

БИБН 2016-17
Исследовательский тур
11 класс

Задача 11-1

Определенный химический элемент X образует несколько оксидов, один из которых А. Когда А нагревают выше 500°C в течение длительного периода времени, массовая доля кислорода в образце уменьшается в 1.520 раза. Продуктом этой реакции является темно-зеленое твердое вещество Б, которое используется в качестве неорганических красителей и в качестве абразива. Реакция А с водным раствором серосодержащей кислоты В приводит к образованию соли Г.

В промышленности металл X производится путем восстановления некоторого минерала Д нагреванием с коксом в электрической печи. Металл X широко используется в производстве легированных сталей и антикоррозионных покрытий. Массовая доля кислорода в В, Г и Д приведена в таблице ниже.

соединение	В	Г	Д
$\omega(\text{O}), \%$	58.47	48.94	28.60

а) Установите металл X и каждое из соединений, зашифрованных буквами А, Б, В, Г, Д. Ответ подтвердите соответствующими расчетами.

б) Основное состояние электронной конфигурации элемента X является несколько нестандартным. Запишите и поясните причину.

в) Напишите уравнения упомянутых химических реакций.

(Молярные массы элементов необходимо учитывать с точностью до десятых).

Решение

а) Зашифрованные вещества:

X – это хром Cr;

А – CrO₃;

Б – Cr₂O₃;

В – H₂SO₃; $\omega(\text{O}) = 16.0 \cdot 3 / (1.0 \cdot 2 + 32.1 + 16.0 \cdot 3) = 0.5847$;

Г – Cr₂(SO₄)₃; $\omega(\text{O}) = 16.0 \cdot 12 / (52.0 \cdot 2 + 32.1 \cdot 3 + 16.0 \cdot 12) = 0.4894$;

Д – Fe(CrO₂)₂; $\omega(\text{O}) = 16 \cdot 4 / (55.8 + 52 \cdot 2 + 16 \cdot 4) = 0.2860$.

б) Электронная конфигурация атома хрома не 3d⁴4s², как можно было ожидать, а 3d⁵4s¹. Причиной этого является то, что d-оболочка заполнена наполовину (3d⁵) и обладает большей стабильностью, чем 3d⁴.

в) 4CrO₃ = 2Cr₂O₃ + 3O₂↑;

Массовая доля кислорода в оксиде хрома (VI) составляет $\omega_1(\text{O}) = 16 \cdot 3 / (52 + 16 \cdot 3) = 0.48$, а в оксиде хрома (III) $\omega_2(\text{O}) = 16 \cdot 3 / (52 \cdot 2 + 16 \cdot 3) = 0.3158$.

$\omega_2(\text{O}) / \omega_1(\text{O}) = 0.48 / 0.3158 = 1.520$.

2CrO₃ + 3H₂SO₃ = Cr₂(SO₄)₃ + 3H₂O;

Fe(CrO₂)₂ + 4C = Fe + 2Cr + 4CO↑.

Задача 11-2

Содержащий примеси образец карбида кальция массой 1.000 г растворили в 100.0 г воды. Выделившийся газ занял объем 307.9 см³ при температуре 24.50°C и 1.125 атм. Объем оставшегося раствора составил 98.47 см³. Раствор перенесли в мерную колбу на 250 мл и довели объем дистиллированной водой до метки. На титрование 10.00 мл полученного раствора потребовалось 11.98 см³ водного раствора HNO₃ с концентрацией 0.01480 моль/л.

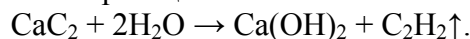
а) Какова массовая доля примесей в исходном образце карбида кальция?

б) Вычислите pH и плотность раствора, полученного в реакции карбида кальция с водой.

(Молярные массы элементов необходимо учитывать с точностью до десятых).

Решение

а) Уравнение реакции:



Реакция карбида кальция с водой приводит к образованию

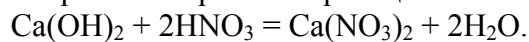
$n(\text{C}_2\text{H}_2) = [1.125 \text{ атм} \cdot 307.9 \cdot 10^{-3} \text{ л}] / [0.082 \text{ л} \cdot \text{атм} / (\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 297.5 \text{ К}] = 0.01420$ моль ацетилена и такому же количеству гидроксида кальция $n(\text{Ca(OH)}_2) = 0.01420$ моль.

