

9 класс

Все задачи по 20 баллов. В зачет идут 5 лучших.

Задача 1. Соседи

Вариант 1.

Элементы А и Б занимают соседние клетки Периодической системы. Эти элементы образуют стабильные вещества AB_2 и B_2 , но при определённых условиях атомы этих элементов образуют и другие двухатомные молекулы A_2 , AB и трёхатомные молекулы A_3 , B_3 , A_2B .

Масса атома элемента А вдвое больше массы атома элемента Б.

Определите элементы А и Б, укажите, в каком виде они находятся в природе, и напишите реакцию взаимодействия простых веществ, образованными А и Б между собой.

Что происходит при нагревании простого вещества, образованного А, на воздухе?

Решение

Из условия задачи, достаточно легко догадаться, что Б – кислород, А – сера. (за каждый элемент по 1 баллу)

В природе S встречается в самородном виде как твердое вещества желтого цвета (3 балла) S_8 (2 балл), в виде огромного количества сульфидных руд (3 балла)

Кислород в природе встречается в воздухе (O_2 , O_3) (2 балла) в гидросфере (2 балла), в виде оксидных руд (2 баллов)

При нагревании серы происходит процесс полимеризации и превращение серы в полимерную (черную) модификацию (2 балла), кроме того начинается процесс горения $S + O_2 = SO_2$ (2 балла)

Вариант 2.

Элементы А и Б занимают соседние клетки Периодической системы.

При н.у. простое вещество элемента А представляет собой бесцветный газ, а элемент Б образует разные аллотропные модификации, одна из которых представляет собой красное твёрдое вещество. Масса атома одного из элементов в 2.21 раза больше другого. Определите элементы А и Б, укажите, в каком виде они находятся в природе. Что будет происходить при нагревании простого вещества, образованного Б, на воздухе и в вакууме?

Решение

А – азот, Б – фосфор. Азот – основной компонент воздуха. Фосфор находится в природе преимущественно в виде фосфатов. На воздухе фосфор горит с образованием P_4O_{10} , в вакууме испаряется с образованием P_4 .

Вариант 3.

Элементы А и Б занимают соседние клетки Периодической системы.

Простое вещество, образованное А – металл, а простое вещество, образованное Б – неметалл. Оба элемента в природе встречаются только в виде соединений.

Атомная масса одного из элементов в 2.5 раза меньше атомной массы другого. Определите элементы А и Б, напишите реакции их взаимодействия с хлором. Как можно выделить простые вещества, образуемые элементами А и Б?

Решение

А – галлий, Б – кремний. С хлором образуют $GaCl_3$ (Ga_2Cl_6) и $SiCl_4$. Простые вещества можно выделить восстановлением хлоридов активными металлами (например, натрием).

Вариант 4.

Элементы А и Б занимают соседние клетки Периодической системы.

Оба элемента являются активными металлами, элемент Б в 1.056 раза тяжелее элемента А. Определите элементы А и Б, укажите, в каком виде они находятся в природе. Напишите реакцию простых веществ с разбавленным раствором гидроксида калия. Что будет происходить при нагревании простых веществ А и Б на воздухе?

Решение

А – натрий, Б – магний. В природе натрий встречается в виде солей, например, NaCl; Na₂SO₄, NaNO₃; магний – в виде карбоната, хлорида, сульфата, силикатов. Оба элемента присутствуют в морской воде. Из разбавленного раствора гидроксида калия натрий вытесняет водород, переходя в соответствующий гидроксид (в случае магния реакция практически не идет). При нагревании на воздухе натрий дает пероксид Na₂O₂, а магний образует оксид MgO и нитрид Mg₃N₂.

Задача 2 Стаканчики

Вариант 1.

Три химических стакана объемом по 100 мл содержат по 50 мл растворов гидросульфата натрия (стакан №1), гидроксида натрия (№2) и хлорида натрия (№3) с равными молярными концентрациями (одинаковое число молей каждого вещества в единице объема). В стакан №3 также добавлено две капли раствора метилоранжа. Содержимое стакана 1 выливается в стакан №2, тщательно перемешивается, и 50 мл выливаются в стакан № 3. Определить цвет раствора, полученного в стакане №3. Запишите уравнения протекающих реакций.

Решение

Оранжевый (10 баллов), $\text{NaHSO}_4 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (10 баллов)

Вариант 2.

