1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны

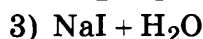
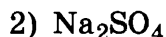
Ответ: ☐

16. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ
РЕАКЦИИ



Ответ:

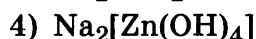
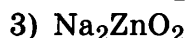
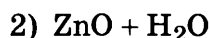
| А | Б | В |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

17. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ
РЕАКЦИИ

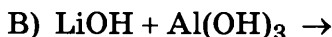
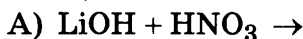


Ответ:

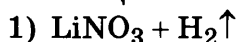
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

18. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ
РЕАКЦИИ

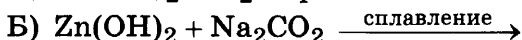
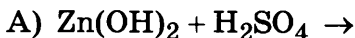


Ответ:

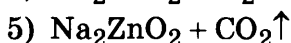
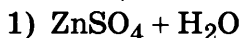
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

19. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ
РЕАКЦИИ

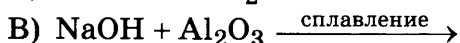
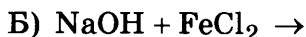
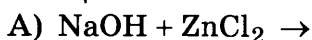


Ответ:

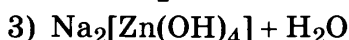
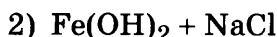
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

20. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



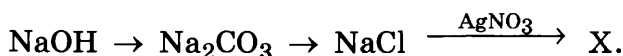
ПРОДУКТЫ
РЕАКЦИИ



Ответ:

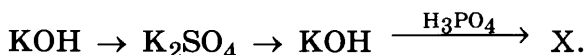
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

21. Дана схема превращений:



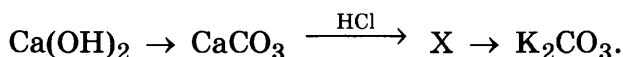
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

22. Дана схема превращений:



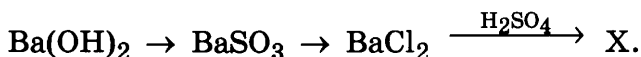
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

23. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

24. Дана схема превращений:

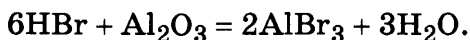
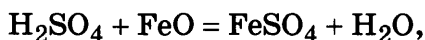
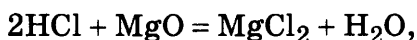
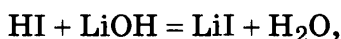


Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

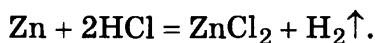
3.2.3. Химические свойства кислот

Кислотами называют класс химических соединений, которые содержат в своём составе один или несколько катионов водорода, способных замещаться на атомы металлов, и анионов кислотных остатков. Классификация кислот и способы их получения были рассмотрены ранее в разделе 1.6.

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:



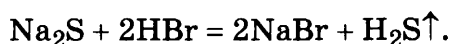
Водные растворы сильных кислот вступают в реакцию с металлами, которые стоят в ряду напряжений металлов левее водорода с образованием соли и выделением водорода:



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:



Тренировочные задания к разделу 3.2.3

1. Фтороводородная (плавиковая) кислота вступает в реакцию с

- 1) нитратом натрия
- 2) нитратом аммония
- 3) карбонатом натрия
- 4) сульфатом бария

Ответ: ☐

2. Фтороводородная (плавиковая) кислота реагирует со всеми веществами набора

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1) SO_3 , KCl | 3) NaOH , NaBr |
| 2) SiO_2 , KOH | 4) SiO_2 , KCl |

Ответ: ☐

3. Верны ли следующие суждения о фтороводородной (плавиковой) кислоте?

- А. Это сильная кислота.
Б. Растворы плавиковой кислоты нельзя хранить в стеклянной посуде.
- 1) верно только А
 - 2) верно только Б
 - 3) верны оба суждения
 - 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

4. Соляная кислота вступает в реакцию с

- 1) сульфатом бария
- 2) сульфатом лития
- 3) гидроксидом аммония
- 4) оксидом серы (IV)

Ответ: ☐

5. Соляная кислота реагирует со всеми веществами набора

- | | |
|--------------------------|------------------------------------|
| 1) AgNO_3 , NO | 3) CaCO_3 , Hg |
| 2) AgNO_3 , CaO | 4) MgCO_3 , SO_3 |

Ответ: ☐

6. Верны ли следующие суждения о соляной кислоте?

А. Концентрация хлороводорода в соляной кислоте может достигать 60%.

Б. Соляная кислота растворяет алюминий.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

7. Бромоводородная кислота вступает в реакцию с

- 1) нитратом кальция
- 2) сульфатом аммония
- 3) сульфатом железа (II)
- 4) сульфидом натрия

Ответ: ☐

8. Бромоводородная кислота реагирует со всеми веществами набора

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1) BaO, ZnO | 3) Al_2O_3 , CO |
| 2) Na_2O , Au | 4) ZnO, SiO_2 |

Ответ: ☐

9. Верны ли следующие суждения о бромоводородной кислоте?

А. Бромоводородная кислота вступает в реакции с металлами, расположенными в ряду напряжения металлов после водорода.

Б. Бромоводородная кислота сильнее уксусной.

1) верно только А

3) верны оба суждения

2) верно только Б

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

10. Сероводородная кислота вступает в реакцию с

1) ацетатом натрия

3) хлоридом натрия

2) ацетатом свинца

4) ацетатом лития

Ответ: ☐

11. Сероводородная кислота реагирует со всеми веществами набора

1) $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, NaOH

3) SiO_2 , NaOH

2) FeCl_2 , Au

4) SO_2 , N_2

Ответ: ☐

12. Верны ли следующие суждения о сероводородной кислоте?

А. Это слабая кислота.

Б. Она образует два ряда солей: средние и кислые.

1) верно только А

2) верно только Б

3) верны оба суждения

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

13. Фосфорная кислота вступает в реакцию с

1) ацетатом натрия

3) нитратом натрия

2) ацетатом калия

4) нитратом кальция

Ответ: ☐

14. Фосфорная кислота реагирует со всеми веществами набора

1) NO , CaO

3) SO_3 , N_2

2) Na_2O , K_2O

4) SO_2 , CO_2

Ответ: ☐

15. Верны ли следующие суждения о фосфорной кислоте?

А. Это твёрдое вещество, хорошо растворимое в воде.

Б. Фосфорная кислота вступает в реакцию обмена с хлоридом кальция.

1) верно только А

3) верны оба суждения

2) верно только Б

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

16. Азотная кислота в растворе вступает в реакцию с

1) ацетатом натрия

3) хлоридом кальция

2) ацетатом свинца

4) карбонатом калия

Ответ: ☐

17. Азотная кислота реагирует со всеми веществами набора

1) K_2CO_3 , LiOH

3) K_3PO_4 , CO_2

2) KOH , NaCl

4) SO_3 , N_2O

Ответ: ☐

18. Верны ли следующие суждения об азотной кислоте?

А. Это слабая одноосновная кислота.

Б. Разбавленная азотная кислота вступает в реакцию с медью.

1) верно только А

2) верно только Б

3) верны оба суждения

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

19. Серная кислота вступает в реакцию с

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| 1) нитратом лития | 3) нитратом бария |
| 2) нитратом калия | 4) нитратом железа (II) |

Ответ:

20. Серная кислота реагирует со всеми веществами набора

- | | |
|--|---|
| 1) NO , P_2O_5 | 3) Al_2O_3 , ZnO |
| 2) Cr_2O_3 , NO | 4) SO_2 , CO |

Ответ:

21. Верны ли следующие суждения о серной кислоте?

А. Концентрированная серная кислота является сильным водоотнимающим средством.

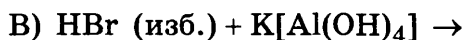
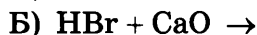
Б. Серная кислота вытесняет угольную кислоту из её солей.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

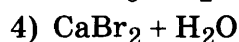
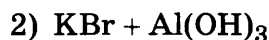
Ответ:

22. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТЫ
РЕАКЦИЙ

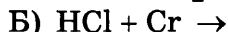


Ответ:

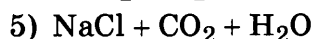
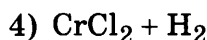
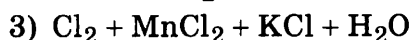
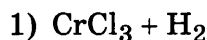
| А | Б | В |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

23. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



ПРОДУКТЫ РЕАКЦИЙ

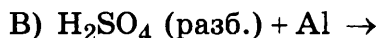
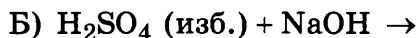
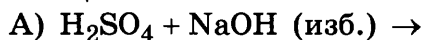


Ответ:

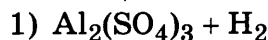
| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

24. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакций.

**РЕАГИРУЮЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



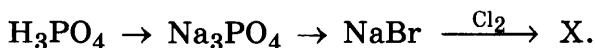
**ПРОДУКТЫ
РЕАКЦИЙ**



Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

25. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

26. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

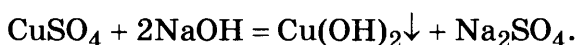
3.2.4. Химические свойства солей (средних)

Номенклатура, классификация и способы получения солей были описаны ранее в разделе 1.6. Для средних солей характерны следующие химические свойства.

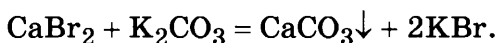
Более сильные кислоты могут вытеснять более слабые из их солей:



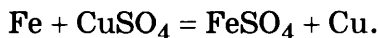
Соли могут реагировать со щелочами:



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:



Тренировочные задания к разделу 3.2.4

1. Раствор карбоната натрия выделяет углекислый газ при действии на него

1) хлорида кальция

3) гидроксида лития

2) азотной кислоты

4) сульфата меди

Ответ:

2. Карбонаты переходят в водном растворе в гидрокарбонаты под действием
- 1) фосфата кальция
 - 2) гидрокарбоната натрия
 - 3) углекислого газа
 - 4) сульфата натрия

Ответ: ☐

3. Хлорид стронция вступает в реакции со всеми веществами набора:
- 1) гидроксид натрия, фосфат калия
 - 2) азотная кислота, хлорид кальция
 - 3) фосфат кальция, хлор
 - 4) фтороводородная кислота, серная кислота

Ответ: ☐

4. Сульфат магния вступает в реакции со всеми веществами набора:
- 1) гидроксид натрия, хлорид калия
 - 2) азотная кислота, хлорид кальция
 - 3) фосфат кальция, соляная кислота
 - 4) фосфорная кислота, гидроксид калия

Ответ: ☐

5. Хлорид меди (II) реагирует с каждым из двух веществ:
- 1) железом и гидроксидом натрия
 - 2) водородом и азотом
 - 3) нитратом натрия и хлоридом магния
 - 4) гидроксидом лития и углекислым газом

Ответ: ☐

6. Химическая реакция возможна между
- 1) сульфатом меди и нитратом калия
 - 2) йодидом калия и нитратом серебра
 - 3) хлоридом кальция и нитратом калия
 - 4) нитратом бария и хлоридом натрия

Ответ: ☐

7. С раствором хлорида бария реагирует

- | | |
|----------------------|--------------------|
| 1) гидроксид лития | 3) сульфат лития |
| 2) оксид железа (II) | 4) соляная кислота |

Ответ:

8. С раствором нитрата кальция реагирует

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1) карбонат натрия | 3) кислород |
| 2) цинк | 4) соляная кислота |

Ответ:

9. С раствором йодида натрия реагирует

- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1) соляная кислота | 3) хлорид лития |
| 2) ацетат свинца | 4) нитрат кальция |

Ответ:

10. С выделением газа карбонат кальция реагирует с

- 1) бромоводородной кислотой
- 2) хлоридом серебра
- 3) гидратом аммония
- 4) гидроксидом натрия

Ответ:

11. С раствором сульфата меди (II) реагирует

- | | |
|-----------------|-----------------------|
| 1) нитрат лития | 3) хлор |
| 2) цинк | 4) хлорид железа (II) |

Ответ:

12. Сульфат меди (II) вступит в реакцию со всеми веществами набора

- 1) хлорид калия и нитрат аммония
- 2) гидроксид натрия и хлорид магния
- 3) нитрат бария и гидроксид калия
- 4) ацетат свинца и соляная кислота

Ответ:

13. При взаимодействии водных растворов нитрата бария и карбоната калия в осадок выпадает

- 1) гидроксид бария
- 2) гидрокарбонат бария
- 3) карбонат бария
- 4) нитрат калия

Ответ: ☐

14. Соль и сильное основание образуются при сливании растворов

- 1) нитрата аммония и хлорида калия
- 2) карбоната натрия и гидроксида бария
- 3) фосфорной кислоты и гидроксида натрия
- 4) бромида кальция и фосфата калия

Ответ: ☐

15. Соль и нерастворимое основание образуются при сливании растворов

- 1) азотной кислоты и хлорида натрия
- 2) гидроксида лития и хлорида железа (II)
- 3) хлорида кальция и фосфата натрия
- 4) ацетата свинца и сульфата натрия

Ответ: ☐

16. Верны ли следующие суждения о хлориде натрия?

А. Его используют в пищевой промышленности и медицине.

Б. Он вступает в обменную реакцию с нитратом серебра.

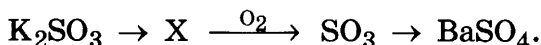
- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

17. Верны ли следующие суждения о сульфате натрия?
- А. Это твёрдое вещество, мало растворимое в воде.
Б. Он вступает в реакцию обмена с нитратом свинца.
- 1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны
- Ответ: ☐
18. Верны ли следующие суждения о сульфате бария?
- А. Это твёрдое вещество, нерастворимое в воде.
Б. Он вступает в реакцию обмена с нитратом лития.
- 1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны
- Ответ: ☐
19. Верны ли следующие суждения о нитрате серебра?
- А. Это твёрдое вещество, нерастворимое в воде.
Б. Он вступает в реакцию обмена с фторидом натрия.
- 1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны
- Ответ: ☐
20. Верны ли следующие суждения о фосфате кальция?
- А. Это твёрдое вещество, нерастворимое в воде.
Б. Он вступает в реакцию обмена с серной кислотой.
- 1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны
- Ответ: ☐

21. Дана схема превращений:

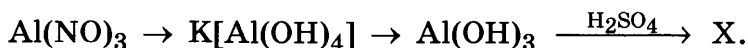
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для первого превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

22. Дана схема превращений:

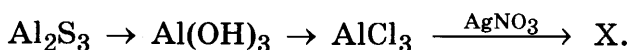
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для первого превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

23. Дана схема превращений:

Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для третьего превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

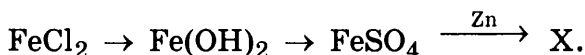
24. Дана схема превращений:

Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

25. Дана схема превращений:

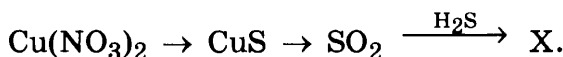
Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

26. Дана схема превращений:



Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для второго превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

27. Дана схема превращений:

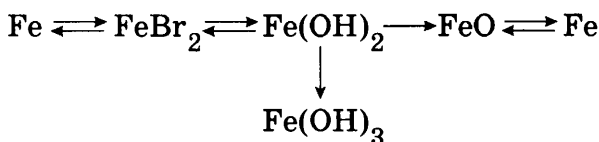


Напишите молекулярные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения. Для первого превращения составьте сокращённое ионное уравнение реакции.

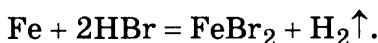
3.3. ВЗАИМОСВЯЗЬ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Рассмотрим её на нескольких примерах.

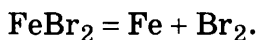
Пример 1. Взаимосвязь соединений железа.



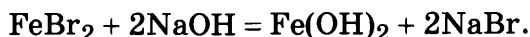
Переход из железа в бромид железа (II) возможен при реакции железа с бромоводородной кислотой:



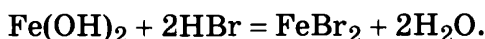
Получить из бромида железа (II) чистое железо можно при электролизе расплава:



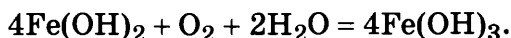
При добавлении к бромиду железа (II) щёлочи образуется гидроксид железа (II):



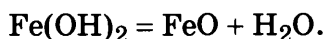
Обратный переход возможен при взаимодействии гидроксида железа (II) с бромоводородной кислотой:



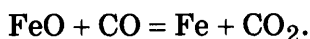
Окисление гидроксида железа (II) приводит к гидроксиду железа (III):



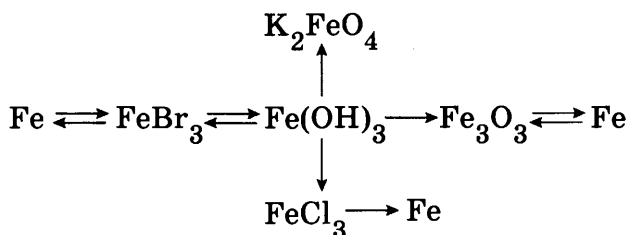
При нагревании гидроксид железа (II) теряет воду, превращаясь в оксид железа (II):



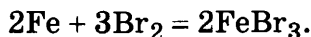
Восстановление оксида железа (II) приводит к железу:



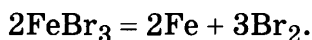
Пример 2. Взаимосвязь соединений железа.



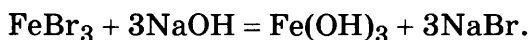
Реакция железа с бромом приводит к бромиду железа (III):



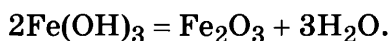
Получить из этого соединения железа можно электролизом расплава:



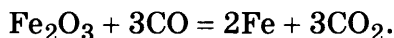
Переход из бромида железа (III) в гидроксид железа (III) возможен под действием щёлочи:



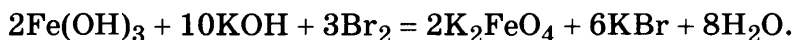
При нагревании гидроксид железа (III) теряет воду, превращаясь в оксид железа (III):



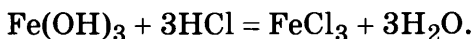
Восстановлением оксида железа (III) можно получить железо:



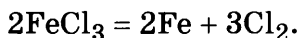
Железо в степени окисления +6 можно получить из гидроксида железа (III) по реакции:



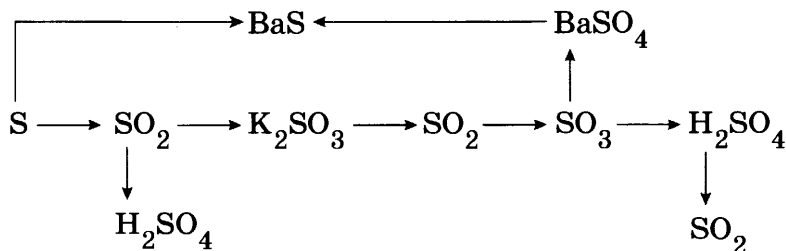
Гидроксид железа (III) под действием соляной кислоты переходит в хлорид железа (III):



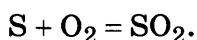
Из хлорида железа (III) электролизом можно получить железо:



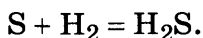
Пример 3. Взаимосвязь соединений серы.



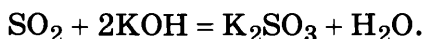
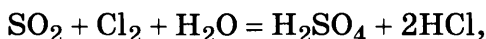
Сера окисляется кислородом воздуха до оксида серы (IV):



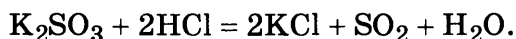
Взаимодействие серы с водородом приводит к сероводороду:



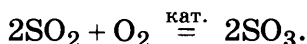
Оксид серы (IV) может вступить в окислительно-восстановительную реакцию с образованием серной кислоты или в обменную реакцию с образованием сульфита калия:



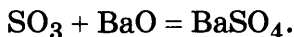
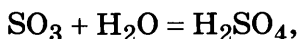
Под действием сильных кислот сульфит калия разлагается до SO_2 :



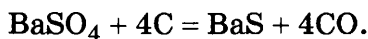
Каталитическое окисление SO_2 приводит к оксиду серы (VI):



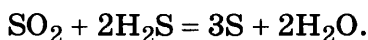
Из оксида серы (VI) можно получить как серную кислоту, так и сульфат бария:



Из сульфата бария восстановлением углём можно получить сульфид бария:

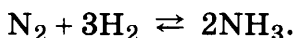


Восстановление SO_2 приводит к сере:

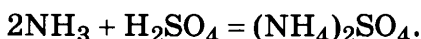


Пример 4. Осуществить следующую цепочку превращений: $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$.