Из уравнения реакции видно, что такое количество продуктов реакции образуется при взаимодействии $n(\text{CaC}_2) = 0.01420$ моль с водой.

$$m(\text{CaC}_2) = 0.01420 \text{ моль} \cdot 64.1 \text{ г/моль} = 0.910 \text{ г};$$

$$\omega(\text{примесей}) = (1.000 - 0.910) / 1.000 = 0.09 \text{ или } 9\%.$$

б) При титровании протекает реакция:



10 мл раствора содержит $11.98 \text{ см}^3 \cdot 0.01480 \text{ моль/л} / 2 = 0.08865$ ммоль Ca(OH)_2 . В 250 мл содержится $0.08865 \text{ ммоль} \cdot 25 = 2.216$ ммоль Ca(OH)_2 . Концентрация раствора, образовавшегося при взаимодействии карбида кальция с водой, равна:

$$2.216 \text{ ммоль} / 98.47 \text{ мл} = 0.0225 \text{ моль/л}.$$

Концентрация ионов OH^- в этом растворе $0.0225 \text{ моль/л} \cdot 2 = 0.045 \text{ моль/л}$.

$$p\text{OH} = -\lg 0.045 = 1.35$$

$$p\text{H} = 14 - 1.35 = 12.65.$$

Теперь найдем плотность этого раствора. Для этого необходимо знать массу раствора, которая равна разности исходной массы карбида кальция (1 г) и воды (100 г) и массы выделившегося ацетилена ($0.01420 \text{ моль} \cdot 26 \text{ г/моль} = 0.3692 \text{ г}$) и выпавшего в осадок гидроксида кальция ($(0.01420 - 0.002216) \text{ моль} \cdot 74.1 \text{ г/моль} = 0.888 \text{ г}$):

$$1 + 100 - 0.3692 - 0.888 = 99.7428 \text{ г}$$

$$\rho = 99.7428 \text{ г} / 98.47 \text{ см}^3 = 1.013 \text{ г/см}^3.$$

Задача 11-3

Представьте, что Вам предложены неподписанные колбы с растворами баритовой воды, гидрокарбоната бария, соляной кислоты и с твердыми веществами, один из которых металл (s-элемент малого периода с одинаковым количеством протонов и нейтронов), а другой является d элементом 4 периода, не имеющим неспаренных электронов в стационарном состоянии.

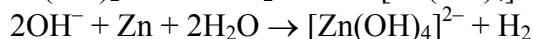
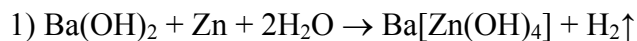
1. Не используя других реактивов, определите, какое из веществ содержится в каждой колбе.

2. Напишите молекулярные формулы веществ и уравнения соответствующих химических реакций в молекулярной и сокращенной ионной формах, укажите наблюдаемые признаки реакций.

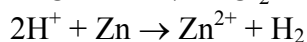
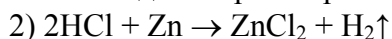
Решение

Формулы веществ: баритовая вода Ba(OH)_2 , гидрокарбонат бария $\text{Ba(HCO}_3)_2$, соляная кислота HCl , магний Mg , цинк Zn .

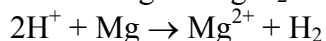
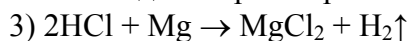
Добавим к каждому раствору пробы из других колб и оценим ход реакции.