Три химических стакана объемом по 100 мл. содержат по 50 мл растворов серной кислоты (стакан №1), гидроксида натрия (№2) и бромид калия (№3) с равными молярными концентрациями (одинаковое число молей каждого вещества в единице объема). В стакан №3 также добавлено две капли раствора фенолфталеина. Содержимое стакана 1 выливается в стакан №2, тщательно перемешивается, и 50 мл выливаются в стакан № 3. Определить цвет раствора, полученного в стакане №3. Запишите уравнения протекающих реакций.

Решение

Бесцветный

Вариант 3.

Три химических стакана объемом по 100 мл. содержат по 50 мл растворов соляной кислоты (стакан №1), гидроксида бария (№2) и нитрата калия (№3) с равными молярными концентрациями (одинаковое число молей каждого вещества в единице объема). В стакан №3 также добавлено две капли раствора фенолфталеина. Содержимое стакана 1 выливается в стакан №2, тщательно перемешивается, и 50 мл выливаются в стакан № 3. Определить цвет раствора, полученного в стакане №3. Запишите уравнения протекающих реакций.

Решение

Малиновый

Вариант 4.

Три химических стакана объемом по 100 мл. содержат по 50 мл растворов фосфорной кислоты (стакан №1), гидроксида натрия (№2) и сульфата натрия (№3) с равными молярными концентрациями (одинаковое число молей каждого вещества в единице объема). В стакан №3 также добавлено две капли раствора метилоранжа. Содержимое стакана 1 выливается в стакан №2, тщательно перемешивается, и 50 мл выливаются в стакан № 3. Определить цвет раствор, полученного в стакане №3. Запишите уравнения протекающих реакций.

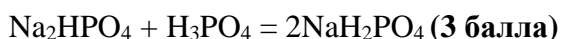
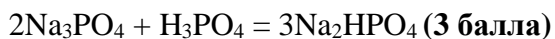
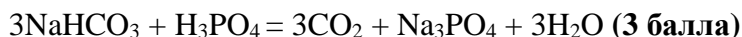
Решение

красный

Задача 3

А. К концентрированному раствору карбоната натрия по каплям добавляют разбавленный раствор фосфорной кислоты. Какие процессы будут при этом происходить? Что изменится, если в условии задачи вещества поменять местами?

Решение: вначале будет происходить образование гидрокарбоната, затем – углекислого газа, потом – кислых фосфатов:



Если поменять вещества местами (к концентрированному раствору фосфорной кислоты добавлять разбавленный раствор карбоната натрия), реакции будут протекать в следующем порядке:



В сумме не более 20 баллов

Б. К раствору хлорида алюминия по каплям добавляют концентрированный раствор гидроксида натрия. Какие процессы будут при этом происходить? Что изменится, если в условии задачи вещества поменять местами?

В. К концентрированному раствору карбоната калия по каплям добавляют разбавленный раствор фосфорной кислоты. Какие процессы будут при этом происходить? Что изменится, если в условии задачи вещества поменять местами?

Г. К раствору хлорида меди по каплям добавляют концентрированный раствор гидроксида натрия. Какие процессы будут при этом происходить? Что изменится, если в условии задачи вещества поменять местами?

Задача 4

А. Смесь двух бинарных соединений лития растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по аргону 0,35. Если же исходную смесь обрабатывать серной кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по аргону составляет 0,10. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

Б. Смесь бинарных соединений натрия растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по неону 1,00. Если же исходную смесь обрабатывать фосфорной кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по неону составляет 1,30. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

В. Смесь бинарных соединений калия растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по углекислому газу 0,3. Если же исходную смесь обрабатывать соляной кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по углекислому газу составляет 0,14. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

Г. Смесь бинарных соединений рубидия растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по угарному газу 0,50. Если же исходную смесь обрабатывать бромоводородной кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по угарному газу составляет 0,14. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

Решение.

А. Смесь двух бинарных соединений лития растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по аргону 0,35. Если же исходную смесь обрабатывать серной кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по

аргону составляет 0,10. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

А. Из условия задачи следует, что один из газов взаимодействует с серной кислотой. То есть, этот газ обладает основными свойствами. Таким газом является аммиак, следовательно, одно из исходных соединений – нитрид лития:



Второй газ имеет относительную плотность по аргону 0,10. Следовательно, его молярная масса составляет:

$M = 0,1 \cdot 40 = 4$ г/моль. Таким газом является *дидейтерий*, D_2 (дейтерий – изотоп водорода с массовым числом 2, ^2H). Следовательно, второе вещество – дейтерид лития, LiD . **(5 балла)**