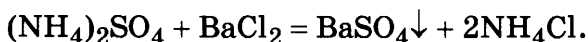
Азот взаимодействует с водородом при повышенной температуре в присутствии катализатора с образованием аммиака:



Реакция газообразного аммиака с серной кислотой приводит к сульфату аммония:



При взаимодействии водных растворов сульфата аммония и хлорида бария образуется нерастворимый сульфат бария, эта реакция идёт до конца. После отделения осадка и упаривания водного раствора можно выделить чистый хлорид аммония:

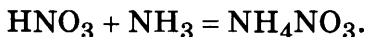


Пример 5. Осуществить следующую цепочку превращений: $\text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O}$.

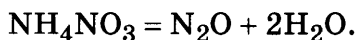
Оксид азота (IV) при взаимодействии с кислородом и водой даёт азотную кислоту:



При реакции азотной кислоты с аммиаком образуется нитрат аммония:

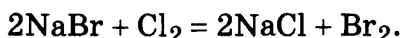


Контролируемое разложение нитрата аммония приводит к образованию оксида азота (I) и воды:

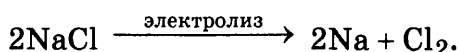


Пример 6. Осуществить следующую цепочку превращений: $\text{NaBr} \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO}$.

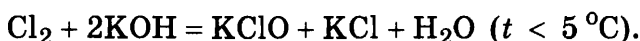
Хлор способен вытеснять бром из бромидов:



Электролиз расплава хлорида натрия приводит к образованию молекулярного хлора:



Гипохлорид калия образуется при взаимодействии газообразного хлора с водным раствором гидроксида калия при охлаждении:

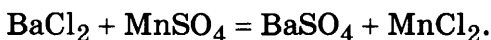


Особенностью заданий, в которых требуется определить неизвестное вещество X как промежуточный продукт в цепочке химических превращений, является принципиальная возможность наличия нескольких правильных ответов. Вам нужно обосновать свой выбор.

Пример 7. Предложите формулы неизвестных веществ в приведённых ниже последовательностях химических превращений и обоснуйте этот выбор. Приведите уравнения химических реакций, с помощью которых эти превращения можно осуществить:

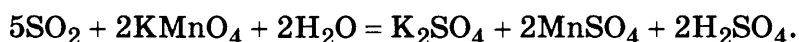


Каким же может быть вещество X_1 ? Возможны несколько вариантов. Предположим, что марганец в этом соединении имеет степень окисления +2, тогда этим веществом будет, например, сульфат марганца (II). Почему? Из него удобно получить хлорид марганца (II) с помощью обменной реакции:



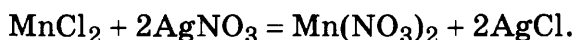
Данная реакция пойдёт до конца, потому что сульфат бария выпадет в осадок.

Перманганат калия — сильный окислитель, который при реакции с восстановителем в кислой среде может понизить свою степень окисления до +2. Чтобы получить сульфат марганца (II) из перманганата калия, можно использовать окислительно-восстановительную реакцию:

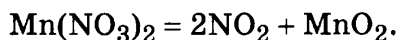


Другой вариант ответа:

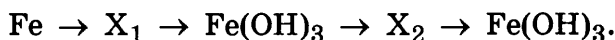
Из хлорида марганца (II) можно получить нитрат марганца (II) с помощью обменной реакции с нитратом серебра. Эта реакция идёт до конца благодаря образованию нерастворимого хлорида серебра:



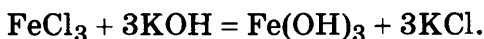
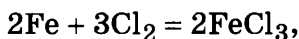
Термическое разложение нитрата марганца (II) — обычный способ получения оксида марганца (IV):



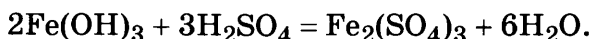
Пример 8. Предложите формулы неизвестных веществ в приведённых ниже последовательностях химических превращений и обоснуйте этот выбор. Приведите уравнения химических реакций, с помощью которых эти превращения можно осуществить:



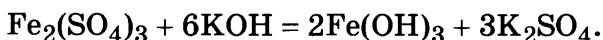
Наиболее рациональным вариантом будет следующий. Вначале железо под действием хлора окисляется до хлорида железа (III) (вещество X_1), из которого по обменной реакции получают гидроксид железа (III):



Веществом (X_2) может быть любая растворимая соль железа (III), например сульфат, нитрат и т. д.:



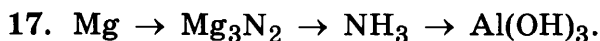
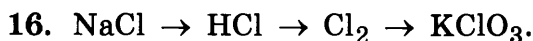
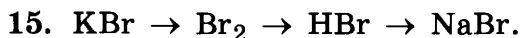
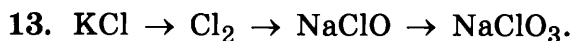
Под действием расчётного количества щёлочи в осадок выпадает гидроксид железа (III):



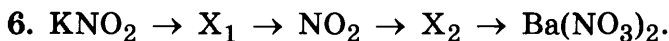
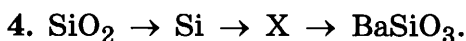
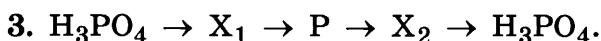
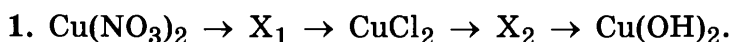
Тренировочные задания к разделу 3.3

Общее задание 1. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие цепочки превращений:

- $\text{Al} \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{KAlO}_2 \rightarrow \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] \rightarrow \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3.$
- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \rightarrow \rightarrow \text{CaHPO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2.$
- $\text{FeS} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{NaHSO}_3 \rightarrow \text{BaSO}_3 \rightarrow \text{BaSO}_4.$
- $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CaOCl}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2.$
- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4.$
- $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3.$
- $\text{P} \rightarrow \text{Ca}_3\text{P}_2 \rightarrow \text{PH}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4.$
- $\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3.$
- $\text{KNO}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3.$
- $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4.$
- $\text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO}_3 \rightarrow \text{Cl}_2.$
- $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3.$



Общее задание 2. Предложите формулы неизвестных веществ в приведённых ниже последовательностях химических превращений и обоснуйте ваш выбор. Приведите уравнения химических реакций, с помощью которых эти превращения можно осуществить:



3.4. ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВАХ

3.4.1. Углеводороды предельные и непредельные: метан, этан, этилен, ацетилен

Органическая химия — это химия углеводородов и их производных.

Основные положения теории строения органических соединений:

1. Все атомы, образующие молекулы органического вещества, связаны в определённой 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.

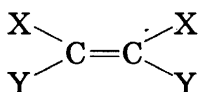
Изомерами называют химические соединения, имеющие одинаковый качественный и количественный состав, но разное химическое строение и разные свойства.

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.

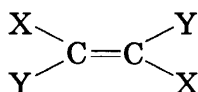
Геометрическая, или цис-транс-изомерия, — явление существования веществ с различным расположением заместителей относительно двойной связи.

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.



цис-изомер



транс-изомер

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 трёх гибридных состояний с различными типами гибридизации:

sp^3 -гибридизация. При этой гибридизации происходит смешение одной $2s$ - и трёх $2p$ -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 состоянии sp^2 , связан с каким-либо другим атомом двойной связью, например: $>\text{C}=\text{C}<$; $>\text{C}=\text{O}$; $>\text{C}=\text{N}-$. 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 со-

стоянии *sp*, связан с каким-либо другим атомом тройной связью, например: $-\text{C}\equiv\text{C}-$; $-\text{C}\equiv\text{N}$. Одна из тройных связей является σ -связью, две другие — π -связями.

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 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, в молекулах которых атомы углерода связаны между собой простой (одинарной) σ -связью.

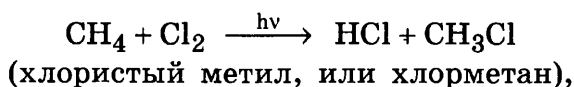
Родоначальником класса предельных углеводородов является **метан**, CH_4 . Он представляет собой газ без цвета и запаха, очень мало растворим в воде. Его температура кипения равна -162°C , а температура плавления — -182°C . Метан широко распространён в природе. Он образуется в результате разложения без доступа воздуха остатков животных и растительных организмов.

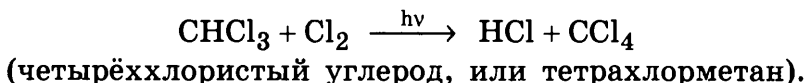
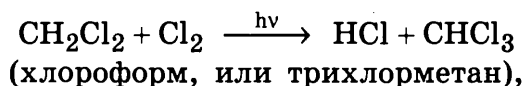
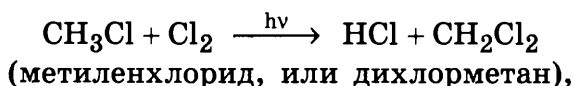
Метан — основной компонент природного газа, кроме того, его получают в качестве попутного газа при нефтедобыче.

Метан, как и другие представители предельных углеводородов, достаточно устойчивы химически. Они не взаимодействуют ни со щелочами, ни с кислотами (за исключением азотной), не реагируют с активными металлами.

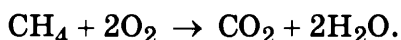
Для метана прежде всего характерны реакции замещения, которые протекают по радикальному механизму. Этот механизм химической реакции подробнее изучают в курсе органической химии.

Взаимодействие метана с хлором протекает на свету или при температуре 300°C . Иногда этот процесс может сопровождаться взрывом. При этом происходит последовательное замещение атомов водорода на хлор. В зависимости от соотношения в качестве основного продукта реакции могут образовываться различные хлорпроизводные:



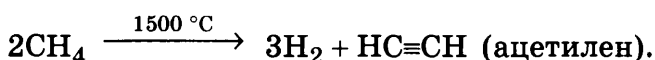
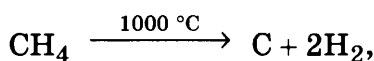
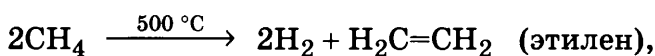


При сгорании метана в кислороде или на воздухе выделяется углекислый газ, вода и значительное количество тепла:

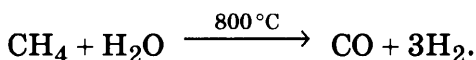


Именно поэтому его используют в качестве дешёвого топлива.

Термическое разложение метана протекает по различным направлениям в зависимости от температуры:



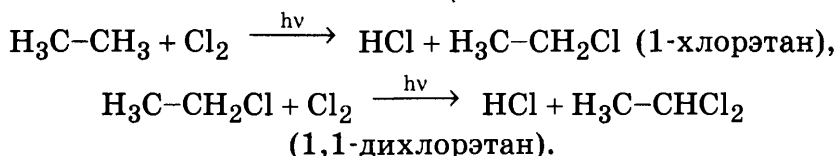
При температуре около 800°C в присутствии никелевого катализатора метан вступает во взаимодействие с водяными парами с образованием так называемого синтез-газа:



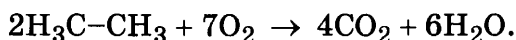
В дальнейшем из синтез-газа получают многочисленные продукты органического синтеза.

Этан — ближайший гомолог метана. Его брутто-формула C_2H_6 , структурная формула $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$. Он представляет собой газ без цвета и запаха, очень мало растворим в воде. Его температура кипения равна -89°C , а температура плавления -183°C . Этан широко распространен в природе. В составе попутного газа встречается до 10—15% этана.

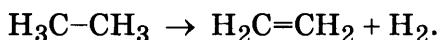
Так же, как и метан, этан вступает в реакции замещения:



На воздухе этан горит слабо светящимся пламенем:

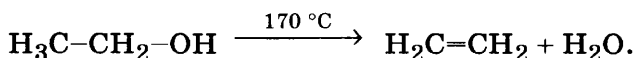


Реакция дегидрирования, т. е. отщепление водорода, приводит к этилену:

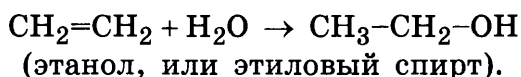
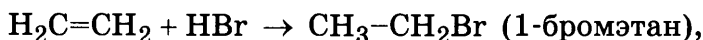
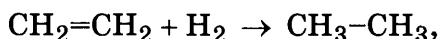
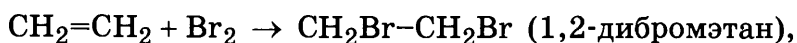


Этан используют как исходное сырье для получения этилена, каучуков и т. д.

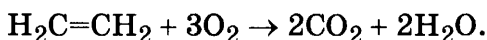
Этилен, брутто-формула C_2H_4 , структурная формула $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$, представляет собой бесцветный газ, малорастворимый в воде. Его температура кипения равна $-103,7^\circ\text{C}$, а температура плавления $-169,1^\circ\text{C}$. Этилен в промышленности получают из этана или метана. Эти реакции были описаны выше. В лабораторной практике этилен получают с помощью реакции дегидратации (отщепления воды) от этилового спирта. Одновременно катализатором этого процесса и водоотнимающим средством является концентрированная серная кислота:



Для этилена характерны реакции присоединения. Он легко обесцвечивает раствор брома в воде или четырёххлористом углероде, присоединяет водород (реакция гидрирования), бромоводород (реакция гидробромирования) и воду (реакция гидратации):



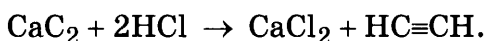
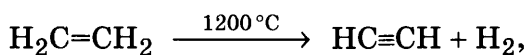
Этилен горит на воздухе:



Этилен широко применяют для синтеза различных органических веществ: этилового спирта, стирола, галогенпроизводных, полиэтилена, окиси этилена и т. д.

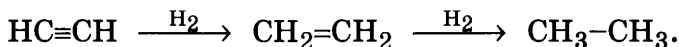
Ацетилен (этин), брутто-формула C_2H_2 , структурная формула $\text{HC}\equiv\text{CH}$, представляет собой бесцветный газ, немного растворимый в воде. Его температура кипения равна $-83,8^\circ\text{C}$.

Ацетилен в промышленности получают из метана (реакция описана выше) или этана. В лабораторной практике ацетилен получают с помощью реакции карбида кальция с водой или кислотами:

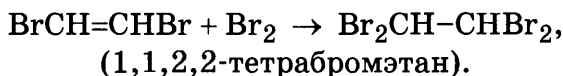
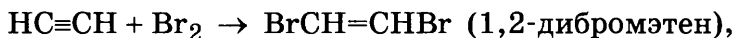


Для ацетилена прежде всего характерны реакции присоединения.

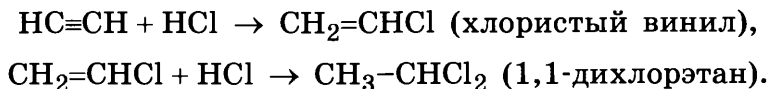
В присутствии катализаторов он легко присоединяет водород, образуя вначале этилен, а потом этан:



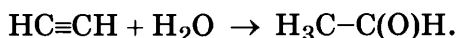
Ацетилен обесцвечивает раствор брома в воде или четырёххлористом углероде. При этом происходит последовательное присоединение брома по кратным связям:



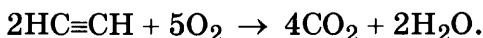
Присоединение хлороводорода вначале приведет к образованию хлористого винила, а затем 1,1-дихлорэтана:



Ацетилен реагирует с водой с образованием уксусного альдегида (реакция Кучерова). Катализатором в данном процессе выступают соли ртути.



При сгорании ацетилена в кислороде развивается очень высокая температура, поэтому ацетилен-кислородное пламя используют для сварки и резки металлов:



Ацетилен имеет огромное значение как исходное вещество в органическом синтезе. Из ацетилена получают уксусный альдегид, который далее перерабатывают в уксусную кислоту и её различные эфиры; винилацетилен, перерабатываемый в хлоропрен и хлоропреновые каучуки; хлорвинил и поливинилхлорид; дихлорэтан, глицерин, винилацетат, поливинилацетатный клей.

Тренировочные задания к разделу 3.4.1

1. Для метана верны следующие утверждения:
 - 1) его молекула образована атомом углерода в *sp*-гибридном состоянии
 - 2) это низкокипящая жидкость, хорошо растворимая в воде
 - 3) это низкокипящий газ, плохо растворимый в воде
 - 4) является основным компонентом природного газа
 - 5) легко реагирует с разбавленной серной кислотой

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

2. Для метана верны следующие утверждения:

- 1) его молекула образована атомом углерода в состоянии sp^2 -гибридизации
- 2) метан реагирует с парами разбавленной азотной кислоты
- 3) метан обладает характерным неприятным запахом
- 4) сгорает на воздухе с образованием угарного газа и воды
- 5) сгорает на воздухе с образованием углекислого газа и воды.

Ответ: ☐ ☐

3. Для этана верны следующие утверждения:

- 1) это бесцветный газ, немного легче воздуха
- 2) это бесцветный газ, немного тяжелее воздуха
- 3) при его взаимодействии с водой образуется этиловый спирт
- 4) при его дегидрировании образуется этилен
- 5) все атомы углерода в нём — третичные

Ответ: ☐ ☐

4. Для этана верны следующие утверждения:

- 1) оба атома углерода в его молекуле являются первичными
- 2) не реагирует с гидроксидом натрия
- 3) реагирует с серной кислотой
- 4) реагирует с метаном
- 5) обладает резким неприятным запахом

Ответ: ☐ ☐

5. Для этилена верны следующие утверждения:

- 1) оба атома углерода в его молекуле находятся в состоянии sp^2 -гибридизации
- 2) плотность паров этилена равна плотности паров азота

- 3) не реагирует с водой
- 4) не сгорает в кислороде
- 5) не присоединяет хлор

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

6. Для этилена верны следующие утверждения:

- 1) при нормальных условиях это легкокипящая жидкость, хорошо растворимая в воде
- 2) оба атома углерода в его молекуле находятся в состоянии sp^3 -гибридизации
- 3) взаимодействует с водой с образованием уксусной кислоты
- 4) взаимодействует с бромной водой с образованием 1,2-дибромэтана
- 5) взаимодействует с водой с образованием этилового спирта

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

7. Для ацетиленов верны следующие утверждения:

- 1) при нормальных условиях это газ, пары которого легче воздуха
- 2) при нормальных условиях это газ, пары которого тяжелее воздуха
- 3) не реагирует с бромом
- 4) реагирует с водой с образованием этанола
- 5) реагирует с водой с образованием уксусного альдегида

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

8. Для ацетиленов верны следующие утверждения:

- 1) атомы углерода в его молекуле находятся в состоянии sp^2 -гибридизации и соединены двойной связью
- 2) атомы углерода в его молекуле соединены тройной связью и находятся в состоянии sp -гибридизации
- 3) при его сгорании в кислороде образуется угарный газ и вода

- 4) при его сгорании в кислороде образуется углекислый газ и вода
- 5) реагирует с азотом

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

3.4.2. Кислородсодержащие вещества: спирты (метанол, этанол, глицерин), карбоновые кислоты (уксусная и стеариновая)

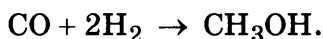
Спиртами называют производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на гидроксильные группы ($-\text{OH}$).

По числу гидроксильных групп спирты делят на *одноатомные, двухатомные, трёхатомные и многоатомные*.

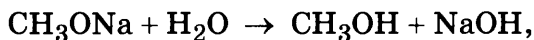
Предельными одноатомными спиртами называют класс химических веществ, отвечающий общей формуле $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ и содержащий в своей молекуле функциональную гидроксильную группу $-\text{OH}$, связанную с углеводородным радикалом.

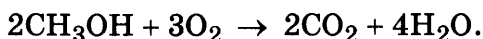
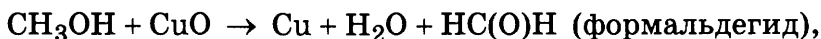
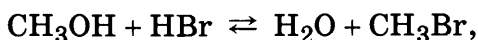
Родоначальником гомологического ряда предельных одноатомных спиртов является **метиловый спирт**, или **метанол**. Его структурная формула CH_3OH .

Метиловый спирт представляет собой бесцветную жидкость с характерным запахом, которая смешивается с водой во всех отношениях. Его температура кипения равна $+64,7^\circ\text{C}$, температура плавления $-93,9^\circ\text{C}$. В промышленности его получают из смеси оксида углерода (II) и водорода в присутствии катализатора — окиси цинка и хрома при высокой температуре:

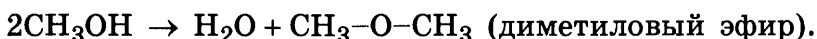


Метиловый спирт реагирует с щелочными металлами с образованием соответствующих метилатов, вступает в обратимые реакции с галогенводородными кислотами, а также в окислительно-восстановительные реакции:





При межмолекулярной дегидратации метилового спирта (катализатор — концентрированная серная кислота) происходит образование простого эфира:

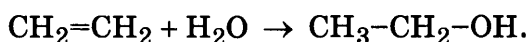
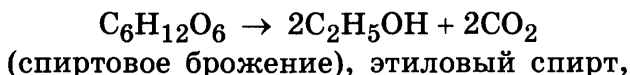


Метиловый спирт применяют в производстве формальдегида, полимерных материалов, в качестве растворителя в различных процессах.