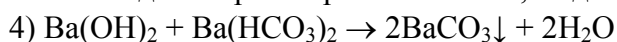
Наблюдение: растворение металла, выделение газа

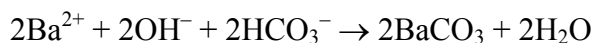


Наблюдение: растворение металла, выделение газа

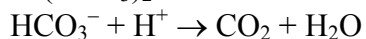
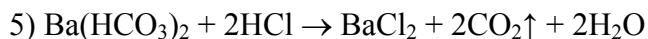


Наблюдение: растворение металла, выделение газа





Наблюдение: выпадение осадка



Наблюдение: выделение газа

Ход выполнения действий

1. Идентификация цинка
2. Идентификация магния
3. Идентификация соляной кислоты
4. Идентификация гидрокарбоната бария
5. Идентификация соляной кислоты

Определение твердых веществ:

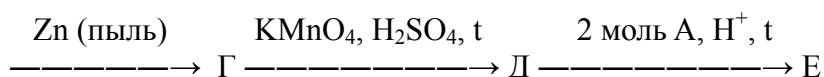
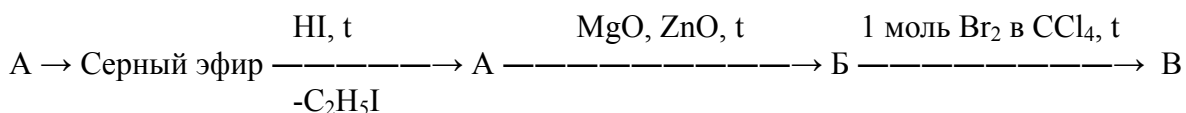
1. Если в испытуемом сосуде находится *цинк*, то при добавлении к цинку поочередно растворов из других колб видимый эффект выделения газа наблюдается в двух случаях по реакциям 1,2.
2. Если в испытуемом сосуде находится *магний*, то при добавлении к нему поочередно растворов из других колб видимый эффект выделения газа наблюдается в одном случае реакции 3.

Определение водных растворов

1. При добавлении к раствору соляной кислоты поочередно веществ из других колб видимый эффект выделения газа наблюдается в трех случаях по реакциям 2,3,5. С баритовой водой также идет реакция, однако визуально протекание этой реакции не идентифицируется.
2. При добавлении к раствору гидрокарбоната бария поочередно растворов из других колб видимый эффект наблюдается в двух случаях: выпадение осадка по реакции 4 и выделение газа по реакции 5.
3. При добавлении к раствору баритовой воды поочередно растворов из других колб видимый эффект наблюдается в двух случаях: выпадение осадка по реакции 4 и выделение газа по реакции 1. С соляной кислотой также идет реакция, однако визуально протекание этой реакции не идентифицируется.

Задача 11-4

Напишите уравнения и условия реакций, соответствующих схеме превращений. Приведите структурные формулы органических веществ А-Е и дайте им названия. Примите допущение, что молекулы участвующих непредельных соединений являются симметричными и имеют цис- конфигурацию.



Решение

Соединение А: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, этанол.

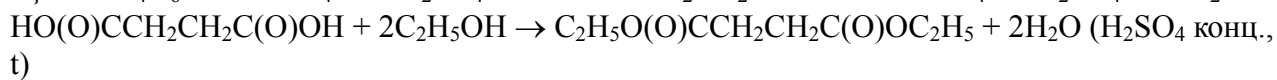
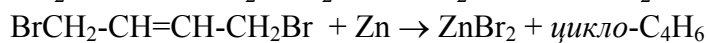
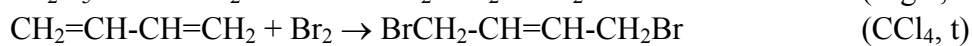
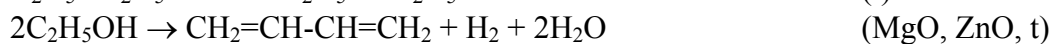
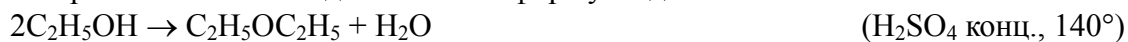
Соединение Б: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$, бутадиен-1,3 или дивинил

Соединение В: $\text{BrCH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br}$, цис-1,4-дибромбутен-2

Соединение Г: *цикло*- C_4H_6 , циклобутен

Соединение Д: $\text{HO}(\text{O})\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{C}(\text{O})\text{OH}$, бутандиовая кислота или янтарная кислота или этандикарбоновая кислота

Соединение E: $C_2H_5O(O)C-CH_2CH_2-C(O)OC_2H_5$, диэтилсукцинат или диэтиловый эфир янтарной кислоты или диэтиловый эфир бутандиовой кислоты



БИБН 2016-17
Исследовательский тур
10 класс

Задача 10-1

Образец ртути массой 40.12 мг растворили в эквивалентном количестве 0.10 М раствора азотной кислоты и к полученному раствору прилили водный раствор йодида калия до растворения первоначально выпавшего осадка. Затем прибавили избыток раствора нитрата серебра, в результате чего выпало 184.8 мг желтого осадка с массовой долей йода 54.94%. Образовавшийся осадок отделили от раствора фильтрованием и нагрели при температуре 45°C, что привело к образованию красного соединения с массовой долей серебра 23.35%.