Определим мольное соотношение компонентов в газовой смеси:

$$17x + 4 \cdot (1-x) = 0,35 \cdot 40$$

$$x = 0,77 \text{ (4 балла)}$$

Мольное соотношение аммиака и дидейтерия составляет 77:23, следовательно, мольное соотношение нитрида и дейтерида лития 77:46. Массовая доля нитрида лития составляет 87%, дейтерида лития – 13%. **(5 балла)**

Б. Смесь бинарных соединений натрия растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по неону 1,00. Если же исходную смесь обрабатывать фосфорной кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по неону составляет 1,30. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

Ответ: 77% нитрида натрия и 23% ацетиленида натрия

В. Смесь бинарных соединений калия растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по углекислому газу 0,3. Если же исходную смесь обрабатывать соляной кислотой, то относительная плотность

выделившегося газа по углекислому газу составляет 0,14. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

Ответ: 75% нитрида калия и 25% тритида калия

Г. Смесь бинарных соединений рубидия растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по угарному газу 0,50. Если же исходную смесь обрабатывать бромоводородной кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по угарному газу составляет 0,14. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

Ответ: 84% нитрида рубидия и 16% дейтерида рубидия

Задача 5

А. 20,4 г оксида, содержащего 52,94% металла по массе, растворили в 200 г 25%-го раствора кислоты и получили соль, в которой содержание одного из элементов составляет 20,22%. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

Решение.

Запишем формулу оксида металла в общем виде: M_2O_x , где x – степень окисления (валентность) металла. Зная массовую долю металла, установим формулу оксида металла и определим металл.

$$\omega(M) = \frac{2 \cdot M(M)}{2 \cdot M(M) + x \cdot M(O)} = 0,524,$$

где $M(M)$ – молярная масса неизвестного металла

$$0,524 = \frac{2M(M)}{2M(M) + 16x}$$

Приводя подобные, получаем

$$M(M) = 9x$$

Перебирая целочисленные значения x можно установить металл:

x	1	2	3
Молярная масса	9 – Be, не подходит по степени окисления	18 – металла нет	27 - Al

Таким образом, мы установили формулу оксида – Al_2O_3 . **(3 баллов)**

Найдем его количество:

$$\nu(Al_2O_3) = 20,4/102 = 0,2 \text{ моль. (1 балла)}$$

Аналогично можно установить формулу соли, зная массовую долю одного из элементов.

В общем виде формулу соли можно записать следующим образом: Al_xAn_3 , где An – кислотный остаток, а x – его заряд.

Предположим, что нам дана массовая доля металла. (Если в этом случае решения не будет, то тогда можно предположить, что дана массовая доля бескислородного остатка, массовая доля кислорода в кислородсодержащем остатке или массовая доля элемента в бескислородном остатке)

$$\omega(An) = \frac{3 \cdot M(An)}{3 \cdot M(An) + x \cdot M(Al)} = 0,2022$$

Решая уравнение аналогичным образом, находим при $x=1$ $M(An)=35,5$ г/моль – это молярная масса хлора. Следовательно, формула соли $AlCl_3$, добавлена была соляная кислота **HCl (3 баллов)**.

Найдем количество соляной кислоты

$$v(HCl) = 200 \cdot 0,25 / 36,5 = 1,37 \text{ моль (2 балла)}$$

и запишем уравнение реакции:



По уравнению реакции на 1 моль оксида алюминия требуется 6 моль соляной кислоты, значит на 0,2 моль оксида требуется 1,2 моль кислоты, то есть кислота находится в избытке, и расчеты ведем по оксиду алюминия **(2 балла)**

$$v(AlCl_3) = 2 \cdot v(Al_2O_3) = 0,4 \text{ моль, } m(AlCl_3) = 0,4 \cdot 133,5 = 53,4 \text{ г (2 балла)}$$

Количество оставшейся соляной кислоты

$$v(HCl)_{\text{ост}} = v(HCl)_{\text{общ}} - v(HCl)_{\text{реак}} = 1,37 - 1,2 = 0,17 \text{ моль, } m(HCl) = 0,17 \cdot 36,5 = 6,2 \text{ г (2 балла)}$$

Масса конечного раствора является суммой масс оксида алюминия и раствора соляной кислоты:

$$m_{\text{кон р-ра}} = m(Al_2O_3) + m_{\text{р-ра}}(HCl) = 20,4 + 200 = 220,4 \text{ г}$$

Массовые доли веществ в конечном растворе:

$$\omega(AlCl_3) = \frac{m(AlCl_3)}{m_{\text{(кон.р-ра)}}} \cdot 100\% = \frac{53,4}{220,4} \cdot 100\% = 24,22\% \text{ (1 балла)}$$

$$\omega(HCl) = \frac{6,2}{220,4} \cdot 100\% = 2,8\% \text{ (1 балла)}$$

(в качестве ответа принимаются массовые доли, принимается любое разумное округление)

При отсутствии решения правильный ответ оценивается в максимальный балл: **20 баллов**.