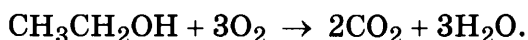
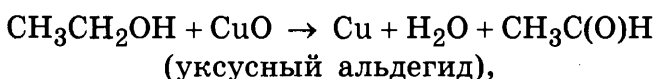
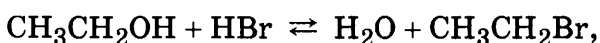
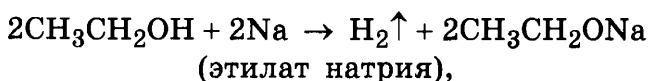
Метиловый спирт очень ядовит. Известны многочисленные случаи тяжёлых отравлений этим соединением, часто со смертельным исходом.

Ближайший гомолог метилового спирта — *этиловый спирт*, или *этанол*. Его структурная формула $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$. Он представляет собой бесцветную жидкость с характерным запахом. Смешивается с водой во всех отношениях. Его температура кипения равна $+78,3^\circ\text{C}$, температура плавления $-114,2^\circ\text{C}$.

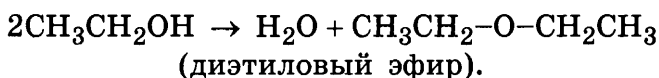
Разработано несколько промышленных методов получения этанола. Наиболее важными являются спиртовое брожение сахаристых веществ, например глюкозы в присутствии дрожжей, а также каталитическая гидратация этилена:



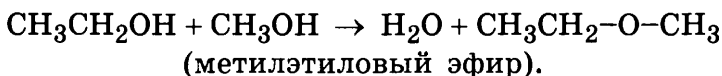
Этиловый спирт реагирует с щелочными металлами с образованием соответствующих этилатов, вступает в обратимые реакции с галогенводородными кислотами, а также в окислительно-восстановительные реакции:



При межмолекулярной дегидратации этилового спирта (катализатор — концентрированная серная кислота) происходит образование простого эфира:



Если в реакцию этерификации взять смесь метилового и этилового спиртов одним из продуктов реакции может быть эфир несимметричного строения:

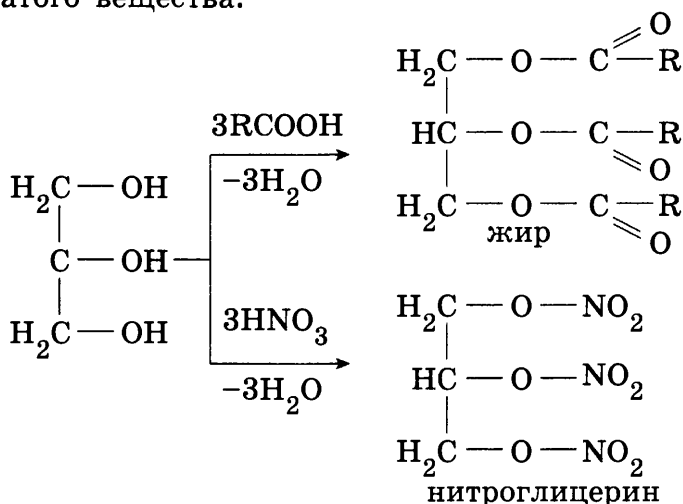


Этиловый спирт широко применяется в химической промышленности для производства красителей, ядохимикатов, пороха, пластмасс, уксусной кислоты и т. д. Этиловый спирт применяют в медицине и парфюмерии.

Трехатомные спирты. Эти спирты содержат три гидроксильные группы при разных углеродных атомах. Общая формула трёхатомных спиртов $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}(\text{OH})_3$. Простейшим представителем трехатомных спиртов является *глицерин*. Его структурная формула $\text{HOCH}_2\text{—CH(OH)—CH}_2\text{OH}$. Он представляет собой бесцветную сиропообразную жидкость, сладкую на вкус. Смешивается с водой и этиловым спиртом во всех отношениях. Его температура кипения равна $+290^\circ\text{C}$, температура плавления $+17^\circ\text{C}$.

Получают глицерин омылением жиров, а также из пищевого сырья.

Глицерин способен образовывать жиры при реакции с карбоновыми кислотами, а его реакция со смесью азотной и серной кислот приводит к образованию тринитроглицерина $\text{NO}_2\text{—OCH}_2\text{—CH(O—NO}_2\text{)—CH}_2\text{O—NO}_2$ — мощного взрывчатого вещества.



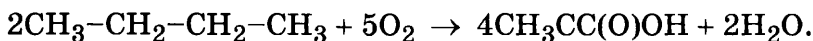
При взаимодействии глицерина со свежееосаждённым гидроксидом меди образуется глицерат меди, имеющий характерный ярко-синий цвет. Эта реакция является качественной для определения глицерина.

Глицерин применяют для изготовления полиэфирных полимеров, взрывчатых веществ, в парфюмерии, текстильной и пищевой промышленности.

Уксусная кислота $\text{H}_3\text{CC(O)OH}$ представляет собой бесцветную жидкость с резким запахом. Безводная уксусная кислота, имеющая температура плавления $16,6^\circ\text{C}$ называется ледяной.

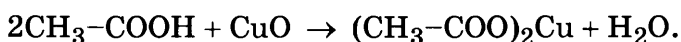
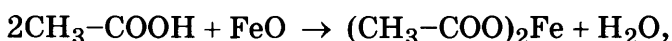
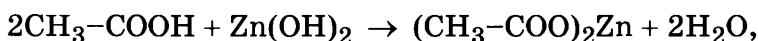
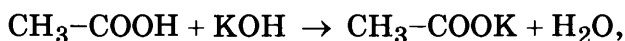
Уксусная кислота широко распространена в природе. Она образуется при уксуснокислом брожении жидкостей, содержащих спирт, содержится в растениях и т. д.

В промышленности уксусную кислоту получают из уксусного альдегида или жидкофазным окислением углеводородов в присутствии солей марганца в качестве катализатора, например:

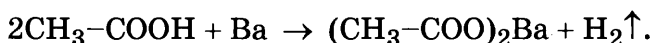


Уксусная кислота является слабой кислотой. Её производные называют ацетаты.

Она вступает в реакцию с основаниями и амфотерными гидроксидами (реакция нейтрализации), основными и амфотерными оксидами. Во всех случаях образуются соль и вода:



Уксусная кислота может реагировать с активными металлами с образованием солей и выделением водорода:



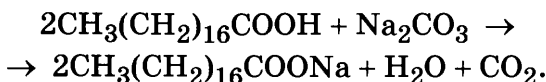
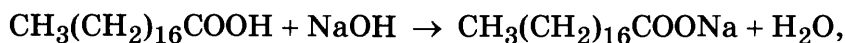
При хлорировании уксусной кислоты в присутствии красного фосфора образуется хлоруксусная кислота:



Уксусную кислоту используют в качестве полупродукта при производстве ацетонового шелка, красителей и др. Уксусную кислоту также широко применяют в пищевой промышленности. Водные растворы уксусной кислоты с концентрацией 70—80% называются уксусной эссенцией, а с концентрацией 3—5% — столовым уксусом.

Стеариновая кислота $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ представляет собой бесцветные кристаллы с температурой плавления 69,6 °С. В воде стеариновая кислота очень мало растворима. Эта кислота входит в состав животных и растительных жиров, которые и служат источником её получения. Используют стеариновую кислоту в фармацевтической и косметической промышленности. Её натриевая соль — стеарат натрия $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COONa}$ образуется в результате

взаимодействия стеариновой кислоты с гидроксидом или карбонатом натрия.



Стеарат натрия является основной составной частью обычного твёрдого мыла, а стеарат калия — жидкого мыла.

Тренировочные задания к разделу 3.4.2

1. Для метанола верны следующие утверждения:

- 1) это жидкость с характерным запахом, хорошо растворимая в воде
- 2) содержит в своём составе карбоксильную группу
- 3) содержит в своём составе гидроксильную группу
- 4) не горит на воздухе
- 5) реагирует с бромной водой

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

2. Для метанола верны следующие утверждения:

- 1) это газ при нормальных условиях
- 2) атомы углерода в нём находятся в состоянии *sp*-гибридизации
- 3) реагирует с металлическим натрием
- 4) реагирует с гидроксидом натрия
- 5) горит на воздухе

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

3. Для этанола верны следующие утверждения:

- 1) это жидкость с характерным запахом, не растворимая в воде
- 2) это низкокипящий газ, хорошо растворимый в воде
- 3) реагирует с гидроксидом натрия
- 4) реагирует с хлороводородом
- 5) реагирует с калием

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

4. Для этанола верны следующие утверждения:

- 1) его используют в медицине и пищевой промышленности
- 2) реагирует с концентрированными щелочами
- 3) не вступает в окислительно-восстановительные реакции
- 4) при дегидратации даёт ацетилен
- 5) при дегидратации даёт этилен

Ответ: ☐ ☐

5. Для глицерина верны следующие утверждения:

- 1) все атомы в его молекуле находятся в состоянии sp -гибридном состоянии
- 2) реагирует с водой
- 3) даёт ярко-синее окрашивание со свежесажённым раствором гидроксида меди (II)
- 4) реагирует с угольной кислотой
- 5) реагирует с азотной кислотой

Ответ: ☐ ☐

6. Для глицерина верны следующие утверждения:

- 1) это предельный двухатомный спирт
- 2) это предельный трехатомный спирт
- 3) реагирует с бромной водой
- 4) реагирует с железом
- 5) реагирует с натрием

Ответ: ☐ ☐

7. Для уксусной кислоты верны следующие суждения:

- 1) это жидкость с характерным резким запахом, нерастворимая в воде
- 2) это жидкость с характерным резким запахом, хорошо растворимая в воде
- 3) все атомы углерода находятся в состоянии sp^2 -гибридизации

- 4) атом углерода карбоксильной группы находится в состоянии sp^2 -гибридизации
- 5) сгорает на воздухе с образованием углекислого газа и водорода

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

8. Для уксусной кислоты верны следующие суждения:
- 1) сильнее соляной кислоты, но слабее угольной кислоты
 - 2) сильнее угольной кислоты, но слабее соляной кислоты
 - 3) не реагирует с основаниями
 - 4) окисляет серу
 - 5) реагирует со щелочами

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

9. Для стеариновой кислоты верны следующие суждения:
- 1) это непредельная одноосновная кислота
 - 2) содержит в своём составе карбоксильную группу и углеводородный радикал $C_{17}H_{35}$
 - 3) сильнее уксусной кислоты
 - 4) сильнее соляной кислоты
 - 5) в виде сложных эфиров входит в состав растительных и животных жиров

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

10. Для стеариновой кислоты верны следующие суждения:
- 1) это твёрдое вещество белого цвета, не растворимое в воде
 - 2) реагирует с сульфатом натрия
 - 3) реагирует с гидроксидом натрия
 - 4) относится к сильным кислотам
 - 5) содержит в своём составе углеводородный радикал формулы $C_{15}H_{31}$

Ответ:

| |
|--|
| |
|--|

3.4.3. Биологически важные вещества: белки, жиры, углеводы

К *белкам* относят полипептиды, содержащие в своём 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) входит не более 10 аминокислотных остатков. В состав цепи полипептидов входит 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 распространённые в органах и тканях организма), а к фибриллярным — коллаген (основной белок соединительной ткани).

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

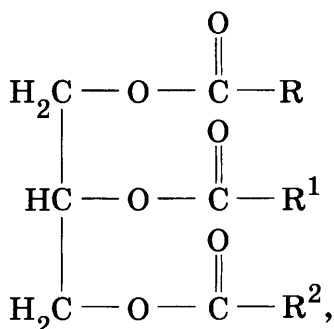
Вторичной структурой белка называют форму полипептидной цепи в пространстве. Вторичная структура определяется тем, что из-за образования внутримолекулярных водородных связей макромолекулы принимают определённую конформацию. Часто вторичная структура представляет собой спираль.

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.

Жирами называют смесь сложных эфиров глицерина и высших карбоновых кислот. При этом в состав жиров могут входить самые разнообразные высшие жирные кислоты, но только один спирт — глицерин. Поэтому эти эфиры называют *глицеридами*. Общая формула жиров:



где R, R¹, R² — углеводородные остатки.

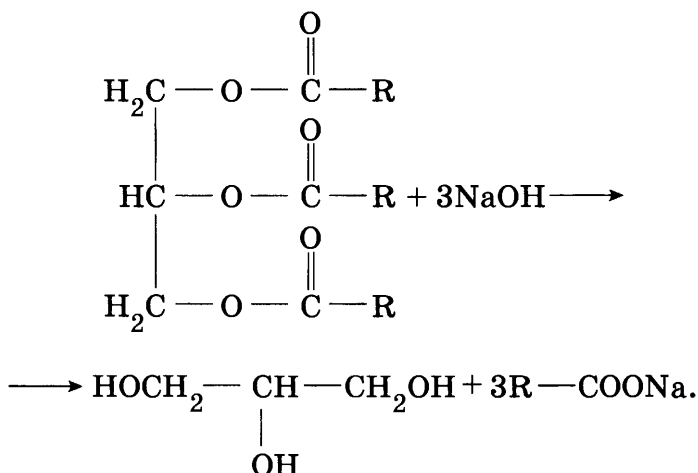
В состав твёрдых жиров входят предельные кислоты: C₁₅H₃₁COOH — пальмитиновая кислота; C₁₇H₃₅COOH — стеариновая кислота.

Жиры, триглицериды которых состоят одновременно из насыщенных и ненасыщенных кислот, широко встречаются в природе.

Жидкие жиры часто называют маслами. Глицериды насыщенных кислот — твёрдые соединения, а ненасыщенных — жидкие. Растительные масла, в состав которых входят непредельные кислоты, чаще всего — жидкие продукты.

Наиболее важными химическими свойствами жиров является их способность к гидролизу и гидрогенизации. Гидролиз жиров происходит в кислой или щелочной сре-

де при повышенной температуре. При гидролизе щёлочью образуются глицерин и соли высших кислот — мыла, отсюда и происходит название этого процесса — омыление:



В присутствии мелкоиздробленного никеля происходит присоединение водорода по двойным связям ненасыщенных кислот. При этом жидкие растительные масла переходят в твёрдые.

Углеводами называют класс соединений, отвечающих общей формуле $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$. Известны также некоторые вещества, проявляющие свойства углеводов, но формально не отвечающие общей формуле.

Углеводы широко распространены в природе и играют важную роль в жизни человека, животных и растений. Они являются одним из основных продуктов питания.

Название «углеводы» — историческое. Первые из изученных представителей этого класса соединений соответствовали формуле $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$ и формально рассматривались как гидраты углерода. Хотя данная формула справедлива для многих представителей углеводов, их строение не соответствует «гидратам углерода».

Углеводы делят на две группы: моносахариды и полисахариды. **Моносахариды** при гидролизе не способны распадаться на более простые углеводы. **Полисахаридами**

называют углеводы, способные подвергаться гидролизу с образованием моносахаридов.

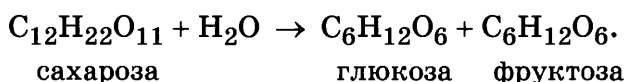
Наиболее распространёнными среди моносахаридов являются глюкоза и фруктоза. Эти вещества являются изомерами и имеют формулу $C_6H_{12}O_6$.

Глюкоза широко распространена в природе, в свободном состоянии встречается во фруктах, меде и т. д. Используется в пищевой промышленности, медицине. В промышленности глюкозу получают из крахмала кипячением с разбавленной серной кислотой.

Фруктоза хорошо растворима в воде, встречается в свободном виде во многих фруктах и плодах. Является ценным питательным продуктом. Она в три раза слаще глюкозы.

Сахароза $C_{12}H_{22}O_{11}$ относится к дисахаридам.

При гидролизе сахарозы образуются глюкоза и фруктоза:



Смесь равных количеств глюкозы и фруктозы, образующаяся при гидролизе сахарозы, называют **инвертным сахаром**. Сахароза содержится в сахарном тростнике, сахарной свёкле и кукурузе. Она является важным пищевым продуктом.

Раздел 4

МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ ВЕЩЕСТВ И ХИМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ХИМИИ

4.1. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ В ШКОЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ. ЛАБОРАТОРНАЯ ПОСУДА И ОБОРУДОВАНИЕ. РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСЕЙ И ОЧИСТКА ВЕЩЕСТВ. ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ

Лабораторные работы по химии проводят в специально оборудованной химической лаборатории. Выполнение работ связано с использованием оборудования, химической посуды и реактивов, способных нанести травмы при неумелом обращении. Поэтому учащиеся с первых дней должны приучаться к аккуратной и внимательной работе, строгому соблюдению правил безопасности.

При работе в химической лаборатории необходимо придерживаться следующих правил:

1. Работу проводить индивидуально, соблюдать тишину.
2. Предварительно повторить теоретический материал соответствующей главы в учебнике и ознакомиться с содержанием лабораторной работы.
3. Проверить наличие необходимого оборудования и реактивов для данной работы или опыта.
4. Уяснить и точно соблюдать порядок и последовательность операций, указанных в руководстве.
5. Соблюдать все меры предосторожности, указанные в инструкции или сообщённые преподавателем устно.
6. Внимательно следить за ходом опыта. В случае неудачной постановки опыта и прежде, чем его повторить, следует выяснить причину; в сомнительных случаях обращаться к преподавателю.

7. Все записи наблюдений делать сразу же после окончания опыта в лабораторном журнале.

8. После окончания работы вымыть использованную посуду и привести в порядок рабочее место.

Техника безопасности при работе в химической лаборатории

Общие сведения:

1. Все работы в учебной химической лаборатории проводят под непосредственным руководством преподавателя.

2. В лаборатории должны быть инструкции по соблюдению правил техники безопасности при выполнении различных видов работ.

3. За каждым учащимся закрепляют постоянное место на рабочем столе, снабжённое определённым набором лабораторных принадлежностей.

4. К работе в лаборатории допускаются учащиеся, прошедшие инструктаж по технике безопасности и получившие допуск к занятиям. В журнале инструктажа делается соответствующая запись, а учащиеся расписываются в том, что ознакомлены с правилами.

5. К работе допускаются учащиеся, имеющие спецодежду.

6. Для обеспечения пожарной безопасности в лаборатории постоянно должны находиться сухой песок, асбестовое одеяло, огнетушители.

7. Для оказания первой доврачебной помощи в лаборатории должна быть аптечка.

Правила безопасной работы в химической лаборатории

1. Лабораторный стол необходимо содержать в чистоте и порядке, не загромождать лишними предметами. Портфели и сумки убирать в столы.

2. Посуда должна быть всегда вымыта; не проводить опыты в загрязнённой посуде.

3. Аккуратно обращаться со стеклянной химической посудой. Остатки разбитой посуды убирать с помощью совка и щётки.

4. Все работы, связанные с выделением ядовитых, летучих и неприятно пахнущих веществ, проводить в вытяжном шкафу.

5. Не выполнять дополнительных опытов без разрешения преподавателя.

6. При определении запаха веществ отверстие сосуда держать на расстоянии 25—30 см от лица, направляя к себе струю газа поступательными движениями ладони от отверстия к лицу.

7. При наливании реактивов не наклоняться над сосудом во избежание попадания брызг или частиц на лицо или одежду.

8. При нагревании пробирки не держать её отверстием к себе или в сторону товарищей.

9. Горячие предметы можно ставить только на асбестовый картон или асбестовую сетку.

10. Запрещается хранить и пользоваться легковоспламеняющимися жидкостями (бензин, спирт, ацетон и пр.) вблизи огня.

В случае воспламенения горючих жидкостей быстро погасить горелку, выключить электроприборы, отставить сосуды с огнеопасными веществами и тушить так: накрыть асбестовым одеялом либо засыпать песком.

11. Опасны для здоровья пары ртути. Поэтому, если разбит ртутный термометр или пролита ртуть, о случившемся необходимо сообщить преподавателю и принять меры к её ликвидации.

12. Осторожно пользоваться газовыми горелками. При появлении запаха газа немедленно закрыть все газовые краны и прекратить все работы с огнём.

13. Нельзя пользоваться электроприборами без соответствующего инструктажа. При включении их в сеть нельзя держаться за металлические предметы (трубы, краны и т. п.). Запрещается включать и выключать электроприборы мокрыми руками, а также пользоваться неисправными и имеющими оголенные провода приборами.

14. Запрещается принимать пищу в химической лаборатории и пить воду из лабораторной посуды.

15. По окончании работы необходимо выключить из сети все электроприборы, перекрыть подачу газа и воды в лабораторию и убрать рабочее место.