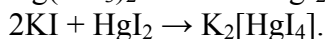
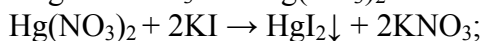
а) Напишите уравнения всех химических реакций, происходящих в этом эксперименте.

б) Ответ поясните и подтвердите необходимыми расчетами.

(Молярные массы элементов необходимо учитывать с точностью до десятых).

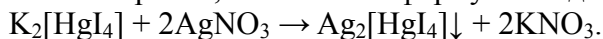
Решение

Разбавленная азотная кислота восстанавливается до NO:



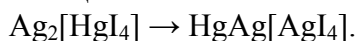
Количество ртути в образце 40.12 мг /200.6 г/моль = 0.2 ммоль. Предполагая, что желтый осадок содержит 1 атом Hg на формульную единицу, молярная масса этого осадка равна 184.8 мг /0.2 моль = 924 г/моль. Учитывая, что массовая доля йода составляет 54.95%, формульная единица осадка содержит $924 \cdot 0.5494 / 126.9 = 4$ атома йода и $[924 - 200.6 - 4 \cdot 126.9] / 107.9 = 2$ атома серебра.

Таким образом, химическая формула осадка $\text{Ag}_2[\text{HgI}_4]$.



Массовая доля серебра в $\text{Ag}_2[\text{HgI}_4]$ составляет $2 \cdot 107.9 / 924 = 0.2335$ (23.35%).

Поскольку образец был нагрет при низкой температуре, его состав остался прежним. Изменение цвета можно объяснить следующей перестройкой:



желтый красный

Задача 10-2

Раствор некоторой одноосновной органической кислоты с массовой долей 0.50% имеет плотность 1.00 г/см³. Эксперимент показал, что 1.00 л этого раствора содержит $6.75 \cdot 10^{21}$ ионов и степень диссоциации кислоты составляет 10.6%.

а) Установите природу одноосновной кислоты. Ответ подтвердите расчетами.

б) Рассчитайте константу диссоциации кислоты и pH раствора.

в) Предложите способ синтеза кислоты из легкодоступных реагентов. Напишите уравнение реакции.

Решение

а) Слабая одноосновная кислота диссоциирует в соответствии с уравнением реакции:



1 л раствора содержит $1000 \text{ см}^3 \cdot 1.00 \text{ г/см}^3 \cdot 0.005 = 5$ г одноосновной кислоты HA. Общее число ионов в растворе $6.75 \cdot 10^{21} / 6.02 \cdot 10^{23} = 0.01121$ моль. Эти ионы образовались при диссоциации $0.01121 / 2 = 0.005605$ моль кислоты. 1 л раствора содержит $0.005605 / 0.106 = 0.0529$ моль недиссоциированной кислоты.

Молярная масса кислоты 5 г / 0.0529 моль = 94.5 г/моль.

Тот факт, что молярная масса составляет половину целого числа свидетельствует о том, что молекула кислоты содержит нечетное число атомов Cl. Под данное условие

подходит хлоруксусная кислота ClCH_2COOH .

б) В состоянии равновесия концентрации равны:

$[\text{H}^+] = 0.005605$ моль; $[\text{A}^-] = 0.005605$ моль; $[\text{HA}] = 0.0529 - 0.005605 = 0.0473$ моль.

Константа равновесия равна:

$K_a = (0.005605)^2 / 0.0473 = 6.64 \cdot 10^{-4}$.

$\text{pH} = -\lg(0.00561) = 2.25$.

в) Получение хлоруксусной кислоты:

$\text{Cl}_2 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{ClCH}_2\text{COOH} + \text{HCl}$.