Б. 4,64 г оксида, содержащего 72,41% металла по массе, обработали стехиометрическим количеством 5% раствора некоторой кислоты. Определите массовую долю солей в полученном растворе, если массовая доля одного из элементов в одной из солей составляет 34,46%.

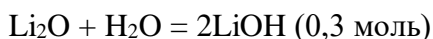


$$m_{\text{кон рра}} = 121,44 \text{ г}$$

$$w(\text{FeCl}_3) = 5,4\%$$

$$w(\text{FeCl}_2) = 2,1\%$$

В. 4,5 г оксида, содержащего 46,67% металла по массе, растворили в 37,8 г 30%го раствора кислоты и получили соль, в которой содержание кислорода составляет 69,57%. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.



$$w(\text{LiNO}_3) = 29,4\%$$

$$w(\text{LiOH}) = 6,8\%$$

Г. 2,35 г оксида, содержащего 82,98% металла по массе, растворили в 29,4 г 5%го раствора кислоты и получили соль, в которой содержание кислорода составляет 30,19%. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.



$$w(\text{K}_3\text{PO}_4) = 10,0\%$$

Задача 6

А. Установите состав фрагмента А, и формулу вещества $\text{K}_x\text{Fe}_y(\text{A})_6$, если известно, что массовая доля калия в этом веществе составляет 35,56%, железа – 17,02%, фрагмент А состоит из двух атомов неметаллов, а истинная формула вещества соответствует простейшей.

Решение.

Рассчитаем массовую долю фрагмента А в соединении:

$$\omega(\text{A}) = 100 - \omega(\text{K}) - \omega(\text{Fe}) = 47,42\% \text{ (4 баллов)}$$

Составим пропорцию:

$$\frac{\omega(\text{K})}{M(\text{K})} : \frac{\omega(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} : \frac{\omega(\text{A})}{M(\text{A})} = x : y : 6 \text{ (4 баллов)}$$

Подставив числа, получим:

$$0,91 : 0,30 : \frac{47,42}{M(\text{A})} = x : y : 6$$

Помножим все члены пропорции на минимальное число, необходимое для получения целых значений:

$$3 : 1 : \frac{3,33 \cdot 47,42}{M(\text{A})} = x : y : 6 \text{ (4 баллов)}$$

Найдем, теперь, молярную массу фрагмента А:

$$\frac{3,33 \cdot 47,42}{M(A)} = 6$$

$M(A) = 26$ г/моль (**5 баллов**)

Разумным перебором определяем состав фрагмента А – CN. (**4 баллов**)

Таким образом, формула исходного вещества – $K_3Fe(CN)_6$.

При отсутствии решения правильный ответ оценивается в максимальный балл: **20 баллов**.

Б. Установите состав фрагмента А и формулу вещества $Cu_x(A)_4Cl_y$, если известно, что массовая доля меди в этом веществе составляет 31,53%, хлора – 34,98%, в состав фрагмента А входят 3 атома одного неметалла и один атом другого, а истинная формула вещества соответствует простейшей.

Ответ: NH_3 , $Cu(NH_3)_4Cl_2$.

В. Установите состав фрагмента А и формулу вещества $K_xZn_y(A)_z$, если известно, что массовая доля натрия в этом веществе составляет 25,70%, цинка – 36,31%, в состав фрагмента А входят по одному атому двух неметаллов, а истинная формула вещества соответствует простейшей.

Ответ: OH , $Na_2Zn(OH)_4$.

Г. Установите состав фрагмента А и формулу вещества $Cr_x(A)_6Br_y$, если известно, что массовая доля хрома в этом веществе составляет 13,00%, брома – 60,00%, в состав фрагмента А входят два атома одного неметалла и один атом другого, а истинная формула вещества соответствует простейшей.

Ответ: H_2O , $Cr(H_2O)_6Br_3$.