16. Обо всех несчастных случаях немедленно сообщить преподавателю или лаборанту.

Большинство экспериментальных работ в школьной лаборатории проводят в химических пробирках конической или цилиндрической формы. Основное отличие химических пробирок от биологических — их термостойкость.

Как правило, объём этих пробирок составляет от 5 до 15 мл. При проведении опытов не следует заполнять пробирку более чем на $\frac{2}{3}$. Оптимально пробирка должна быть заполнена не более чем на $\frac{1}{8}$ её объёма.

При работе с очень малыми количествами вещества используют часовые или предметные стекла.

Стеклянные палочки используют для перемешивания жидкостей и для более удобного переливания растворов и смесей из одной ёмкости в другую.

Для отделения твёрдых частиц от жидкости в простейшем случае сливают (декантируют) жидкость с осадка. Однако при этом невозможно достигнуть полного отделения жидкости, и при необходимости получения чистого твёрдого вещества необходима фильтрация.

Фильтрация — метод отделения твёрдого вещества от жидкости. В простейших случаях для этого используют стеклянную воронку и гладкий или (предпочтительнее) складчатый фильтр.

В более сложных случаях проводят фильтрацию под вакуумом, для чего используют прибор, состоящий из колбы Бунзена и воронки Бюхнера (рисунок 1).

На дно воронки Бюхнера кладут фильтр, размером на 1—2 мм меньше, чем диаметр воронки. Затем

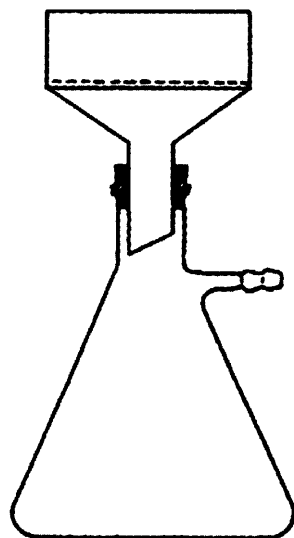


Рисунок 1. Прибор для фильтрации

фильтр смачивают жидкостью для более плотного прилегания ко дну воронки и создают вакуум. По стеклянной палочке наливают смесь в воронку Бюхнера и отфильтровывают. По окончании фильтрации отключают вакуум-насос, вынимают воронку Бюхнера и вытряхивают кристаллы на чистый лист фильтровальной бумаги.

Для разделения несмешивающихся жидкостей используют делительные воронки (рисунок 2).

Жидкости помещают в делительную воронку. После отстаивания разделяют два образовавшихся слоя. Нижний слой сливают через кран делительной воронки, а верхний всегда выливают через верхнее отверстие.

Для очистки твёрдых веществ используют метод перекристаллизации.

Он заключается в приготовлении насыщенного раствора очищаемого вещества с последующим выделением из него твёрдой фазы. В качестве растворителя в большинстве случаев применяется вода, но могут быть использованы и другие жидкости. Выбор растворителя зависит от растворимости в нём подвергаемого перекристаллизации вещества.

Для перекристаллизации исходное вещество растворяют при нагревании в рассчитанном количестве выбранного растворителя (например, воды), а затем охлаждают полученный раствор. Разность между массой вещества в нагретом растворе и в растворе, охлаждённом до заданной температуры, определяет массу растворённого вещества, выделяющегося в кристаллическом состоянии.

Для разделения смеси жидких веществ с разными температурами кипения используют метод перегонки. При этом отогнанный дистиллят обогащается низкокипящим компонентом, а остаток — высококипящим.

Приготовление растворов проводят в стаканах, конических плоскодонных колбах и мерных колбах.

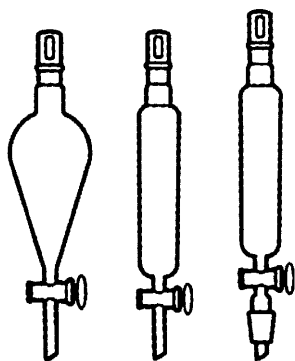


Рисунок 2. Делительные воронки различных типов

4.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА СРЕДЫ РАСТВОРА КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИНДИКАТОРОВ. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ В РАСТВОРЕ (ХЛОРИД-, СУЛЬФАТ-, КАРБОНАТ-ИОНЫ, ИОН АММОНИЯ)

Термин рН — водородный показатель — это отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода, выраженной в моль/л:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+].$$

Если $\text{pH} = 7$ — реакция растворов нейтральная, $\text{pH} > 7$ — реакция растворов щелочная, $\text{pH} < 7$ — реакция растворов кислая.

Цвета индикаторов в зависимости от характера среды.

Лакмус в кислой среде — красный; в нейтральной — фиолетовый; в щелочной — синий.

Метиловый оранжевый в кислой среде — красный, в щелочной — жёлтый.

Фенолфталеин в кислой и нейтральной среде — бесцветный; в щелочной — малиновый.

Химия является наукой о веществах и их превращениях. Для исследования, описания и идентификации различных химических веществ применяют различные методы качественного и количественного анализа, инструментальные методы исследования.

Качественный анализ позволяет установить, какие именно ионы входят в состав данного вещества.

Таблица качественных реакций на различные катионы и анионы приведена в приложении к этой книге.

Так, качественной реакцией на *хлорид-ион* является выделение белого осадка при взаимодействии с нитратом серебра. *Сульфат-ионы* определяют по образованию осадка белого цвета при взаимодействии с растворимыми солями бария. Для определения *карбонат-ионов* проводят с помощью кислот. При этом происходит выделение

бесцветного газа, не имеющего запаха, но вызывающего помутнение известковой воды.

Качественной реакцией на *ион аммония* является выделение бесцветного газа с характерным запахом и вызывающего изменение цвета индикаторной бумаги в парах при взаимодействии солей аммония с растворами щелочей.

4.3. ПОЛУЧЕНИЕ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ГАЗООБРАЗНЫЕ ВЕЩЕСТВА (КИСЛОРОД, ВОДОРОД, УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ, АММИАК)

В зависимости от условий получения газов используют различные приборы, простейшие из которых собирают из пробирок (рисунок 3).

Наиболее универсальным прибором для получения больших количеств газа является аппарат Киппа (рисунок 4).

Для того чтобы зарядить аппарат, в шарообразное расширение 4 помещают твёрдый реагент, размер частиц которого должен исключать его попадание в нижний резервуар. Затем реактор 4 закрывают пробкой 3 с газоотводной трубой с краном 2. Кран открывают и через горловину шарообразной воронки 1 заливают соответствующий жидкий реагент. Его наливают в таком количестве, чтобы

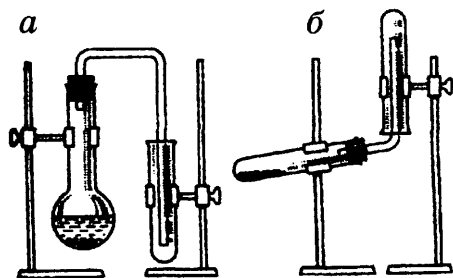


Рисунок 3. Приборы для собирания газов: а — газ тяжелее воздуха; б — газ легче воздуха.

его уровень при открытом газоотводном кране достигал половины шарообразного расширения. Газ пропускают в течение 55 минут, чтобы вытеснить воздух, затем закрывают газоотводный кран. Жидкий реагент из шарообразного расширения вытесняется газом в нижний резервуар и шарообразную

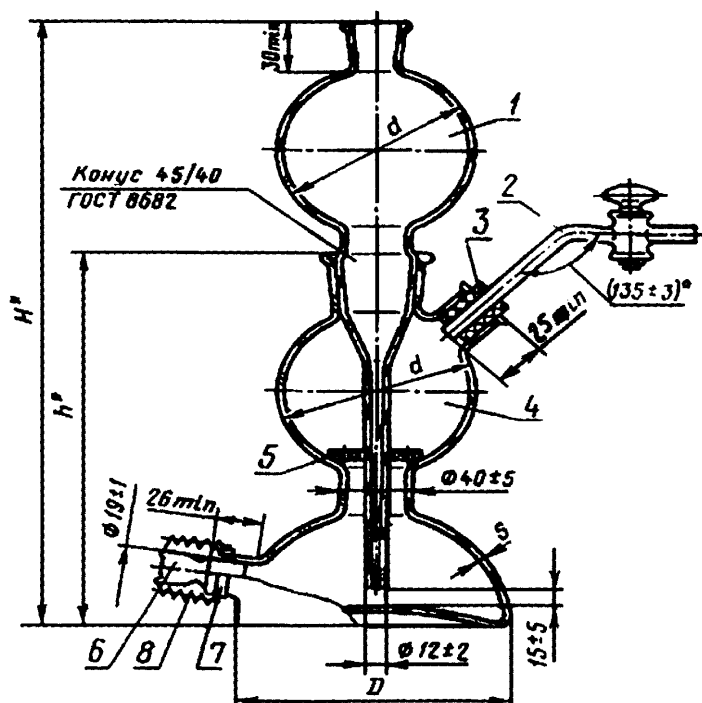


Рисунок 4. Аппарат Киппа: 1 — воронка; 2 — трубка отводная с краном; 3 — пробка резиновая; 4 — реактор; 5 — вкладыш; 6 — пробка стеклянная; 7 — скоба крепления; 8 — пружина.

воронку. Для работы с газом открывают кран, а по окончании работы его перекрывают.

Качественная реакция на кислород — яркое загорание тлеющей лучинки.

Качественная реакция на водород — хлопок при поднесении горячей лучинки к сосуду, содержащему смесь водорода и воздуха.

Качественная реакция на углекислый газ — помутнение известковой воды с последующим растворением осадка, а также затухание тлеющей лучины в атмосфере углекислого газа.

Качественная реакция на аммиак — почернение в его парах фильтровальной бумаги, смоченной в растворе соли ртути (I), или образование белого дыма при сбли-

жении двух стеклянных палочек, одна из которых смочена раствором аммиака, а другая — раствором соляной кислоты.

Тренировочные задания к разделам 4.1—4.3

1. Только смеси веществ перечислены в наборе

- 1) хлорид натрия, железо, песок
- 2) квас, молоко, уксус
- 3) воздух, пирит, магний
- 4) фтор, кальций, железняк

О т в е т: ☐

2. Верны ли следующие суждения о чистых веществах и смесях?

- А. Воздух является смесью веществ.
Б. Бронза является чистым веществом.
- 1) верно только А
 - 2) верно только Б
 - 3) верны оба суждения
 - 4) оба суждения неверны

О т в е т: ☐

3. Верны ли следующие суждения о способах очистки веществ?

- А. Бромид калия от воды можно отделить выпариванием.
Б. Очистить речной песок от железных опилок можно с помощью магнита.
- 1) верно только А
 - 2) верно только Б
 - 3) верны оба суждения
 - 4) оба суждения неверны

О т в е т: ☐

4. Верны ли следующие суждения о способах очистки веществ?

- А. Очистить воду от нефти можно фильтрованием.
Б. Очистить речной песок от алюминиевых опилок можно фильтрованием.

- 1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

5. Верны ли суждения о правилах работы в химической лаборатории?

- А. Работы с концентрированной серной кислотой проводят в вытяжном шкафу в защитных перчатках.
Б. Для разделения несмешивающихся жидкостей используют мерный цилиндр.

- 1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

6. Верны ли суждения о правилах работы в химической лаборатории?

- А. Горючие жидкости запрещено нагревать с помощью газовой горелки.
Б. При попадании на кожу растворов щелочей их немедленно нейтрализуют соляной кислотой.

- 1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

7. Верны ли суждения о правилах работы в химической лаборатории?

А. При налипании реактивов нельзя наклоняться над сосудом во избежание попадания брызг на лицо или одежду.

Б. При нагревании пробирки нельзя держать её отверстием к себе или в сторону других лиц.

1) верно только А

2) верно только Б

3) верны оба суждения

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

8. Верны ли суждения о правилах работы в химической лаборатории?

А. Градуированные пипетки используют для отмеривания различных объёмов жидкостей.

Б. Делительные воронки применяют для разделения растворов.

1) верно только А

2) верно только Б

3) верны оба суждения

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

9. Верны ли суждения о правилах работы в химической лаборатории?

А. Градуированные пипетки заполняют с помощью груши.

Б. При кратковременном нагревании жидкости в пробирке используют держатели.

1) верно только А

2) верно только Б

3) верны оба суждения

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

10. Верны ли суждения о правилах работы в химической лаборатории?

А. При длительном нагревании жидкостей используют штативы.

Б. Фильтратом называют раствор, освобождённый от твердых частиц.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

11. Лакмус окрасится в красный цвет в растворе

- 1) Na_2SO_4
- 2) HCl
- 3) K_2SO_4
- 4) NaOH

Ответ: ☐

12. Лакмус окрасится в красный цвет в растворе

- 1) LiNO_3
- 2) AgNO_3
- 3) HNO_3
- 4) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

Ответ: ☐

13. Лакмус окрасится в синий цвет в растворе

- 1) HBr
- 2) BaCl_2
- 3) K_2SO_4
- 4) KOH

Ответ: ☐

14. Лакмус окрасится в синий цвет в растворе

- 1) $\text{Ba}(\text{OH})_2$
- 2) KBr
- 3) HNO_3
- 4) AgNO_3

Ответ: ☐

15. Индикатор метиловый оранжевый окрасится в жёлтый цвет в растворе

1) HCl 3) KOH 2) H_2SO_4 4) K_2SO_4

Ответ:

16. Индикатор метиловый оранжевый окрасится в жёлтый цвет в растворе

1) LiOH 3) H_2SO_4 2) HCl 4) K_2SO_4

Ответ:

17. Индикатор метиловый оранжевый окрасится в розовый цвет в растворе

1) H_2SO_4 3) KCl 2) NaOH 4) K_2SO_4

Ответ:

18. Индикатор метиловый оранжевый окрасится в розовый цвет в растворе

1) K_2SO_3 3) KBr 2) KOH 4) HNO_3

Ответ:

19. Для качественного определения хлорид-иона в растворе применяют реактив

1) NaNO_3 3) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 2) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 4) AgNO_3

Ответ:

20. Для качественного определения сульфат-иона в растворе применяют реакцию с катионом

1) Al^{3+} 3) Ba^{2+} 2) Mg^{2+} 4) Na^+

Ответ:

21. Для качественного определения карбонат-иона в растворе применяют реакцию с катионом

- 1) Na^+
- 2) Li^+
- 3) Rb^+
- 4) Ca^{2+}

Ответ: ☐

22. При взаимодействии хлорида натрия и нитрата серебра

- 1) выпадает осадок жёлтого цвета
- 2) выпадает осадок коричневого цвета
- 3) выпадает осадок белого цвета
- 4) внешних изменений не происходит

Ответ: ☐

23. При взаимодействии нитрата бария с сульфатом калия

- 1) выпадает кристаллический осадок белого цвета
- 2) выделяется бесцветный газ
- 3) выпадает осадок коричнево-красного цвета
- 4) внешних изменений не происходит

Ответ: ☐

24. При пропускании углекислого газа через известковую воду

- 1) внешних изменений не происходит
- 2) выпадает осадок белого цвета, нерастворимый в кислотах
- 3) выпадает осадок зеленоватого цвета, нерастворимый в кислотах
- 4) выпадает осадок белого цвета, растворяющийся при дальнейшем пропускании углекислого газа

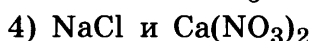
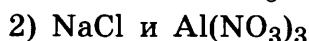
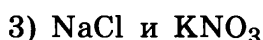
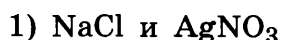
Ответ: ☐

25. В пробирку с раствором соли добавили концентрированный раствор гидроксида натрия и нагрели. Наблюдалось выделение пузырьков газа, в парах которого влажная лакмусовая бумажка окрасилась в синий цвет. Эта соль



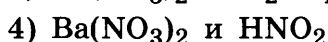
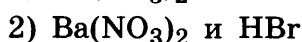
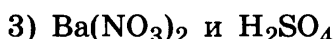
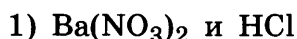
Ответ:

26. Осадок выделится при сливании растворов



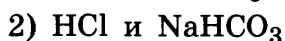
Ответ:

27. Осадок выделится при сливании водных растворов



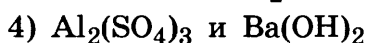
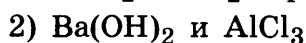
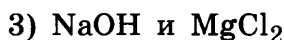
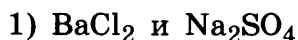
Ответ:

28. Газ выделяется при сливании водных растворов



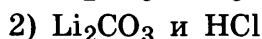
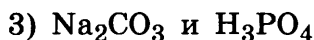
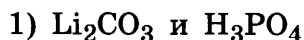
Ответ:

29. Смесь осадков образуется при взаимодействии водных растворов веществ



Ответ:

30. Осадок и газ образуется одновременно при сливании растворов



Ответ:

4.4. ПРОВЕДЕНИЕ РАСЧЁТОВ НА ОСНОВЕ ФОРМУЛ И УРАВНЕНИЙ РЕАКЦИЙ

Абсолютной атомной массой m_a называют истинную массу атома элемента. Так как абсолютные атомные массы имеют очень малые значения (например, $1,993 \times 10^{-26}$ кг для изотопа ^{12}C), то для проведения физических и химических расчётов используют понятия атомной единицы массы. **Атомной единицей массы (а. е. м., m_u)**, или **углеродной единицей**, называют $1/12$ часть массы атома изотопа углерода с массовым числом 12. Численное значение $1 \text{ а. е. м.} = 1,667 \cdot 10^{-27}$ кг.

Относительной атомной массой A_r называют массу атома, выраженную в атомных единицах массы:

$$A_r = m_a / m_u.$$

Относительные атомные массы химических элементов приведены в периодической системе химических элементов возле символа соответствующего элемента. Следует отметить, что эти значения представляют собой среднюю величину из атомных масс всех природных изотопов этого элемента с учетом их относительного содержания в природе. При решении расчётных химических задач на школьном уровне обычно используют величины атомных масс, округлённые до целочисленных. Исключение составляет хлор, для которого обычно берут величину 35,5.

Относительной молярной массой M_r называют массу молекулы, выраженную в атомных единицах массы.

Относительная молярная масса простых и сложных веществ равна сумме относительных атомных масс атомов, входящих в состав молекулы. Например, относительная атомная масса кислорода O равна 16, молекулы кислорода $\text{O}_2 - 2 \times 16 = 32$, молекулы озона $\text{O}_3 - 3 \times 16 = 48$.

Относительная молярная масса гидроксида натрия NaOH равна:

$$\begin{aligned} M_r(\text{NaOH}) &= A_r(\text{Na}) + A_r(\text{O}) + A_r(\text{H}) = \\ &= 1 \times 23 + 1 \times 16 + 1 \times 1 = 40. \end{aligned}$$

Относительная молярная масса сульфата калия K_2SO_4 равна:

$$M_r(K_2SO_4) = 2A_r(K) + A_r(S) + 4A_r(O) = \\ = 2 \times 39 + 1 \times 32 + 4 \times 16 = 174.$$

Количество вещества — физическое понятие, показывающее число структурных единиц (атомов, молекул, ионов и т. д.), образующих это вещество. Количество вещества обозначают греческой буквой ν или латинской буквой n . Единицей измерения количества вещества является моль, это одна из основных единиц системы СИ.

Моль — количество вещества, содержащее столько же структурных единиц, сколько содержится атомов в 0,012 кг изотопа углерода с массовым числом 12.

Молярной массой называют величину, равную отношению массы вещества к количеству вещества. *Численно молярная масса всегда совпадает с массой молекулы, выраженной в атомных единицах массы.* Единица измерения молярной массы г/моль.

Число структурных элементов (атомов, молекул, ионов и т. д.) в одном моле вещества называют **числом или постоянной Авогадро**, это число равно $6,02 \times 10^{23}$ моль⁻¹. Значение числа Авогадро необходимо запомнить.

Масса, молярная масса и количество вещества некоего вещества X связаны между собой формулой:

$$n(X) = \frac{m(X)}{M},$$

где $m(X)$ — масса вещества X ; $M(X)$ — его молярная масса.

Количество вещества также можно определить по формуле:

$$n(X) = \frac{N(X)}{N_A},$$

где $N(X)$ — число частиц вещества X ; N_A — число Авогадро.

Пример 1. Определить массу гидроксида калия количеством вещества 2 моль.