Задача 10-3

В различных пробирках находятся водные растворы солей: нитрата серебра, карбоната калия, сульфита калия, тиосульфата натрия, тетрагидроксоалюмината натрия. Неизвестно, какая соль находится в каждой конкретной пробирке. С помощью какого одного универсального реактива можно обнаружить каждую из перечисленных солей? В ответе напишите: 1) формулы универсального реактива и солей, 2) молекулярные и сокращенные ионные уравнения реакций, 3) признаки реакций.

Решение

Универсальным реактивом может быть раствор соляной кислоты HCl . Формулы солей: нитрат серебра AgNO_3 , карбонат калия K_2CO_3 , сульфит калия K_2SO_3 , тиосульфат натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, тетрагидроксоалюминат натрия $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$.

1). Молекулярное уравнение: $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{HNO}_3$

Сокращенное ионное уравнение: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$

Наблюдение: выпадение белого творожистого осадка

2). Молекулярное уравнение: $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{KCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Сокращенное ионное уравнение: $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Наблюдение: выделение бесцветного газа без запаха

3). Молекулярное уравнение: $\text{K}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{KCl} + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Сокращенное ионное уравнение: $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Наблюдение: выделение бесцветного газа с характерным резким запахом горячей серы

4). Молекулярное уравнение: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{SO}_2 \uparrow + \text{S} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

Сокращенное ионное уравнение: $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_2 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ Наблюдение: выделение бесцветного газа с характерным резким запахом горячей серы и помутнение раствора

5). Молекулярное уравнение: $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

Сокращенное ионное уравнение: $\text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O}$

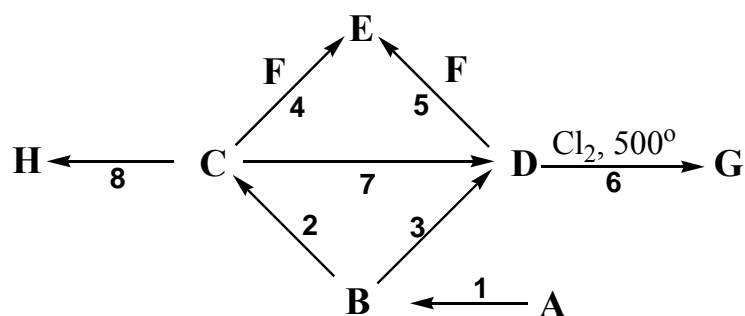
$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

Наблюдение: выпадение белого осадка, затем растворение его в избытке HCl

Другими универсальными реактивами могут быть азотная, фосфорная, уксусная кислоты, при этом визуальные эффекты будут отличаться.

Задача 10-4

Напишите уравнения и условия реакций, соответствующих указанной схеме превращений. Приведите структурные формулы всех зашифрованных органических веществ и назовите их. Соединения **A** и **B** являются предельными углеводородами с плотностью при н.у. 1.92 ± 0.05 г/л. Вещество **D** — олефин, **E** — кумол. Реакция 8 — реакция Вюрца.



Решение

Плотность газообразных веществ **A** и **B** лежит в пределах от 1.87 до 1.97 г/л, следовательно молярные массы находятся в пределах от $1.87 \cdot 22.4 = 41.89$ до $1.97 \cdot 22.4 = 44.13$ г/моль.

Следовательно, вещество **A** – циклопропан с молярной массой 42 г/моль, **B** – пропан, 44 г/моль.

Вещество **C**: $(\text{CH}_3)_2\text{CHBr}$ 2-бромпропан. Допускается также $(\text{CH}_3)_2\text{CHCl}$.

Олефин **D** - $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ пропен.

Вещество **F**: C_6H_6 бензол.

Кумол **E** - $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$.

Вещество **G** - $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$, 3-хлорпропен-1 или аллилхлорид.

Вещество **H** - $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ 2,3-диметилбутан.