Определим $M_r(\text{KOH})$:

$$M_r(\text{KOH}) = A_r(\text{K}) + A_r(\text{O}) + A_r(\text{H}) = 39 + 16 + 1 = 56.$$

Следовательно, молярная масса $M(\text{KOH})$ равна 56 г/моль.

$$m(\text{KOH}) = n(\text{KOH}) \times M(\text{KOH}); \quad m(\text{KOH}) = 2 \times 56 = 112 \text{ г.}$$

Пример 2. Сколько молекул содержится в азотной кислоте массой 189 г?

$$M_r(\text{HNO}_3) = 63; \quad M(\text{HNO}_3) = 63 \text{ г/моль.}$$

$$N(\text{HNO}_3) = N_A \times m(\text{HNO}_3)/M(\text{HNO}_3);$$

$$N(\text{HNO}_3) = 6,02 \times 10^{23} \times 189/63 = 1,81 \times 10^{24} \text{ молекул.}$$

4.4.1. Вычисления массовой доли химического элемента в веществе

Одним из основных законов химии является закон постоянства состава вещества (рассмотрен ранее в разделе 1.5).

На основании данного закона проводятся различные практически значимые вычисления, в том числе вычисления массовой доли химического элемента в веществе.

Массовой долей вещества $\omega(X)$ называют отношение массы данного вещества в системе к массе всей системы. Для некоего вещества X:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{M},$$

где $\omega(X)$ — массовая доля вещества X, $m(X)$ — его масса; M — масса всей системы.

Массовая доля является величиной безразмерной. Ее выражают в долях от единицы или в процентах, если долю от единицы умножить на 100:

$$\omega(X) = \frac{m(X) \times 100}{M} \%.$$

В качестве системы может выступать как молекула химического соединения, так и смесь, раствор и т. д. Рассмотрим несколько типовых заданий.

Пример 1. Рассчитайте массовую долю серы в оксиде серы (VI).

Решение: Молярная масса оксида серы (VI) $M(\text{SO}_3) = 80$ г/моль, атомная масса серы в этом соединении 32 г/моль. Для расчётов выбираем образец оксида серы количеством вещества 1 моль. Масса этого вещества составит:

$$m(\text{SO}_3) = n(\text{SO}_3) \times M(\text{SO}_3); m(\text{SO}_3) = 1 \times 80 = 80 \text{ г.}$$

Исходя из формулы SO_3 можно заключить, что в 1 моль SO_3 будет содержаться 1 моль серы, масса которой составит:

$$m(\text{S}) = 1 \times 32 = 32 \text{ г.}$$

Тогда массовая доля серы в оксиде серы (VI) будет равна:

$$(S) = m(\text{S})/m(\text{SO}_3); (S) = 32/80 = 0,4, \text{ или } 40\%.$$

Ответ: 0,4, или 40%.

Пример 2. Рассчитайте массовые доли элементов в фосфате калия K_3PO_4 .

Решение: Молярная масса $M(\text{K}_3\text{PO}_4) = 212$ г/моль. Для расчётов выбираем образец фосфата калия количеством вещества 1 моль. Масса этого вещества составит:

$$\begin{aligned} m(\text{K}_3\text{PO}_4) &= n(\text{K}_3\text{PO}_4) \times M(\text{K}_3\text{PO}_4); \\ m(\text{K}_3\text{PO}_4) &= 1 \times 212 = 212 \text{ г.} \end{aligned}$$

Исходя из формулы K_3PO_4 можно заключить, что в 1 моль этого соединения будет содержаться 3 моль калия, 1 моль фосфора и 4 моль кислорода, масса которых составит:

$$m(\text{K}) = 3 \times 39 = 117 \text{ г;}$$

$$m(\text{P}) = 1 \times 31 = 31 \text{ г;}$$

$$m(\text{O}) = 4 \times 16 = 64 \text{ г.}$$

Определим массовые доли элементов:

$$(K) = m(K)/m(K_3PO_4); (K) = 117/212 = 0,552 \text{ или } 55,2 \%;$$

$$(P) = m(P)/m(K_3PO_4); (P) = 31/212 = 0,146 \text{ или } 14,6 \%;$$

$$(O) = m(O)/m(K_3PO_4); (O) = 64/212 = 0,302 \text{ или } 30,2 \%.$$

Тренировочные задания к разделу 4.4.1

1. Количественное содержание элементов калия, серы и кислорода в сульфите калия равно

1) 20,2; 30,4; 49,4

3) 30,4; 49,4; 20,2

2) 49,4; 20,2; 30,4

4) 49,4; 30,4; 20,2

Ответ:

2. Количественное содержание элементов бария, серы и кислорода в сульфите бария равно

1) 63,1; 22,1; 14,8

3) 14,8; 22,1; 63,1

2) 63,1; 14,8; 22,1

4) 22,1; 63,1; 14,8

Ответ:

3. Количественное содержание элементов кальция, фосфора и кислорода в фосфате кальция равно

1) 20,0; 41,3; 38,7

3) 38,7; 41,3; 20,0

2) 38,7; 20,0; 41,3

4) 41,3; 38,7; 20,0

Ответ:

4. Количественное содержание элементов натрия, фосфора и кислорода в фосфате натрия равно

1) 42,1; 18,9; 39,0

2) 18,9; 39,0; 42,1

3) 39,0; 42,1; 18,9

4) 18,9; 42,1; 39,0

Ответ:

5. Количественное содержание элементов калия, фосфора и кислорода в фосфате калия равно

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1) 14,6; 30,2; 55,2 | 3) 55,2; 14,6; 30,2 |
| 2) 30,2; 55,2; 14,6 | 4) 55,2; 30,2; 14,6 |

Ответ:

6. Количественное содержание элементов алюминия, серы и кислорода в сульфате алюминия равно

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1) 15,8; 56,1; 28,1 | 3) 56,1; 15,8; 28,1 |
| 2) 28,1; 56,1; 15,8 | 4) 15,8; 28,1; 56,1 |

Ответ:

7. Количественное содержание элементов кальция, углерода и кислорода в карбонате кальция равно

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1) 18,0; 48,0; 40,0 | 3) 40,0; 48,0; 12,0 |
| 2) 48,0; 40,0 18,0 | 4) 40,0 12,0; 48,0 |

Ответ:

8. Количественное содержание элементов алюминия, фосфора и кислорода в фосфате алюминия равно

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1) 22,1; 25,4; 52,5 | 3) 52,5; 25,4; 22,1 |
| 2) 22,1; 52,5; 25,4 | 4) 25,4; 52,5; 22,1 |

Ответ:

9. Количественное содержание элементов кальция, азота и кислорода в нитрате кальция равно

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1) 24,4; 17,1; 58,5 | 3) 58,5; 24,4; 17,1 |
| 2) 17,1; 58,5; 24,4 | 4) 24,4; 58,5; 24,4 |

Ответ:

10. Количественное содержание элементов магния, азота и кислорода в нитрате магния равно

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1) 16,2; 64,9; 18,9 | 3) 18,9; 64,9; 16,2 |
| 2) 16,2; 18,9; 64,9 | 4) 64,9; 16,2; 18,9 |

Ответ:

4.4.2. Вычисления массовой доли растворенного вещества в растворе

Массовой долей вещества в растворе $\omega(X)$ называют отношение массы данного компонента $m(X)$ к массе всего раствора $M(\text{р-ра})$. Массовую долю обозначают символом ω (омега) и выражают в долях единицы или в процентах:

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

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

Масса раствора, его объём и плотность связаны формулой:

$$M(\text{р-ра}) = \rho \times V.$$

Масса чистого вещества в растворе может быть вычислена по формуле:

$$m(X) = \omega(X) \times \rho \times V, \text{ или } m(X) = \omega(X) \times M(\text{р-ра}),$$

где $\omega(X)$ — массовая доля вещества X в растворе в долях единицы;

ρ — плотность раствора в г/мл или г/см³;

V — объём раствора в мл или см³.

Пример 1. Определить массу бромида натрия, содержащегося в 300 г 15%-ного раствора.

Решение. Массу бромида натрия определим по формуле:

$$m(\text{NaBr}) = \omega(X) \times M(\text{р-ра})/100;$$

$$m(\text{NaBr}) = 15 \times 300/100 = 45 \text{ г.}$$

Пример 2. Концентрация глюкозы в растворе, полученном при смешении 150 г 10%-ного раствора и 150 г 20%-ного раствора, равна _____ %.

Решение. Определим массу глюкозы в первом и втором исходных растворах:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \omega(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \times M(\text{р-ра});$$

$$m_1(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,1 \times 150 = 15 \text{ г};$$

$$m_2(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,2 \times 150 = 30 \text{ г}.$$

Общая масса глюкозы в конечном растворе:

$$m_3(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 15 + 30 = 45 \text{ г}.$$

Общая масса конечного раствора:

$$M(\text{р-ра}) = 150 + 150 = 300 \text{ г}.$$

Концентрация глюкозы в конечном растворе:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 45/300 = 0,15 \text{ или } 15\%.$$

4.4.3. Вычисление количества вещества, массы или объёма вещества по количеству вещества, массе или объёму одного из реагентов или продуктов реакции

Основой для проведения количественных расчётов в химии является **закон сохранения массы**. Согласно этому закону *масса реагентов равна массе продуктов реакции*.

Отсюда следует, что для любой химической реакции массы реагентов и продуктов реакции относятся между собой как молярные массы веществ, умноженные на их стехиометрические коэффициенты.

Для расчёта по химическим уравнениям можно использовать два эквивалентных способа: через количество вещества или через пропорцию. Подчеркнём ещё раз: официального запрета на использование метода пропорций при решении задач на ОГЭ и ЕГЭ нет!

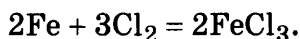
Для определения массы (или количества вещества) продуктов реакции или исходных веществ по уравнениям химических реакций вначале составляют уравнение химической реакции и устанавливают стехиометрические коэффициенты; затем определяют молярную массу, массу и количество вещества известных реагентов химической реакции; составляют и решают пропорцию, в которую в

зависимости от условий задачи вводят числовые значения величин: молярные массы, массы, количества веществ или их объёмы (для газов).

При этом в одном столбце пропорций должны находиться одинаковые характеристики вещества с одной и той же размерностью.

Пример 1. Масса железа, вступившего в реакцию с 6 моль хлора, равна _____ г. (Ответ запишите с точностью до целого числа.)

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Из этого уравнения следует, что 3 моль Cl_2 реагируют с 2 моль Fe , т. е.:

$$3 \text{ моль } (\text{Cl}_2) - 2 \text{ моль } (\text{Fe})$$

$$6 \text{ моль } (\text{Cl}_2) - x \text{ моль } (\text{Fe})$$

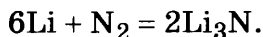
$$x = 6 \times 2/3 = 4 \text{ моль}.$$

Определяем массу железа:

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \times A(\text{Fe}); m(\text{Fe}) = 4 \times 56 = 224 \text{ г}.$$

Пример 2. Масса нитрида лития, образовавшегося в результате его реакции с азотом объёмом 8,96 л, равна _____ г.

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Определяем количество вещества азота, вступившего в реакцию:

$$n(\text{N}_2) = V(\text{N}_2)/V_A; n(\text{N}_2) = 8,96/22,4 = 0,4 \text{ моль}.$$

Из уравнения реакции следует, что из 1 моль N_2 образуется 2 моль Li_3N , т. е.:

$$1 \text{ моль } (N_2) - 2 \text{ моль } (Li_3N)$$

$$0,4 \text{ моль } (N_2) - x \text{ моль } (Li_3N)$$

$$x = 0,4 \times 2/1 = 0,8 \text{ моль.}$$

Определим массу Li_3N :

$$m(Li_3N) = n(Li_3N) \cdot M(Li_3N);$$

$$m(Li_3N) = 0,8 \cdot 35 = 28 \text{ г.}$$

Пример 3. Объём углекислого газа, образовавшегося в результате разложения карбоната магния количеством вещества 4 моль избытком соляной кислоты, равен _____ л.

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



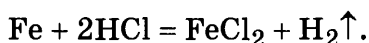
Из этого уравнения следует, что количество вещества углекислого газа и карбоната магния равны между собой, т. е. $n(CO_2) = 4$ моль.

Определим $V(CO_2)$:

$$V(CO_2) = n(CO_2) \times V_A; V(CO_2) = 4 \times 22,4 = 89,6 \text{ л.}$$

Пример 4. Объём водорода, который выделится при растворении 16,8 г железа в избытке разбавленной соляной кислоты, равен _____ л.

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Определим количество вещества железа:

$$n(Fe) = m(Fe)/A(Fe); n(Fe) = 16,8/56 = 0,3 \text{ моль.}$$

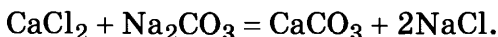
Количество вещества железа и водорода в данном уравнении реакции равны между собой. Следовательно, количество вещества водорода также равно 0,3 моль.

Вычислим объём водорода:

$$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \times V_{\text{A}}; V(\text{H}_2) = 0,3 \times 22,4 = 6,72 \text{ л.}$$

Пример 5. Масса осадка, который образуется в результате взаимодействия 40,0 г хлорида кальция с избытком карбоната натрия, равна _____ г.

Решение. Составляем уравнение реакции:



Согласно уравнению химической реакции составим пропорцию и решим её:

$$111 \text{ г } (\text{CaCl}_2) - 100 \text{ г } (\text{CaCO}_3)$$

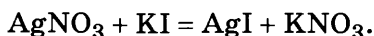
$$40 \text{ г } (\text{CaCl}_2) - x \text{ г } (\text{CaCO}_3)$$

$$x = 40 \times 100 / 111 = 36,0 \text{ г.}$$

Пример 6. 250 г раствора нитрата серебра смешали с избытком раствора йодида калия. Выпал осадок массой 11,75 г. Вычислите массовую долю нитрата серебра в исходном растворе.

Элементы ответа (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)

1) Составлено уравнение химической реакции:



2) По массе осадка йодида серебра рассчитано его количество вещества, а затем в соответствии с уравнением реакции — количество вещества и масса нитрата серебра, содержащегося в исходном растворе:

$$n(\text{AgI}) = 11,75 / 235 = 0,05 \text{ моль.}$$

Из уравнения реакции следует, что $n(\text{AgI}) = n(\text{AgNO}_3) = 0,05$ моль, тогда:

$$m(\text{AgNO}_3) = n(\text{AgNO}_3) \times M(\text{AgNO}_3) = 0,05 \times 170 = 8,5 \text{ г.}$$

3) Вычислена массовая доля нитрата серебра в исходном растворе:

$$\omega(\text{AgNO}_3) = m(\text{AgNO}_3) / M_{\text{р-ра}} = 8,5 / 250 = 0,034, \text{ или } 3,4 \%.$$

| Критерии оценивания | Баллы |
|--|--------------|
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | 3 |
| Правильно записаны два первых элемента из названных выше | 2 |
| Правильно записан один из названных выше элементов (1-й или 2-й) | 1 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 3 |

Тренировочные задания к разделу 4.4.3

1. К 300 г раствора нитрата бария прибавили избыток раствора сульфата натрия. Масса выпавшего осадка составила 23,3 г. Определите концентрацию соли в исходном растворе.
2. К 150 г раствора сульфата натрия прибавили избыток раствора хлорида бария. Масса выпавшего осадка составила 23,3 г. Определите концентрацию соли в исходном растворе.
3. К 300 г раствора силиката натрия прибавили избыток раствора нитрата кальция. Масса выпавшего осадка составила 12,0 г. Определите концентрацию соли в исходном растворе.
4. К 150 г раствора карбоната калия прибавили избыток раствора соляной кислоты. При этом выделился газ объёмом 3,36 л (н. у.). Определите концентрацию соли в исходном растворе.
5. К 250 г раствора гидрокарбоната натрия прибавили избыток раствора бромоводородной кислоты. При этом выделился газ объёмом 5,6 л. Определите концентрацию соли в исходном растворе.

6. К 50 г раствора карбоната натрия прибавили избыток раствора хлорида бария. Масса выпавшего осадка составила 7,88 г. Определите концентрацию соли в исходном растворе.
7. К 200 г раствора хлорида бария прибавили избыток раствора карбоната калия. Масса выпавшего осадка составила 7,88 г. Определите концентрацию соли в исходном растворе.
8. К 200 г раствора хлорида железа (II) прибавили избыток раствора гидроксида калия. Масса выпавшего осадка составила 18,0 г. Определите концентрацию соли в исходном растворе.
9. К 400 г раствора нитрата свинца прибавили избыток раствора йодида натрия. Масса выпавшего осадка составила 23,05 г. Определите концентрацию соли в исходном растворе.
10. К 300 г раствора йодида натрия прибавили избыток раствора нитрата свинца. Масса выпавшего осадка составила 23,05 г. Определите концентрацию соли в исходном растворе.
11. Определите массу осадка, который выпадет при взаимодействии 150 г 14,8%-ного раствора хлорида кальция с избытком раствора карбоната натрия.
12. Определите объём газа (н. у.), который выделится при взаимодействии 120 г 8,8%-ного раствора карбоната натрия с избытком раствора соляной кислоты.
13. Определите массу соли, которая выпадет в осадок при взаимодействии 140 г 13,5%-ного раствора нитрата цинка с избытком раствора сульфида натрия.
14. Определите массу осадка, который выделится при взаимодействии 200 г 18,8%-ного раствора нитрата меди с избытком раствора сульфида натрия.

15. Определите массу осадка, который выпадет при взаимодействии 200 г 6,1%-ного раствора силиката натрия с избытком раствора хлорида цинка.
16. Определите массу осадка, который выделится при взаимодействии 200 г 12,7%-ного раствора хлорида железа (II) с избытком раствора сульфида натрия.
17. Определите массу осадка, который выделится при взаимодействии 50 г 17%-ного раствора нитрата серебра с избытком раствора бромида калия.
18. Определите массу осадка, который образуется при взаимодействии 200 г 6,1%-ного раствора силиката натрия с избытком раствора нитрата кальция.
19. Определите массу осадка, который образуется при взаимодействии 50 г 5,8%-ного раствора хлорида магния с избытком раствора фосфата натрия.
20. Определите объём газа, который выделится при взаимодействии 200 г 6,9%-ного раствора карбоната калия с избытком раствора соляной кислоты.
21. Оксид фосфора (V) массой 21,3 г растворили в растворе гидроксида калия, в результате чего был получен раствор средней соли массой 500 г. Определите концентрацию фосфата калия в конечном растворе.
22. Раствор хлорида железа (II) полностью прореагировал со 120 г раствора гидроксида натрия, в результате чего образовалось 6,0 г осадка. Определите массовую долю гидроксида натрия в исходном растворе.
23. Какой объём аммиака (н. у.) может полностью прореагировать со 150 г 20%-ного раствора серной кислоты с образованием средней соли?
24. В 200 г 20%-ного раствора соляной кислоты растворили магний до прекращения выделения газа. Определите объём выделившегося при этом водорода (н. у.).

25. Аммиак объёмом 10 л (н. у.) пропустили через раствор серной кислоты с массовой долей 8% до образования средней соли. Определите массу исходного раствора.
26. Определите объём сероводорода (н. у.), который необходимо пропустить через 130 г 6%-ного раствора хлорида меди (II) до полного осаждения сульфида меди (II).
27. Сероводород объёмом 3,36 л (н. у.) пропустили через раствор гидроксида натрия, в результате чего получили 180 г раствора сульфида натрия. Определите массовую долю соли в полученном растворе.
28. Алюминий массой 8,1 г может нацело прореагировать с 250 г раствора серной кислоты. Определите массовую долю серной кислоты в исходном растворе.
29. К 250 г раствора нитрата серебра добавили раствор хлорида калия до прекращения выделения осадка, масса которого составила 14,35 г. Определите массовую долю нитрата серебра в исходном растворе.
30. К 300 г 5%-ного раствора хлорида магния добавили избыток раствора фосфата калия. Вычислите массу выпавшего при этом осадка.

Раздел 5

ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

5.1. ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕЩЕСТВ И ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ

В результате развития химии число химических соединений непрерывно растёт. Сейчас их насчитывается около 30 миллионов, и ежегодно открываются более 50 000 новых веществ. Подавляющее число этих веществ синтезируются только единожды и никогда не выходят за стены лабораторий, но тем не менее в своей жизни человеквольно или невольно сталкивается не менее чем со 100 000 различных химических веществ.

В процессе жизнедеятельности человеческого организма реализуется около миллиона различных химических процессов.

Познакомимся с основными группами практически важных химических веществ. Сведения о них будут излагаться в алфавитном порядке.

Антиоксидантами называют вещества, замедляющие или предотвращающие окислительные процессы, приводящие к различным нежелательным процессам: прогорканию пищевых жиров, осмолению топлив, старению полимеров, образованию шлама в технических маслах. Защита с помощью антиоксидантов особенно важна для продуктов, в молекулах которых есть ненасыщенные связи, например жиры или каучуки.

Антисептиками называют вещества, используемые для предохранения от разрушения различными микроорганизмами пищевых продуктов, текстильных изделий, кожи. Этими средствами пропитывают или покрывают защищаемый материал либо вводят их в его состав как

биоцидные добавки. Из неорганических соединений в качестве антисептиков используют соли меди, цинка, а также многочисленные органические соединения.

Дезинфицирующими средствами называют химические вещества, используемые для уничтожения в окружающей среде возбудителей инфекционных болезней человека и животных.

Дезодорантами называют химические вещества, предназначенные для маскировки, ослабления или устранения неприятных запахов. Представляют собой, как правило, композиции органических веществ. Из неорганических веществ в качестве адсорбентов используют активированный уголь или силикагель.

По назначению различают дезодоранты воздуха и гигиенические. Дезодоранты воздуха служат для уничтожения стойких неприятных запахов в помещениях, одежды и т. д. Дезодоранты гигиенические (личные) служат для устранения запаха пота, освежения тела и полости рта, обработки внутренней поверхности обуви и ног с целью предотвращения их потливости и грибковых заболеваний.

Душистыми веществами называют органические соединения с характерным запахом, применяемые в производстве парфюмерных и косметических изделий, мыла, синтетических моющих средств, пищевых и других продуктов.

Зубными пастами называют средства для ухода за зубами и полостью рта, имеющие пастообразную консистенцию и содержащие в своём составе химически осажденный мел и различные целевые добавки, например обладающие антисептическим действием.

Керамикой называют неметаллические материалы и изделия, получаемые спеканием глины или порошков неорганических веществ. Различают фаянс — белый пористый керамический материал, покрытый прозрачной глазурью, и фарфор — белый спёкшийся керамический материал, прозрачный в тонком слое. По назначению различают хозяйственный и санитарный фаянс; декоративный и технический фарфор.

Консервантами называют химические вещества, которые применяют для предупреждения порчи продуктов микроорганизмами. Из неорганических веществ к ним относятся: SO_2 , сульфиты и гидросульфиты. Их используют для консервирования плодоовощных продуктов, полуфабрикатов и вин.

Лекарственными средствами называют вещества или их комбинации, вступающие в контакт с организмом человека или животного, проникающие в органы, ткани организма человека или животного, применяемые для профилактики, диагностики для лечения заболеваний и реабилитации. К лекарственным средствам относятся фармацевтические субстанции и лекарственные препараты.

Моющими средствами называют технические препараты для удаления загрязнений с различных поверхностей, применяемые в водных растворах.

Пластмассами называют органические материалы, основой которых являются природные или синтетические высокомолекулярные соединения.

Средствами для окрашивания волос называют вещества и их комбинации, предназначенные для изменения цвета волос. Различают две группы веществ: поверхностно окрашивающие и постоянные. Поверхностно окрашивающие вещества легко удаляются при мытье, поскольку краситель наносится на поверхность волос, а химическое взаимодействие с живой тканью отсутствует. Постоянные красители вступают в окислительно-восстановительные процессы с живой тканью. В их состав входит аммиак, перекись водорода и другие вещества.

Удобрениями называют вещества или группы веществ, которые при внесении в почву создают условия для ускоренного роста растений.

Химическими средствами защиты растений называют группу химических и биологических соединений и препаратов, используемых для борьбы с вредителями и болезнями растений и животных, сорными растениями, вредителями сельскохозяйственной продукции, для регулирования роста растений, предуборочного удаления листьев и подсушивания растений.

5.2. ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Повышенные концентрации в атмосферном воздухе загрязняющих веществ (твёрдые вещества, диоксид серы, диоксид и оксид азота, оксид углерода, специфические загрязняющие вещества, характерные для отдельных территорий, в том числе бенз(а)пирен и формальдегид и др.) оказывают негативное влияние на экосистемы и здоровье людей.

Государство уделяет вопросам экологии пристальное внимание. В 2014 году наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в России проводились в 252 городах. В 51 городе (24% городов) уровень загрязнения воздуха характеризуется как высокий и очень высокий. В этих городах проживают 19% городского населения России.

Вода имеет важное биологическое значение. Практически все биологические реакции в живых клетках идут в водных растворах.

Вода применяется во всех отраслях промышленности и в быту. Расход воды на эти нужды постоянно увеличивается, одновременно усиливаются загрязнения водоёмов промышленными и бытовыми отходами. При этом нарушаются процессы самоочищения водоёмов.

Способы очистки сточных вод определяются характером содержащихся в них загрязнителей. Существуют различные физические, химические и биологические методы очистки. Наиболее эффективными с точки зрения экологии являются замкнутые системы водоснабжения, обеспечивающие многократное использование воды в производстве.

Минеральные удобрения. Ежегодно в Российской Федерации производится около 17—18 млн тонн *минеральных удобрений*, из которых в отечественном сельском хозяйстве применяется не более 2,4 млн т.

При использовании минеральных и органических удобрений для повышения урожайности в сельском хозяйстве возрастает опасность загрязнения воды и почвы, нарушение

ния естественного баланса микрофлоры почвы. Реальные экологические последствия использования удобрений зависят от типа почвы и растений, а также метеорологических условий.

При применении химических средств защиты растений существует опасность вредного воздействия на окружающую среду (из-за загрязнения почв и последующего негативного воздействия на другие компоненты окружающей среды). Пестициды способны оказывать воздействие на окружающую среду через пищевые цепи.

К сожалению, существует устойчивое заблуждение, что химическая промышленность является лидером в загрязнении окружающей природной среды. На самом деле по объёмам вредных выбросов химическая промышленность замыкает первую пятёрку обрабатывающих производств.

5.3. ЧЕЛОВЕК В МИРЕ ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ И ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Как отмечалось ранее, в процессе жизнедеятельности человеческого организма реализуется около миллиона различных химических процессов. В любой живой клетке человеческого организма могут протекать тысячи химических реакций.

Понимание химических процессов, лежащих в основе болезни, помогает поиску способов её лечения. Основоположником медицинского направления в химии был швейцарский врач Т. Парацельс. Именно ему принадлежит высказывание, что цель химии состоит не в изготовлении золота и серебра, а в изготовлении лекарств. Парацельс впервые стал систематически применять для лечения больных неорганические вещества.

В результате естественного отбора основу живых организмов составляют только шесть элементов. Это углерод, водород, кислород, азот, фосфор и сера. Их общее групповое название — *органогены*. Человеческий организм на 97,4% состоит из органогенов.

Жизненно необходимыми (незаменимыми) элементами являются углерод, водород, кислород, азот, фосфор, сера, натрий, калий, магний, кальций, хлор, йод, марганец, медь, кобальт, железо, цинк, молибден и ванадий. Они постоянно содержатся в организме. Их дефицит приводит к нарушению нормальной жизнедеятельности человека.

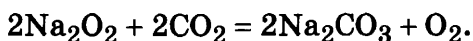
Ниже приведены сведения о некоторых практически значимых и биологически активных неорганических веществах, которые носят прежде всего справочный характер. Сведения об элементах и их соединениях приведены в соответствии с их расположением в таблице Д.И. Менделеева.

Натрий и его соединения

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 распределён 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 иодид натрия при лечении зоба.

Калий и его соединения

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.

Магний и его соединения

Магний в основном используют для производства «сверхлёгких» 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 $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ в качестве слабительного и желчегонного средства.

Кальций и его соединения

Гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (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 твёрдое 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 — гидроксилapatита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. 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 жжёный гипс $\text{CaSO}_4 \times \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ (гипсовые повязки при переломах), а также хлорид кальция.

Алюминий и его соединения

Алюминий широко применяют как конструкционный материал, основу для создания лёгких 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 $\text{MAl}_2(\text{SO}_4)_3 \times 12\text{H}_2\text{O}$, где $\text{M} = \text{K}, \text{NH}_4, \text{Na}$. Так, алюмо-калиевые квасцы $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$ 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.

Углерод и его соединения

Их 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, чёрной резины, в качестве адсорбентов и т. д.

Углерод является органогеном. На его основе 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

Их 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.

Азот и его соединения

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) $\text{OC}(\text{NH}_2)_2$.

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 и его соединения

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 дифосфатов 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 найдены эффективные лекарственные препараты, химические средства защиты растений. Наиболее токсичные и эффективные боевые отравляющие вещества (зарин, зоман, Vх) 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 $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$, которые входят в состав фосфат-цементов, применяемых в стоматологии в качестве пломбирочного материала.

Кислород и его соединения

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 и её соединения

Сульфат кальция CaSO_4 существует в виде двух кристаллогидратов: гипса $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ и алебаstra $2\text{CaSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$, применяют в строительстве и медицине для изготовления шин, повязок и т. д.

Сульфаты меди и железа используют для борьбы с вредителями растений.

Сульфат цинка $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ используют в качестве протравы для крашения тканей.

Сера относится к органогенам. Она входит в состав белков, аминокислот, гормонов, витаминов.

В медицинской практике применяют осаждённую серу как противоглистное средство. Осаждённая сера входит в состав ряда мазей и присыпок при лечении кожных заболеваний. Сульфат натрия $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$ (глауберова соль) используется в качестве слабительного. Реже в медицинской практике применяют и другие соединения серы.

Фтор и его соединения

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.

Хлор и его соединения

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 осушающий агент, 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.

Хлорид ртути (I) Hg_2Cl_2 применяют как катализатор органических реакций, антисептик.

Хлорид ртути (II) Hg_2Cl применяют как протраву для семян, как катализатор в органическом синтезе.

Хлорат калия $KClO_3$ применяют в производстве взрывчатых веществ, спичек, для получения кислорода в лабораторных условиях.

Хлорат кальция $Ca(ClO_3)_2$ 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 $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ широко применяют как кровоостанавливающее средство, при аллергических заболеваниях и т. д.

Бром и его соединения

Применяют бром как бромлирующий агент в органическом синтезе, для изготовления 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 и его соединения

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 .

Железо и его соединения

Важнейшей областью применения железа является получение чугуна, стали и специальных сплавов.

Из солей железа в промышленности применяют железный купорос $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ 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) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \times 9\text{H}_2\text{O}$ 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 $\text{FeCl}_3 \times 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, лактат железа (II) $[\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{COO}]_2\text{Fe} \times 3\text{H}_2\text{O}$.

Тренировочные задания к разделу 5.3

1. Верны ли следующие суждения о правилах безопасного обращения с веществами в быту?

А. При работе с жидкими чистящими препаратами для ванн и раковин рекомендуется использовать резиновые перчатки.

Б. Растительное масло следует хранить вместе с препаратами бытовой химии.

1) верно только А

2) верно только Б

3) верны оба суждения

4) оба суждения неверны

Ответ:

☐

2. Верны ли следующие суждения о способах хранения веществ?

А. Кисломолочные продукты в открытой упаковке можно хранить длительное время.

Б. Витамин С выдерживает длительное кипячение в воде.

1) верно только А

3) верны оба суждения

2) верно только Б

4) оба суждения неверны

Ответ:

☐

3. Верны ли следующие суждения о приготовлении растворов и правилах безопасного обращения с веществами?

А. Готовить растворы кислот (уксусной, лимонной и др.) в домашних условиях в алюминиевой посуде не рекомендуется.

Б. При попадании раствора аккумуляторной серной кислоты на кожу рук следует промыть обожжённый участок водой и обработать раствором борной кислоты.

1) верно только А

3) верны оба суждения

2) верно только Б

4) оба суждения неверны

Ответ:

☐

4. Верны ли суждения о правилах применения и опасности для здоровья препаратов бытовой химии?

А. Стиральные порошки можно использовать для мытья посуды.

Б. Пары хлора полезны для здоровья.

1) верно только А

3) верны оба суждения

2) верно только Б

4) оба суждения неверны

Ответ:

☐

5. Верны ли суждения о правилах применения и хранения препаратов бытовой химии?

А. Аэрозоли, использующиеся в качестве средств для борьбы с бытовыми насекомыми, безопасны для детей и животных.

Б. Органические растворители являются негорючими жидкостями.

1) верно только А

3) верны оба суждения

2) верно только Б

4) оба суждения неверны

Ответ:

☐

6. Верны ли следующие суждения о видах смесей и препаратах бытовой химии?

А. Смесь растительного масла и воды является гомогенной смесью.

Б. Железо является жизненно важным элементом.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ:

☐

7. Верны ли следующие суждения о способах приготовления растворов в химической лаборатории и о значении химических процессов в быту?

А. Для приготовления растворов кислот в химической лаборатории не следует брать алюминиевую посуду.

Б. Углекислый газ поддерживает горение.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ:

☐

8. Верны ли следующие суждения о правилах безопасной работы в химической лаборатории и с препаратами бытовой химии?

А. В лаборатории наличие кислоты в растворе определяют на вкус.

Б. Оксиды серы и азота являются загрязнителями атмосферного воздуха.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ:

☐

9. Верны ли следующие суждения о правилах безопасной работы в химической лаборатории и хранения веществ в быту?

А. При попадании раствора кислоты на кожу её следует промыть водой и обработать раствором пищевой соды.

Б. В состав всех органических веществ входит углерод.

1) верно только А

3) верны оба суждения

2) верно только Б

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

10. Верны ли следующие суждения о способах хранения веществ?

А. Промышленные консервы содержат в своём составе консерванты.

Б. Минеральные удобрения можно употреблять в пищу.

1) верно только А

3) верны оба суждения

2) верно только Б

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

11. Верны ли следующие суждения о способах приготовления растворов в химической лаборатории и быту?

А. Для приготовления раствора кислоты следует к концентрированной кислоте приливать воду.

Б. Раствор медного купороса, используемый для опрыскивания садовых деревьев, не следует хранить в оцинкованном ведре.

1) верно только А

3) верны оба суждения

2) верно только Б

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

12. Верны ли суждения о правилах применения и опасности для здоровья препаратов бытовой химии?

А. Стиральные порошки нельзя использовать для мытья посуды.

Б. Перекись водорода не повреждает волосы при контакте.

1) верно только А

2) верно только Б

3) верны оба суждения

4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

13. Верны ли суждения о правилах применения и хранения препаратов бытовой химии?

А. Аэрозоли, используемые в качестве средств для борьбы с бытовыми насекомыми, безопасны для детей и животных.

Б. Органические растворители являются горючими жидкостями.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

14. Верны ли следующие суждения о влиянии химических веществ на окружающую природную среду и составе средств гигиены?

А. Промышленные выбросы оксидов азота и серы вызывают кислотные дожди.

Б. Зубная паста, содержащая ионы железа, способствует укреплению зубной эмали.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

15. Верны ли следующие суждения о биологической роли химического элемента и об использовании химических реакций для оказания человеку первой помощи?

А. Без кислорода жизнь человека невозможна.

Б. Раствор пищевой соды используется для обработки участка кожи, на который попала кислота.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ: ☐

16. Верны ли следующие суждения о смесях и составе моющих средств?

А. Раствор аммиака в воде (нашатырный спирт) — это гомогенная смесь.

Б. В состав мыла входит стеарат натрия.

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| 1) верно только А | 3) верны оба суждения |
| 2) верно только Б | 4) оба суждения неверны |

Ответ: ☐

17. Верны ли следующие суждения о химическом элементе и значении средств гигиены?

А. Алюминий является основным металлом в авиационном строении.

Б. Зубная паста, содержащая ионы фтора, способствует укреплению зубной эмали.

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| 1) верно только А | 3) верны оба суждения |
| 2) верно только Б | 4) оба суждения неверны |

Ответ: ☐

18. Верны ли следующие суждения о химическом элементе и препаратах бытовой химии?

А. Соединения кальция являются основой бетона.

Б. Отбеливающие препараты бытовой химии безопасны для человека и животных.

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| 1) верно только А | 3) верны оба суждения |
| 2) верно только Б | 4) оба суждения неверны |

Ответ: ☐

19. Верны ли суждения о химическом загрязнении окружающей среды и его последствиях?

А. Повышенное содержание в замкнутом пространстве оксида углерода (II) не является угрожающим фактором для здоровья человека.

Б. Производство чугуна и стали является источником загрязнения атмосферы.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ:

☐

20. Верны ли суждения о химическом загрязнении окружающей среды и его последствиях?

- А. Повышенное содержание в атмосфере оксидов азота оказывает благотворное влияние на здоровье человека.
- Б. Наличие неорганических щелочей в промышленных стоках положительно влияет на жизнедеятельность рыб в водоёмах.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Ответ:

☐

Ответы на тренировочные задания

Раздел 1.1

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ответ | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 1 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 |

Раздел 1.2

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ответ | 3 | 4 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 3 | 1 | 4 |

Раздел 1.3

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ответ | 1 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 | 3 | 1 | 1 |

Раздел 1.4

| | | | | | | | | | | |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ответ | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 1 |

Раздел 1.6

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ответ | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 3 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 1 | 2 | 2 | 4 | 1 | 3 | 4 | 4 | 1 | 3 |

Раздел 2.1

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ответ | 423 | 421 | 342 | 134 | 314 | 132 | 243 | 431 | 314 | 412 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 314 | 124 | 324 | 343 | 221 | 343 | 331 | 214 | 432 | 412 |

Раздел 2.2

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ответ | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 |

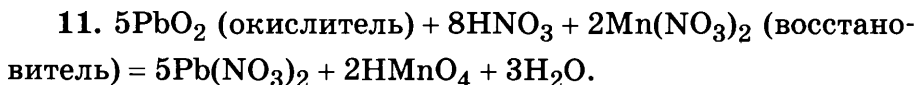
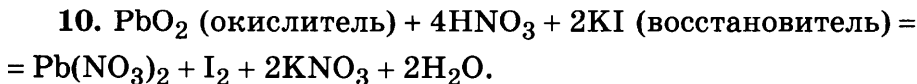
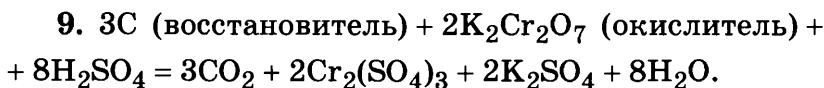
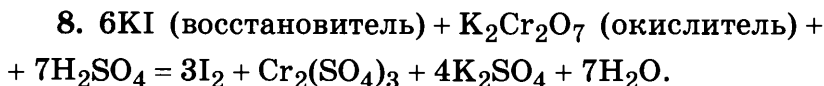
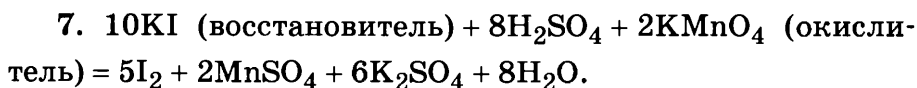
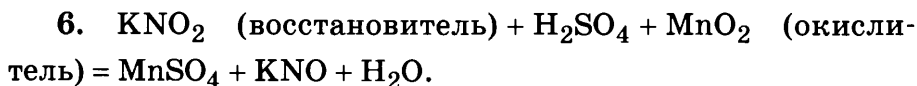
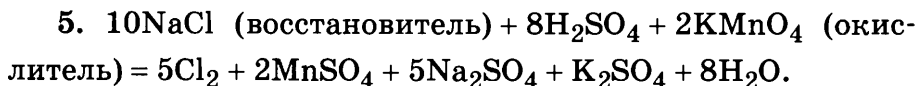
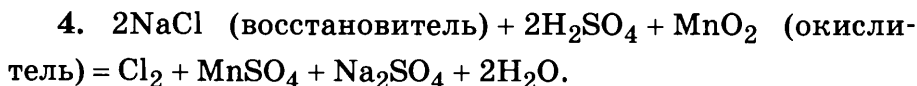
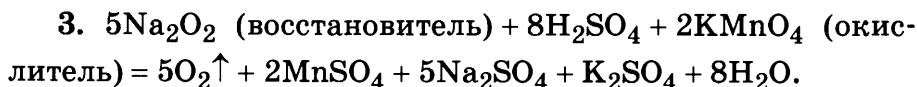
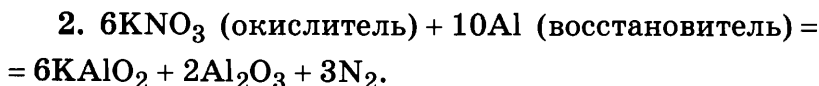
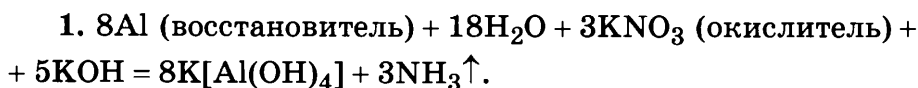
Раздел 2.3—2.4