Уравнения реакций:

- 1). $\text{цикло-}\text{C}_3\text{H}_6 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (Pd кат., t)
- 2). $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{Br}_2 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CHBr} + \text{HBr}$ (облучение светом)
- 3). $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{H}_2$ (Pd кат., t)
- 4). $(\text{CH}_3)_2\text{CHBr} + \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5 + \text{HBr}$ (AlCl_3 кат., t)
- 5). $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$ (H_2SO_4 конц. или AlCl_3 , t)
- 6). $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl} + \text{HCl}$ (500°)
- 7). $(\text{CH}_3)_2\text{CHBr} + \text{NaOH}_{\text{сп.}} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ (t)
- 8). $2(\text{CH}_3)_2\text{CHBr} + 2\text{Na} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + 2\text{NaBr}$

БИБН 2016-17
Исследовательский тур
9 класс

Задача 9-1

Образец нитрата некоторого металла массой 1.000 г термически разлагается при 220°C с образованием 0.4858 г твердого остатка.

а) Какие вещества образуются при термическом разложении нитратов? Напишите уравнения соответствующих химических реакций.

б) Установите, какой нитрат был взят в эксперименте? Напишите уравнение реакции.

Решение

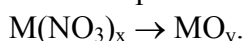
а) Соли азотной кислоты при нагревании разлагаются, причем продукты разложения зависят от положения солеобразующего металла в ряду стандартных электродных потенциалов:

Li→Rb→K→Ba→Sr→Ca→Na→Mg→Al→Mn→Zn→Cr→Fe→Cd→Co→Ni→Sn→Pb→(H)
→Sb→Bi→Cu→Hg→Ag→Au

Нитраты металлов, расположенных левее магния Mg, (за исключением лития) при разложении образуют нитриты и кислород. Нитраты металлов, расположенные в ряду стандартных электродных потенциалов от Mg до Cu, а также Li дают при разложении оксид металла, NO₂ и кислород. Нитраты металлов, расположенных в данном ряду после Cu, образуют свободный металл, NO₂ и кислород.



б) Убыль массы в эксперименте составляет $1-0.4858/1=0.5142$ или 51.42%. отсюда можно сделать вывод, что твердый остаток представляет собой оксид. Степень окисления металла может измениться в процессе разложения, а может остаться прежней. Быстрый расчет исключает последнюю возможность. Скорее всего, степень окисления металла в оксиде выше, чем в нитрате из-за окисления.



$$1/[\text{Ar}(\text{M})+62 \cdot x]=0.4858/[\text{Ar}(\text{M})+16 \cdot y]$$

$$\text{Ar}(\text{M})=58.58 \cdot x-31.12 \cdot y.$$

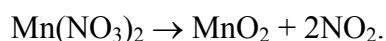
x и 2y – возможные степени окисления элемента M.

Возможные степени окисления элементов, находящихся в ряду от магния до меди занесем в таблицу для удобства:

x	2y	y
2	3	1.5
2	4	2
3	6	3

Для x=2 и y=2 получаем Ar(M)=54.9. Следовательно, металл – это марганец, а нитрат – Mn(NO₃)₂.

Уравнение реакции:



Задача 9-2

Бесцветное кристаллическое вещество X является натриевой солью некоторой кислоты. Элементный анализ X дал следующие результаты: Na – 13.93%, H – 4.28%, P – 18.77% (по массе).

а). Какова химическая формула соли X?

б). Солью какой кислоты является X? Назовите эту кислоту и изобразите ее графическую формулу.

в) Приведите название соли X.

Решение

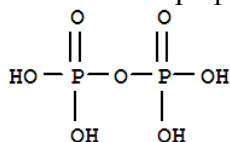
а) Установим формулу соли X. Суммируя массовые доли Na, H и P, получаем $13.93+4.28+18.77=36.98\%$. Оставшиеся $100-36.98=63.02\%$ приходятся на кислород.

$$\text{Na:H:P:O} = 13.93/23:4.28/1:18.77/31:63.02/16 =$$

$$= 0.6057:4.28:0.6055:3.9388 = 1:7:1:6.5. \text{ Простейшая формула соли } \text{Na}_2\text{H}_{14}\text{P}_2\text{O}_{13}.$$

Соль X – это $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

б) X является солью пиродифосфорной или дифосфорной кислоты $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$.



в) Название соли - гексагидрат дигидропиродифосфата натрия.

Задача 9-3

При курении электронной сигареты человек вдыхает воздух с парами курительной жидкости, содержащей алкалоид никотин и ароматические добавки в органическом растворителе. Предположим, что он использует жидкость с минимальной концентрацией никотина, указанной на флаконе, 6 мг/мл.