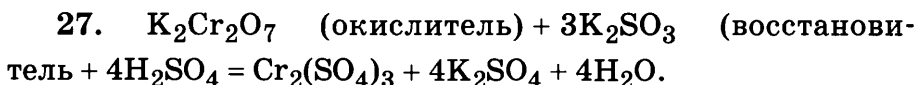
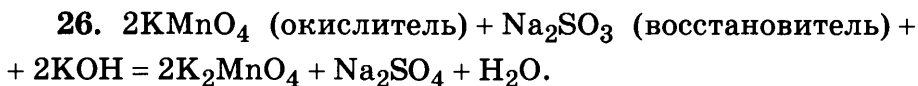
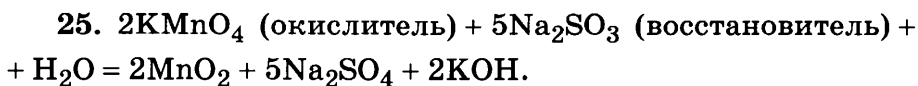
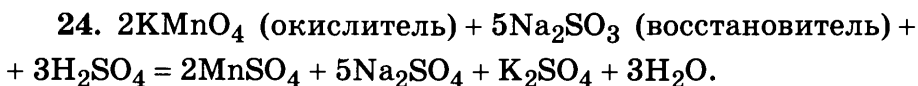
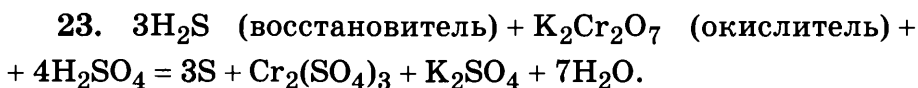
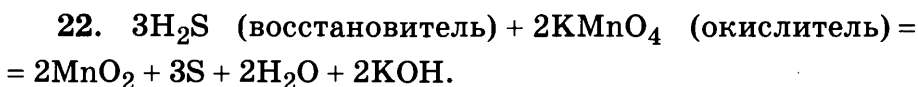
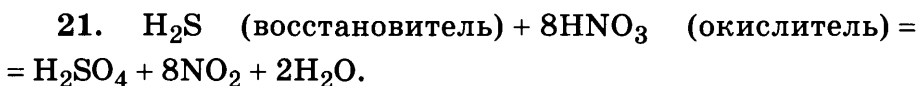
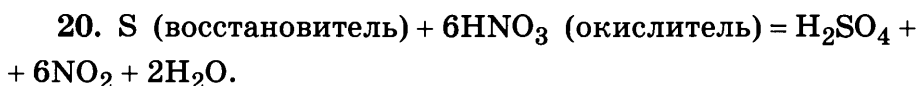
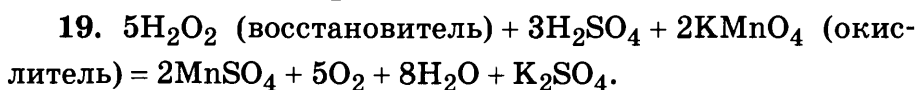
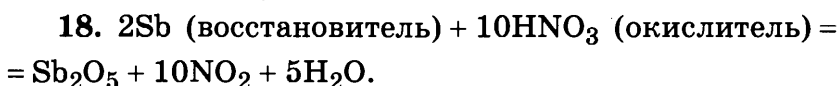
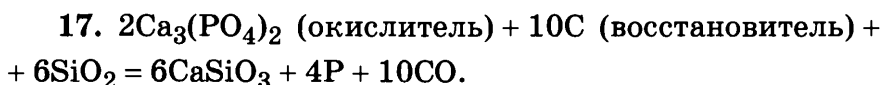
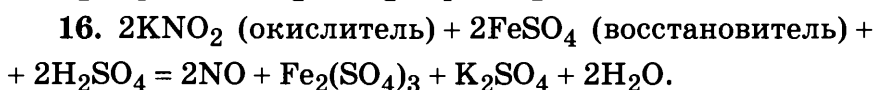
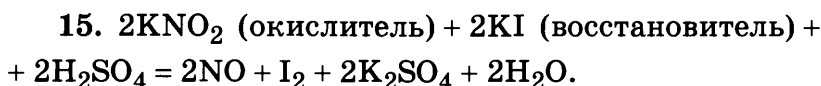
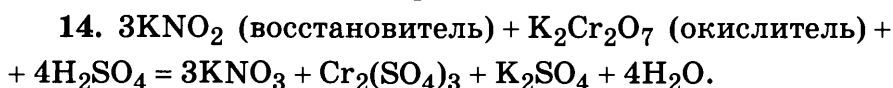
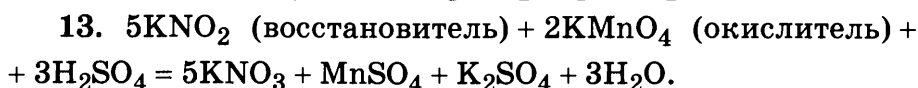
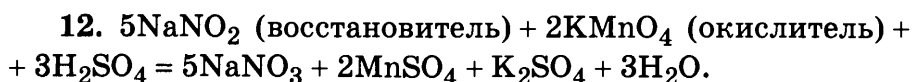
| | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ответ | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 |

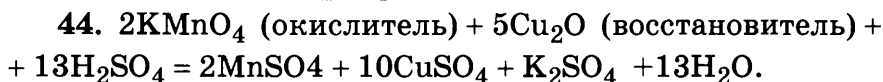
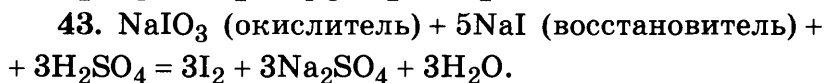
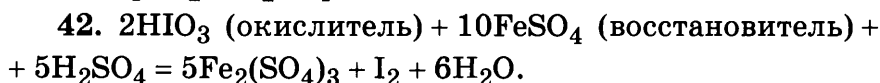
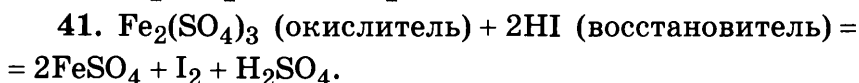
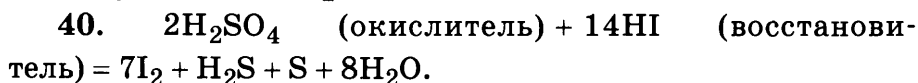
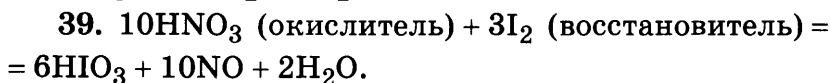
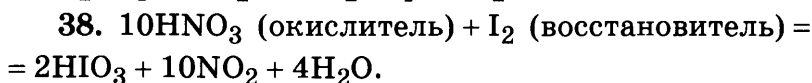
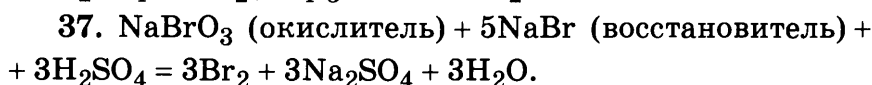
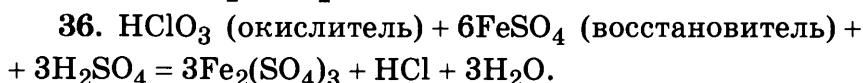
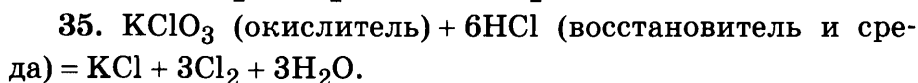
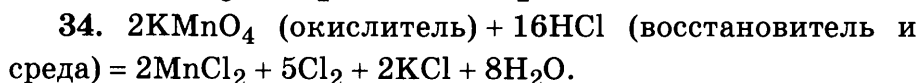
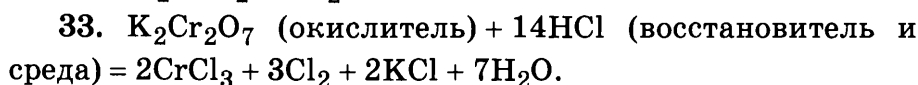
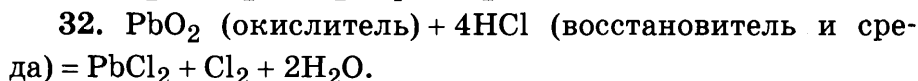
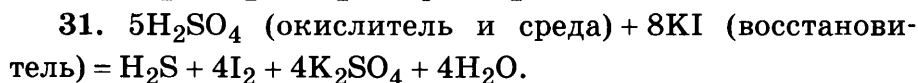
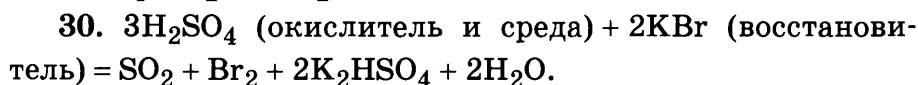
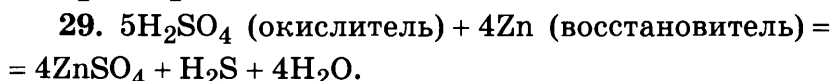
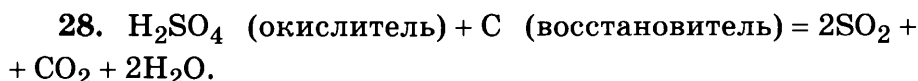
Раздел 2.5

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ответ | 4 | 2 | 3 | 4 | 1 | 4 | 2 | 4 | 3 | 1 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 4 | 2 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 1 | 4 | 2 |

Раздел 2.6







45. 12HNO_3 (окислитель и среда) + Cu_2S (восстановитель) = $\text{CuSO}_4 + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 10\text{NO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$.

46. $6\text{H}_2\text{SO}_4$ (окислитель и среда) + Cu_2S (восстановитель) = $2\text{CuSO}_4 + 5\text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$.

47. 3Ag (восстановитель) + 4HNO_3 (окислитель и среда) = $3\text{AgNO}_3 + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$.

48. 4Zn (восстановитель) + 10HNO_3 (окислитель и среда) = $4\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$.

49. 5PH_3 (восстановитель) + 8KMnO_4 (окислитель) + $12\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$.

50. 10FeSO_4 (восстановитель) + 2KMnO_4 (окислитель) + $8\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$.

51. $5\text{H}_2\text{S}$ (восстановитель) + 2KMnO_4 (окислитель) + $3\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{S} + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.

52. $5\text{Ca}_3\text{P}_2$ (восстановитель) + 16KMnO_4 (окислитель) + $39\text{H}_2\text{SO}_4 = 15\text{CaSO}_4 + 10\text{H}_3\text{PO}_4 + 16\text{MnSO}_4 + 8\text{K}_2\text{SO}_4 + 24\text{H}_2\text{O}$.

Раздел 3.1.1

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ответ | 4 | 1 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 1 | 3 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 425 | 325 | 354 | 253 |
| № задания | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Ответ | 253 | 534 | 154 | 435 | 345 | 153 | 234 | 312 | 342 | 132 |

31. 534.

32. 423.

Возможные варианты:

33. 1) $4\text{Li} + \text{O}_2 = 2\text{Li}_2\text{O}$

2) $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{LiOH}$

3) $3\text{LiOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Li}_3\text{PO}_4\downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$

4) $3\text{Li}^+ + 3\text{OH}^- + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Li}_3\text{PO}_4\downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$

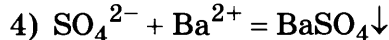
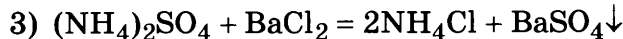
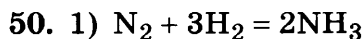
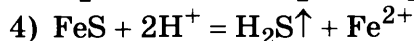
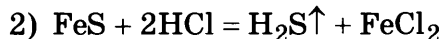
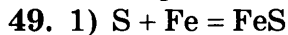
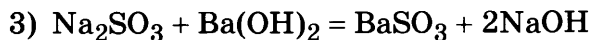
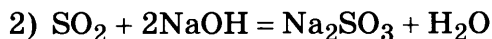
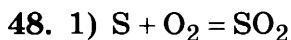
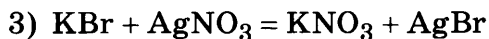
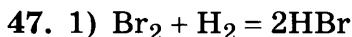
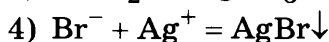
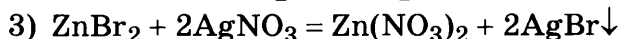
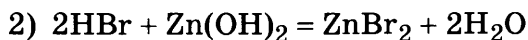
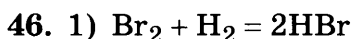
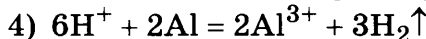
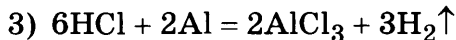
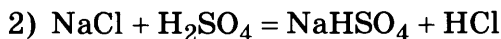
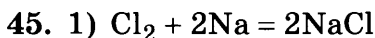
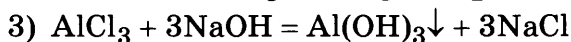
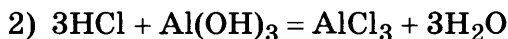
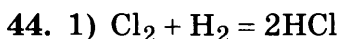
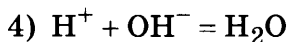
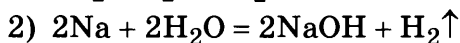
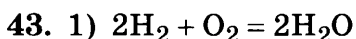
34. 1) $2\text{Na} + 2\text{O}_2 = \text{Na}_2\text{O}_2$
2) $\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$
3) $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
4) $2\text{OH}^- + \text{CO}_2 = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
35. 1) $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow$
2) $3\text{NaOH} + \text{FeCl}_3 = 3\text{NaCl} + \text{Fe(OH)}_3$
3) $2\text{Fe(OH)}_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
4) $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe(OH)}_3$
36. 1) $2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{H}_2\uparrow$
2) $\text{KOH} + \text{HCl} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
3) $\text{KCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{KNO}_3$
4) $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl}\downarrow$
37. 1) $2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{H}_2\uparrow$
2) $3\text{KOH} + \text{AlCl}_3 = 3\text{KCl} + \text{Al(OH)}_3$
3) $2\text{Al(OH)}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
4) $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al(OH)}_3$
38. 1) $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$
2) $\text{MgCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_3 = 2\text{KCl} + \text{MgSO}_3\downarrow$
3) $\text{MgSO}_3 + 2\text{HNO}_3 = \text{Mg(NO}_3)_2 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
4) $\text{Mg}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} = \text{MgSO}_3\downarrow$
39. 1) $2\text{Ca} + \text{O}_2 = 2\text{CaO}$
2) $\text{CaO} + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
3) $\text{CaCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Ca(NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}$
4) $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl}$
40. 1) $2\text{Ba} + \text{O}_2 = 2\text{BaO}$
2) $\text{BaO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Ba(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
3) $\text{Ba(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{HNO}_3$
4) $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4\downarrow$
41. 1) $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{AlCl}_3$
2) $\text{AlCl}_3 + 3\text{KOH} = \text{Al(OH)}_3 + 3\text{KCl}$
3) $2\text{Al(OH)}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$
4) $\text{Al(OH)}_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

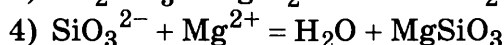
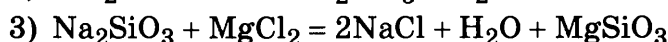
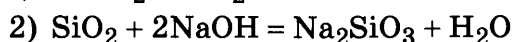
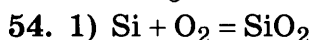
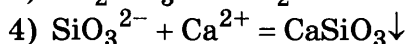
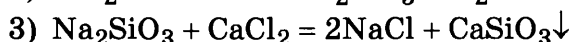
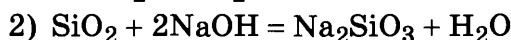
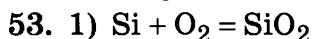
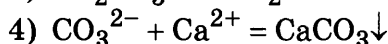
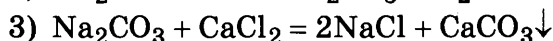
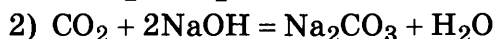
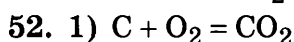
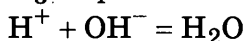
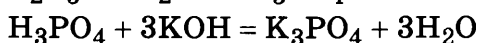
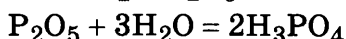
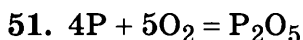
42. 1) $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$
 2) $\text{AlCl}_3 + 3\text{KOH} \rightarrow \text{Al(OH)}_3 + 3\text{KCl}$
 3) $\text{Al(OH)}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}\uparrow$
 4) $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al(OH)}_3$
43. 1) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$
 2) $\text{FeSO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{FeCl}_2 + \text{BaSO}_4\downarrow$
 3) $\text{FeCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Fe(OH)}_2\downarrow + 2\text{NaCl}$
 4) $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Fe(OH)}_2\downarrow$
44. 1) $\text{FeO} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{FeCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Fe(OH)}_2\downarrow + 2\text{NaCl}$
 3) $\text{Fe(OH)}_2 = \text{FeO} + \text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Fe(OH)}_2\downarrow$
45. 1) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe(OH)}_3\downarrow + 3\text{NaCl}$
 3) $2\text{Fe(OH)}_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
46. 1) $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaOH} = 2\text{Al(OH)}_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$
 3) $\text{Al(OH)}_3 + 3\text{HBr} = \text{AlBr}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{Al(OH)}_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

Раздел 3.1.2

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ответ | 4 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 1 | 4 | 2 |
| № задания | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Ответ | 1 | 1 | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| № задания | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| Ответ | 453 | 425 | 143 | 452 | 345 | 214 | 534 | 134 | 521 | 253 | 234 |
| № задания | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | | |
| Ответ | 514 | 451 | 251 | 452 | 521 | 135 | 315 | 412 | 513 | | |

Возможные варианты:

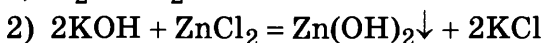
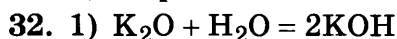
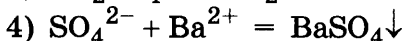
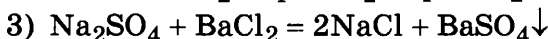
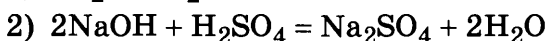
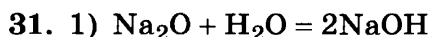




Раздел 3.2.1

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ответ | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 3 | 1 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 |
| № задания | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Ответ | 315 | 234 | 132 | 423 | 134 | 514 | 513 | 235 | 152 | 432 |

Возможные варианты:



- 3) $\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Zn(NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$
33. 1) $\text{MgO} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2$
 2) $\text{MgCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Mg(NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}\downarrow$
 3) $\text{Mg(NO}_3)_2 + 2\text{KOH} = \text{Mg(OH)}_2\downarrow + 2\text{KNO}_3$
 4) $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mg(OH)}_2\downarrow$
34. 1) $\text{MgO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Mg(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{Mg(NO}_3)_2 + 2\text{KOH} = \text{Mg(OH)}_2\downarrow + 2\text{KNO}_3$
 3) $\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{HBr} = \text{MgBr}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{MgO} + 2\text{H}^+ = \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
35. 1) $\text{CaO} + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{CaSO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$
 3) $\text{CaSO}_3 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca(NO}_3)_2 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{CaSO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
36. 1) $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{AlCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Al(OH)}_3\downarrow + 3\text{NaCl}$
 3) $\text{Al(OH)}_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{Al(OH)}_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
37. 1) $\text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3$
 2) $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$
 3) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KOH} = \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3\uparrow$
 4) $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3\uparrow$
38. 1) $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$
 2) $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
 3) $2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaCl}_2 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow + 6\text{NaCl}$
 4) $2\text{PO}_4^{3-} + 3\text{Ca}^{2+} = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow$
39. 1) $\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} = \text{SiO}_2\downarrow + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
 3) $\text{SiO}_2 + \text{CaO} = \text{CaSiO}_3$
 4) $\text{SiO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{SiO}_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
40. 1) $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$
 3) $\text{CaCO}_3 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca(NO}_3)_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

41. 1) $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$
2) $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
3) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaCO}_3 + 2\text{NaNO}_3$
4) $\text{CO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaCO}_3$
42. 1) $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
2) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaSO}_3 + 2\text{NaCl}$
3) $\text{CaSO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
4) $\text{SO}_3^{2-} + \text{Ca}^{2+} = \text{CaSO}_3$
43. 1) $\text{ZnO} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
2) $\text{ZnCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}\downarrow$
3) $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3$
4) $\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow$
44. 1) $\text{SO}_3 + \text{ZnO} = \text{ZnSO}_4$
2) $\text{ZnSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
3) $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
4) $\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_2$
45. 1) $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{Na}_2\text{O} = 2\text{Na}_3\text{PO}_4$
2) $2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaCl}_2 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow + 6\text{NaCl}$
3) $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$
4) $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl}\downarrow$
46. 1) $\text{FeO} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
2) $\text{FeCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$
3) $\text{Fe}(\text{OH})_2 = \text{FeO} + \text{H}_2\text{O}$
4) $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow$
47. 1) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
2) $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NaCl}$
3) $2\text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
4) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
48. 1) $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
2) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaOH} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$
3) $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HBr} = \text{AlBr}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
4) $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

49. 1) $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Na} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow$
 2) $3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$
 3) $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$
 4) $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$
50. 1) $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaOH} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$
 3) $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

Раздел 3.2.2

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ответ | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 354 | 452 | 435 | 154 | 524 |

Возможные варианты:

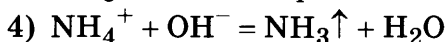
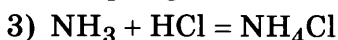
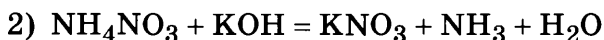
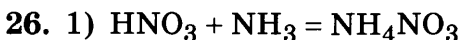
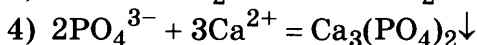
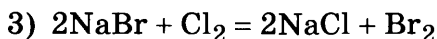
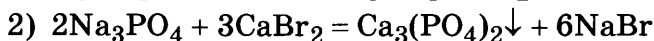
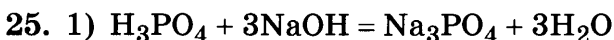
21. 1) $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 3) $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$
 4) $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl}\downarrow$
22. 1) $2\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{KOH}$
 3) $3\text{KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$
23. 1) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$
 3) $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$
24. 1) $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 = \text{BaSO}_3$
 2) $\text{BaSO}_3 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 3) $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{HCl}$
 4) $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Раздел 3.2.3

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ответ | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 1 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 3 |

№ 21 — 3; № 22 — 541; № 23 — 543; № 24 — 341.