1. Выведите молекулярную формулу никотина, если в состав его молекулы входят 2 атома азота (массовая доля азота 17.28%), водород (8.64%) и углерод (74.08%).

2. Определите молярную концентрацию никотина в указанной жидкости.

3. Вычислите концентрацию никотина ($\text{мг}/\text{м}^3$) в сигаретном дыме в легких курящего (объем легких 5 л), возникающую при глубокой затяжке, во время которой расходуется одна сто двадцатая часть миллилитра курительной жидкости. Сравните ее с известным значением предельно допустимой концентрации в воздухе (ПДК) никотина, как представителя сильнодействующих и ядовитых веществ, равным $0.1 \text{ мг}/\text{м}^3$.

4. Определите мольную долю (%) паров никотина в воздухе внутри легких во время затяжки дымом, если атмосферное давление 760 мм рт. ст., а температура 36.6°C .

Решение

1. Найдем мольное соотношение элементов C, H, N в веществе. $\omega(\text{C}):\omega(\text{H}):\omega(\text{N}) = 74.08/12 : 8.64/1 : 17.28/14 = 6.1733:8.64:1.2343 = 5 : 7 : 1$. Формула $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$.

2. Молярная масса никотина 162 г/моль. Определим молярную концентрацию никотина в курительной жидкости: $C(\text{никотина в жидкости}) = 0.006\text{г} / (162\text{г}/\text{моль} \cdot 0.001\text{л}) = 0.037 \text{ моль}/\text{л}$.

3. Определим концентрацию паров никотина в легких человека. $m = 6/120 = 0.05\text{мг}$. $C(\text{никотина в легких}) = 0.05 \text{ мг}/0.005\text{м}^3 = 10 \text{ мг}/\text{м}^3$. Это в 100 раз превышает ПДК.

4. Определим мольную долю никотина в воздухе в легких. $m(\text{никотина}) = 0.05 \text{ мг} = 0.00005 \text{ г}$, $n(\text{никотина}) = 0.00005/162 = 3.09 \cdot 10^{-7} \text{ моль}$. $n(\text{воздуха}) = PV/RT = 101300\text{Па} \cdot 0.005\text{м}^3 / (8.314 \cdot 309.6\text{град}) = 0.197 \text{ моль}$.

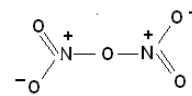
Мольная доля никотина: $\chi = 3.09 \cdot 10^{-7} / 0.197 = 15.7 \cdot 10^{-5}\%$.

Задача 9-4

Напишите молекулярные формулы оксидов бериллия, бора, углерода, азота, фтора

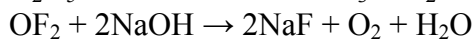
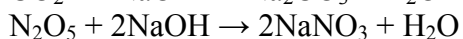
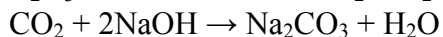
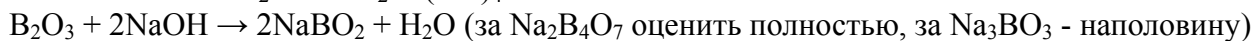
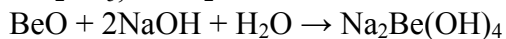
(если элемент может иметь разные степени окисления, то используйте только высшую). Составьте структурные формулы этих оксидов из расчета, что молекулы их мономерные и содержат только ковалентные связи. Расставьте степени окисления элементов. Составьте уравнения реакций оксидов с избытком водного раствора щелочи.

Решение



Структурные формулы: Be=O, O=B-O-B=O, O=C=O, F-O-F,

Молекулярные формулы оксидов и степени окисления элементов: Be⁺²O⁻², B⁺³₂O⁻²₃, C⁺⁴O⁻²₂, N⁺⁵₂O⁻²₅, O⁺²F₂.



БИБН 2016-17
Исследовательский тур
8 класс

Задача 8-1

Элементы А, В, Х, У находятся в первых трех периодах Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Два из них – в одном периоде, два – в одной группе. Простые вещества, образованные этими элементами, реагируют между собой и дают химические соединения следующего состава В₂А, ВУ, Х₂А, Х₂А₂, ХУ. Вещество Х, реагируя с соединением В₂А, выделяет газ и образует соединение ХАВ, а реагируя с раствором ВУ, также выделяет газ и образует вещество ХУ, широко известное в природе и быту. Назовите эти элементы. Составьте соответствующие уравнения химических реакций.

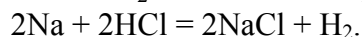
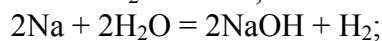
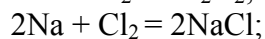
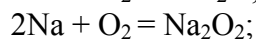
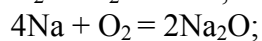
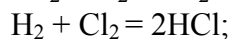
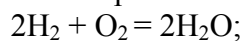
Решение

А – кислород,

В – водород,

Х – натрий,

У – хлор

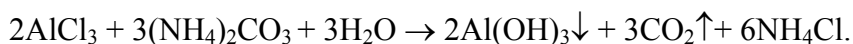
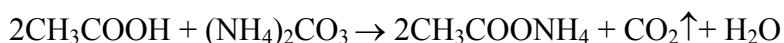


Задача 8-2

Приведите пример вещества, которое может необратимо реагировать в водном растворе со всеми перечисленными соединениями: СН₃СООН, КОН, АlСl₃. Напишите уравнения протекающих реакций.

Решение

Карбонат аммония (NH₄)₂CO₃:



Возможны другие варианты: AgNO₃, KHCO₃, NH₄HCO₃, K₂S, K₂SO₃.

Задача 8-3

При курении электронной сигареты человек вдыхает воздух с парами курительной жидкости, содержащей алкалоид никотин и ароматические добавки в органическом растворителе. Предположим, что он использует жидкость с минимальной концентрацией никотина, указанной на флаконе, 6 мг/мл.

1. Выведите молекулярную формулу никотина, если в его состав входят азот (массовая доля азота 17.28%), водород (8.64%) и углерод (74.08%), а молярная масса равна 162 г/моль.

2. Определите молярную концентрацию никотина в указанной жидкости (моль/л).

3. Вычислите концентрацию никотина (мг/м³) в сигаретном дыме в легких курящего (объем легких 5 л), возникающую при глубокой затяжке, во время которой расходуется одна сто двадцатая часть миллилитра курительной жидкости. Сравните ее с известным значением предельно допустимой концентрации в воздухе (ПДК) никотина, как представителя сильнодействующих и ядовитых веществ, равным 0.1 мг/м³.

Решение

1. Найдем мольное соотношение элементов C,H,N в веществе. $\omega(C):\omega(H):\omega(N) = 74.08/12 : 8.64/1 : 17.28/14 = 6.1733:8.64:1.2343 = 5 : 7 : 1$. Простейшая формула C_5H_7N . Для нее $M=81$, это в два раза меньше заданной (162 г/моль). Следовательно, формула никотина $C_{10}H_{14}N_2$.
2. Определим молярную концентрацию никотина в курительной жидкости: $C(\text{никотина в жидкости}) = 0.006\text{г} / (162\text{г/моль} \cdot 0.001\text{л}) = 0.037 \text{ моль/л}$.
3. Определим концентрацию паров никотина в легких человека. $m = 6/120 = 0.05\text{мг}$. $C(\text{никотина в легких}) = 0.05 \text{ мг}/0.005\text{м}^3 = 10 \text{ мг/м}^3$. Это в 100 раз превышает ПДК.

Задача 8-4

Напишите молекулярные формулы оксидов бериллия, бора, углерода, азота, серы (если элемент может иметь разные степени окисления, то используйте только высшую). Расставьте степени окисления элементов в оксидах. Составьте уравнения реакций оксидов с избытком водного раствора гидроксида натрия.

Решение

Формулы оксидов: $\text{Be}^{+2}\text{O}^{-2}$, $\text{B}^{+3}_2\text{O}^{-2}_3$, $\text{C}^{+4}\text{O}^{-2}_2$, $\text{N}^{+5}_2\text{O}^{-2}_5$, $\text{S}^{+6}\text{O}^{-2}_3$.