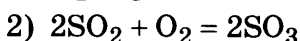
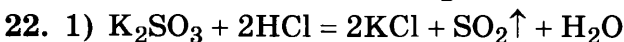
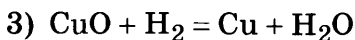
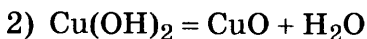
Возможные варианты:



Раздел 3.2.4

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ответ | 2 | 3 | 4 | 4 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 4 | 2 |

Возможные варианты:



- 3) $\text{SO}_3 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
23. 1) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 2) $2\text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{BaCl}_2 = 6\text{KCl} + \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$
 3) $\text{KCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl} + \text{KNO}_3$
 4) $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl}$
24. 1) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 4\text{KOH} = \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{KCl}$
 $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{HCl} = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
 $2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$
 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+ = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O}$
25. 1) $\text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{S}\uparrow$
 2) $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 3) $\text{AlCl}_3 + 3\text{AgNO}_3 = 3\text{AgCl} + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$
 4) $3\text{OH}^- + 3\text{H}^+ = 3\text{H}_2\text{O}$
26. 1) $\text{FeCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{NaCl}$
 2) $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
 3) $\text{FeSO}_4 + \text{Zn} = \text{Fe} + \text{ZnSO}_4$
 4) $\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ = \text{FeSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
27. 1) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{S} = \text{CuS}\downarrow + 2\text{NaNO}_3$
 2) $2\text{CuS} + 3\text{O}_2 = 2\text{CuO} + 2\text{SO}_2$
 3) $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{CuS}\downarrow$

Раздел 3.3

Общее задание 1, возможные варианты:

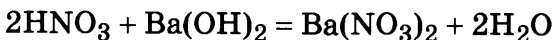
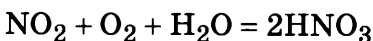
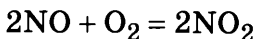
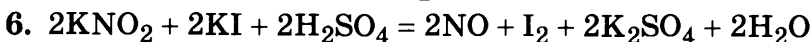
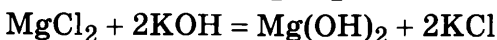
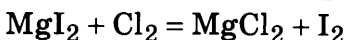
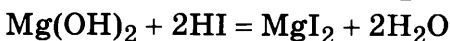
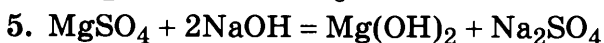
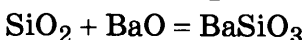
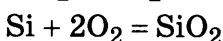
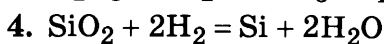
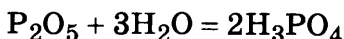
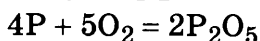
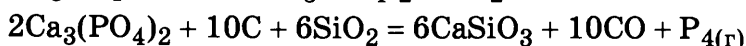
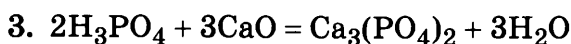
1. 1) $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$
 $\text{AlCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl}$
 $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KOH} = \text{KAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{KAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
 $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{HCl} = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KCl}$
2. 1) $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 10\text{C} + 6\text{SiO}_2 = 6\text{CaSiO}_3 + 10\text{CO} + \text{P}_{4(\text{г})}$
 (1500 °C)
 $4\text{P} + 5\text{O}_2 \text{ (избыток)} = 2\text{P}_2\text{O}_5$

- $$\text{P}_2\text{O}_5 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$$
- $$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = 2\text{CaHPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$
- $$2\text{CaHPO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$
3. 1) $\text{FeS} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$
- $$2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$$
- $$\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$$
- $$\text{SO}_2 + \text{NaOH} = \text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
- $$\text{NaHSO}_3 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_3 + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$$
- $$\text{BaSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$$
4. 1) $2\text{Cl}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCl}_2 + \text{Ca}(\text{ClO})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $$\text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + 2\text{HClO}$$
- $$\text{CaCO}_3 = \text{CO}_2 + \text{CaO}$$
- $$\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$$
- $$\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{C}_2\uparrow$$
- $$\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{SO}_2 = \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$$
5. $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 10\text{C} + 6\text{SiO}_2 = 6\text{CaSiO}_3 + 10\text{CO} + \text{P}_{4(\text{r})}$
- $$4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$$
- $$\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$$
6. $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$$
- $$\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$$
7. $2\text{P} + 3\text{Ca} = \text{Ca}_3\text{P}_2$
- $$\text{Ca}_3\text{P}_2 + 6\text{HCl} = 3\text{CaCl}_2 + 2\text{PH}_3$$
- $$2\text{PH}_3 + 4\text{O}_2 = 2\text{H}_3\text{PO}_4$$
8. $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- $$\text{N}_2 + 3\text{Mg} = \text{Mg}_3\text{N}_2$$
- $$\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_3$$
9. $2\text{KNO}_2 + 2\text{KI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{NO} + \text{I}_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $$2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$$
- $$4\text{NO} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$$
10. $2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cu} = \text{Cu}(\text{SO}_4)_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$$
- $$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$$

11. $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 + 2\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$
 $3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} = \text{KClO}_3 + 5\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$
 $\text{KClO}_3 + 6\text{HCl} = 3\text{Cl}_2 + \text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$
12. $\text{Cl}_2 + 2\text{Na} = 2\text{NaCl}$
 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$
 $6\text{HCl} + 2\text{Al} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$
13. $2\text{KCl} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{K} + \text{Cl}_2$
 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
 $3\text{NaClO} \xrightarrow{t} \text{NaClO}_3 + 2\text{NaCl}$
14. $\text{HBr} + \text{NaOH} = \text{NaBr}$
 $2\text{NaBr} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$
 $\text{Br}_2 + \text{H}_2 = 2\text{HBr}$
15. $2\text{KBr} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{K} + \text{Br}_2$
 $\text{Br}_2 + \text{H}_2 = 2\text{HBr}$
 $\text{HBr} + \text{NaOH} = \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$
16. $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{HCl} + \text{NaHSO}_4$
 $4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 $3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} \xrightarrow{t} \text{KClO}_3 + 5\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$
17. $3\text{Mg} + \text{N}_2 = \text{Mg}_3\text{N}_2$
 $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{NH}_3$
 $3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{AlCl}_3 = \text{Al(OH)}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$
18. $\text{Ba(NO}_3)_2 + \text{FeSO}_4 = \text{BaSO}_4 + \text{Fe(NO}_3)_2$
 $\text{Fe(NO}_3)_2 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 = 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$

Общее задание 2, возможные варианты:

1. $2\text{Cu(NO}_3)_2 = 2\text{CuO} + 2\text{NO}_2 + 3\text{O}_2$
 $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{CuCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = 2\text{AgCl} \downarrow + \text{Cu(NO}_3)_2$
 $\text{Cu(NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2 + 2\text{NaNO}_3$
2. $\text{FeS} + 2\text{HNO}_3 \text{ (разб.)} = \text{Fe(NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
 $4\text{Fe(NO}_3)_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{NO}_2 + \text{O}_2$
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$
 $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$



Раздел 3.4.1

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ответ | 34 | 25 | 14 | 12 | 12 | 45 | 15 | 24 |

Раздел 3.4.2

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ответ | 13 | 35 | 45 | 15 | 35 | 25 | 24 | 25 | 25 | 13 |

Раздел 4.1—4.3

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ответ | 2 | 1 | 3 | 4 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 2 | 3 | 4 | 1 | 3 | 1 | 1 | 4 | 4 | 3 |

| № задания | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ответ | 4 | 3 | 1 | 4 | 1 | 1 | 3 | 2 | 4 | 1 |

Раздел 4.4.1

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Ответ | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 4 | 4 | 1 | 1 | 2 |

Раздел 4.4.3

При оценке ответа эксперты руководствуются критериями, представленными ниже на примере ответа на задание 1.

| <p align="center">Элементы ответа (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</p> | |
|---|-------|
| <p>1) Составлено уравнение химической реакции:</p> $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaNO}_3.$ <p>2) По массе осадка сульфата бария рассчитано его количество вещества, а затем в соответствии с уравнением реакции — количество вещества и масса нитрата бария, содержащегося в исходном растворе:</p> $n(\text{BaSO}_4) = 23,3 / 233 = 0,1 \text{ моль}.$ <p>Из уравнения реакции следует, что</p> $n(\text{BaSO}_4) = n(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 0,1 \text{ моль, тогда}$ $m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) \times M(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 0,1 \times 261 = 26,1 \text{ г}.$ <p>3) Вычислена массовая доля нитрата серебра в исходном растворе:</p> $\omega(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) / M_{\text{р-ра}} = 26,1 / 300 = 0,087, \text{ или } 8,7 \%$ | |
| Критерии оценивания | Баллы |
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | 3 |
| Правильно записаны два первых элемента из названных выше | 2 |

Окончание таблицы

| Критерии оценивания | Баллы |
|--|-------|
| Правильно записан один из названных выше элементов (1-й или 2-й) | 1 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 3 |

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ответ | 8,7% | 9,5% | 6,1% | 18,8% | 8,4% | 8,5% |
| № задания | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Ответ | 4,2% | 12,7% | 4,1% | 5% | 20 г | 2,24 л |
| № задания | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Ответ | 9,7 г | 19,2 г | 14,1 г | 17,6 г | 9,4 г | 11,6 г |
| № задания | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Ответ | 2,7 г | 2,24 л | 12,7% | 4,4% | 13,7 л | 12,3 л |
| № задания | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Ответ | 273 г | 1,3 л | 6,5% | 17,6% | 6,8% | 13,8 г |

Раздел 5.3

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ответ | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| № задания | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ответ | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 4 |

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. Чёрный осадок |
| Fe^{2+} | OH^- | $Fe^{2+} + 2OH^- = Fe(OH)_2 \downarrow$ | Белый хлопьевидный осадок, зеленеет на воздухе |
| Fe^{3+} | OH^- | $Fe^{3+} + 3OH^- = Fe(OH)_3 \downarrow$ | Белый осадок |
| Zn^{2+} | OH^- S^{2-} | $Zn^{2+} + 2OH^- = Zn(OH)_2 \downarrow$ $Zn^{2+} + S^{2-} = ZnS \downarrow$ | Белый осадок, в избытке щёлочи растворяется. Белый осадок |
| Al^{3+} | OH^- | $Al^{3+} + OH^- = Al(OH)_3 \downarrow$ | Белый осадок, в избытке щёлочи растворяется |
| NH_4^+ | OH^- | $NH_4^+ + OH^- = NH_3 \uparrow + H_2O$ | Запах аммиака, изменение цвета индикаторной бумаги в парах |
| Ba^{2+} | SO_4^{2-} | $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4 \downarrow$ | Белый осадок. Окрашивание пламени в жёлто-зелёный 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. Окрашивание пламени в кирпично-красный цвет |
| Cl^- | $\text{Ag}^+ \text{H}_2\text{SO}_4$ | $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$ $\text{Cl}^- + \text{H}^+ = \text{HCl} \uparrow$ | Белый осадок. Выделение бесцветного газа с резким запахом, изменение окраски индикаторной бумаги в парах |
| Br^- | $\text{Ag}^+ \text{H}_2\text{SO}_4$ | $\text{Ag}^+ + \text{Br}^- = \text{AgBr} \downarrow$ $\text{Br}^- + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 \uparrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | Желтоватый осадок. Выделение SO_2 (характерный резкий запах) и бурых паров Br_2 |
| I^- | $\text{Ag}^+ \text{H}_2\text{SO}_4$ | $\text{Ag}^+ + \text{I}^- = \text{AgI} \downarrow$ $\text{I}^- + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | Жёлтый осадок. Выделение H_2S (характерный запах) и буро-фиолетового I_2 |
| SO_3^{2-} | H^+ | $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | 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^+ | $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | Выделение бесцветного газа, не имеющего запаха, вызывающего помутнение известковой воды |

Список дополнительной литературы

Антошин А.Э. ОГЭ 2019. Химия. Тематические тренировочные задания. — Москва: Эксмо, 2018.

Соколова И.А. ОГЭ 2019. Химия: Сборник заданий: 9 класс. — Москва: Эксмо, 2018.

Шапаренко Е.Ю. ОГЭ. Химия. Универсальный справочник. — Москва: Эксмо, 2018.

Содержание

| | |
|---|----|
| <i>От автора</i> | 3 |
| Раздел 1. ВЕЩЕСТВО | 5 |
| 1.1. Строение атома. Строение электронных оболочек атомов первых 20 элементов Периодической системы Д.И. Менделеева..... | 5 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 1.1</i> | 10 |
| 1.2. Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева..... | 14 |
| 1.2.1. Группы и периоды Периодической системы. Физический смысл порядкового номера химического элемента..... | 15 |
| 1.2.2. Закономерности изменения свойств элементов и их соединений в связи с положением в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева..... | 16 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 1.2</i> | 17 |
| 1.3. Строение веществ. Химическая связь: ковалентная (полярная и неполярная), ионная, металлическая..... | 22 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 1.3</i> | 23 |
| 1.4. Валентность химических элементов. Степень окисления химических элементов..... | 28 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 1.4</i> | 34 |
| 1.5. Чистые вещества и смеси..... | 38 |
| 1.6. Атомы и молекулы. Химический элемент. Простые и сложные вещества. Основные классы неорганических веществ. Номенклатура неорганических соединений..... | 39 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 1.6</i> | 50 |
| Раздел 2. ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ | 55 |
| 2.1. Химическая реакция. Условия и признаки протекания химических реакций. Химические уравнения. Сохранение массы веществ при химических реакциях..... | 55 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 2.1</i> | 59 |
| 2.2. Классификация химических реакций по различным признакам: числу и составу исходных и полученных веществ, изменению степеней окисления химических элементов, поглощению и выделению энергии..... | 66 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 2.2</i> | 70 |

| | |
|--|-----|
| 2.3. Электролиты и неэлектролиты..... | 74 |
| 2.4. Катионы и анионы. Электролитическая диссоциация кислот, щелочей и солей (средних)..... | 75 |
| <i>Тренировочные задания к разделам 2.3—2.4</i> | 78 |
| 2.5. Реакции ионного обмена и условия их осуществления | 82 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 2.5</i> | 84 |
| 2.6. Окислительно-восстановительные реакции. Окислитель и восстановитель | 89 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 2.6</i> | 102 |

Раздел 3. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ОСНОВЫ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ. ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВАХ

| | |
|---|-----|
| 3.1. Химические свойства простых веществ | 106 |
| 3.1.1. Химические свойства простых веществ-металлов: щелочных и щёлочноземельных металлов, алюминия, железа | 106 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 3.1.1</i> | 114 |
| 3.1.2. Химические свойства простых веществ-неметаллов: водорода, кислорода, галогенов, серы, азота, фосфора, углерода, кремния..... | 126 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 3.1.2</i> | 148 |
| 3.2. Химические свойства сложных веществ | 163 |
| 3.2.1. Химические свойства оксидов: основных, амфотерных, кислотных | 163 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 3.2.1</i> | 164 |
| 3.2.2. Химические свойства оснований | 176 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 3.2.2</i> | 177 |
| 3.2.3. Химические свойства кислот | 183 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 3.2.3</i> | 184 |
| 3.2.4. Химические свойства солей (средних) | 190 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 3.2.4</i> | 190 |
| 3.3. Взаимосвязь различных классов неорганических веществ..... | 196 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 3.3</i> | 203 |
| 3.4. Первоначальные сведения об органических веществах | 204 |
| 3.4.1. Углеводороды предельные и непредельные: метан, этан, этилен, ацетилен..... | 204 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 3.4.1</i> | 211 |
| 3.4.2. Кислородсодержащие вещества: спирты (метанол, этанол, глицерин), карбоновые кислоты (уксусная и стеариновая) | 214 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 3.2.4</i> | 219 |

| | |
|---|-----|
| 3.4.3. Биологически важные вещества: белки, жиры, углеводы | 222 |
|---|-----|

Раздел 4. МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ ВЕЩЕСТВ И ХИМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ.

| | |
|--|------------|
| ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ХИМИИ..... | 226 |
|--|------------|

| | |
|---|------------|
| 4.1. Правила безопасной работы в школьной лаборатории. Лабораторная посуда и оборудование. Разделение смесей и очистка веществ. Приготовление растворов..... | 226 |
| 4.2. Определение характера среды раствора кислот и щелочей с помощью индикаторов. Качественные реакции на ионы в растворе (хлорид-, сульфат-, карбонат-ионы, ион аммония)..... | 231 |
| 4.3. Получение газообразных веществ. Качественные реакции на газообразные вещества (кислород, водород, углекислый газ, аммиак)..... | 232 |
| <i>Тренировочные задания к разделам 4.1—4.3</i> | <i>234</i> |
| 4.4. Проведение расчётов на основе формул и уравнений реакций..... | 241 |
| 4.4.1. Вычисления массовой доли химического элемента в веществе..... | 243 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 4.4.1</i> | <i>245</i> |
| 4.4.2. Вычисления массовой доли растворенного вещества в растворе..... | 247 |
| 4.4.3. Вычисление количества вещества, массы или объёма вещества по количеству вещества, массе или объёму одного из реагентов или продуктов реакции | 248 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 4.4.3</i> | <i>252</i> |

| | |
|-------------------------------------|------------|
| Раздел 5. ХИМИЯ И ЖИЗНЬ..... | 256 |
|-------------------------------------|------------|

| | |
|---|------------|
| 5.1. Проблемы безопасного использования веществ и химических реакций в повседневной жизни..... | 256 |
| 5.2. Химическое загрязнение окружающей среды и его последствия..... | 259 |
| 5.3. Человек в мире веществ, материалов и химических реакций | 260 |
| <i>Тренировочные задания к разделу 5.3.....</i> | <i>271</i> |
| <i>Ответы на тренировочные задания.....</i> | <i>278</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.

Издание для дополнительного образования
қосымша білім алуға арналған баспа

Для среднего школьного возраста
орта мектеп жасындағы балаларға арналған

ОГЭ. СДАЕМ БЕЗ ПРОБЛЕМ

Антошин Андрей Эдуардович

ОГЭ 2019

ХИМИЯ

Теория и практика
(орыс тілінде)

Ответственный редактор **А. Жилинская**
Ведущий редактор **Т. Судакова**
Художественный редактор **Г. Златогоров**
Технический редактор **Л. Зотова**
Компьютерная верстка **А. Григорьев**
Корректор **Н. Яснева**

ООО «Издательство «Эксмо»

123308, 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-дуken : www.book24.kz

Импортёр в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».

Қазақстан Республикасындағы импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.

Дистрибутор и представитель по приему претензий на продукцию,

в Республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»

Қазақстан Республикасында дистрибутор 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

Продукция соответствует требованиям ТР ТС 007/2011

Дата изготовления / Подписано в печать 09.08.2018. Формат 60×90¹/₁₆.

Гарнитура «SchoolBook». Печать офсетная. Усл. печ. л. 19,0.

Доп. тираж 3000 экз. Заказ № Е-2091.

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленного электронного оригинал-макета
в типографии филиала АО «ТАТМЕДИА» «ПИК «Идел-Пресс».

420066, г. Казань, ул. Декабристов, 2.

E-mail: idelpress@mail.ru



ISBN 978-5-04-094794-2



9 785040 947942 >

