

Решения. 9 класс — Химический профиль

Неорганическая химия

1. Кислород — самый распространенный элемент земной коры, он входит в состав многих природных соединений. В каком (каких) из перечисленных соединений его содержание по массе наибольшее?

- a. CaCO_3
- b. SiO_2
- c. Al_2O_3
- d. Fe_3O_4
- e. MgCO_3

Рассчитаем массовые доли кислорода в приведенных соединениях (для этого массу всех атомов кислорода разделим на молярную массу соединения):

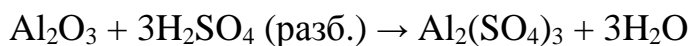
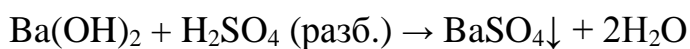
- a. CaCO_3
 $\omega(\text{O}) = 48/100 = 0.48$
- b. SiO_2
 $\omega(\text{O}) = 32/60 = 0.53$
- c. Al_2O_3
 $\omega(\text{O}) = 48/60 = 0.47$
- d. Fe_3O_4
 $\omega(\text{O}) = 64/232 = 0.28$
- e. MgCO_3
 $\omega(\text{O}) = 48/84 = 0.57$

Из полученных результатов видно, что массовая доля кислорода больше всего в карбонате магния

2. Какое (какие) из приведённых ниже соединений проявляют основные свойства в реакции с 5%-ным раствором H_2SO_4 ?

- a. $\text{Ba}(\text{OH})_2$
- b. Al_2O_3
- c. MnO_2
- d. CO

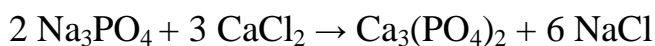
Из указанных веществ в указанную реакцию вступают гидроксид бария и оксид алюминия:



3. К 4,0 мл 6%-ного раствора фосфата натрия добавили 4,5 мл 0,2 М раствора хлорида кальция. Какова будет масса выпавшего осадка? Ответ приведите в миллиграммах с точностью до десятых.

Ответ: 93,0

Запишем уравнение реакции:



Рассчитаем количество реагентов (плотность первого раствора нам не дана, но разумно принять ее за единицу):

$$n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = V\rho cM = 0,00146 \text{ моль}$$

$$n(\text{CaCl}_2) = Vc = 0,0009 \text{ моль}$$

$n(\text{CaCl}_2)/3 < n(\text{Na}_3\text{PO}_4)/2$, значит фосфат натрия в избытке, ведём расчет по хлориду кальция

$$n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = n(\text{CaCl}_2)/3 = 0,0003 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = nM = 3 \cdot 10^{-4} \cdot (40 \cdot 3 + 95 \cdot 2) = 93,0 \text{ мг}$$

Важно обратить внимание, что в задании просят округлить ответ до десятых миллиграмма, то есть следует указать 93,0, а не просто 93.

4. Какое (какие) из приведённых ниже соединений способны проявлять восстановительные свойства в реакции с перекисью водорода?

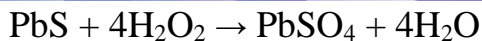
a. PbS

b. $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$

c. MnO_2

d. KMnO_4

Из перечисленных веществ только сульфид свинца может вступать в указанную реакцию:



5. Рассчитайте сумму коэффициентов в реакции $\text{KMnO}_4 + \text{HCl}_{(\text{конц})} \rightarrow \dots$

Уравнение должно содержать минимальные целочисленные коэффициенты.

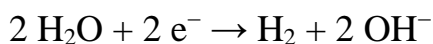
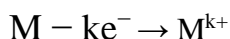
Ответ: 35



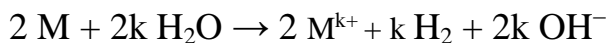
6. При действии избытка разбавленной щёлочи на 32,7 г неизвестного металла выделилось 11,2 л (н.у.) водорода. Приведите название этого металла.

Ответ: цинк

В процессе этого взаимодействия происходят следующие окислительно-восстановительные процессы:



Суммарно:



Следовательно, количество металла равно

$$n(\text{M}) = 2/k \cdot V(\text{H}_2)/V_m = 2/k \cdot 11,2/22,4 = 1/k$$

Тогда молярная масса металла

$$M(\text{M}) = m/n = 32,7k$$

Перебирая целые значения k , находим, что при $k = 2$ $M(\text{M}) = 65,4$ г/моль, что соответствует цинку

7. Соотнесите вещества и их тривиальные названия (два варианта лишние):

А. Негашёная известь

1. CaO

Б. Лисий хвост

2. Ca(OH)₂

В. Сапожный купорос

3. K₂Cr₂O₇

Г. Каустическая сода

4. FeSO₄

5. NO₂

6. NaOH



Ответ: А1, Б5, В4, Г6

Общая химия

1. Чему равно суммарное количество нейтронов в молекуле тяжелой воды?

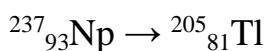
Ответ: 10

В атоме кислорода (изотоп с массовым числом 16) содержится 8 нейтронов. В молекулу тяжелой воды вместо атомов протия включены атомы дейтерия. Ядро дейтерия состоит из одного протона и одного нейтрона. Итого $8 + 1 + 1 = 10$

2. Радиоактивный ряд нептуния начинается с нептуния-237 и завершается стабильным изотопом таллия-205. Сколько актов бета-распада происходит при данном превращении?

Ответ: 4

Суммарное превращение описывается схемой:



Массовое число меняется только при α -распадах (на 4 единицы за один распад), значит всего их было $(237 - 205)/4 = 8$.

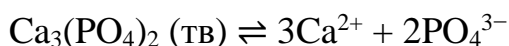
При каждом из таких распадов заряд ядра изменяется на 2 единицы, то есть если бы происходили только α -распады, то заряд ядра стал бы $93 - 2 \cdot 8 = 77$.

Полученный результат отличается от заряда ядра таллия на $81 - 77 = 4$ единицы. При каждом β -распаде заряд ядра меняется на 1. Значит таких распадов было 4.

3. Произведение растворимости ортофосфата кальция составляет $1.0 \cdot 10^{-25}$. Чему равна его растворимость (мг/л, округление до десятых) в чистой воде?

Ответ: 1.2

В рассматриваемой системе устанавливается равновесие:



$$\text{ПР} = [\text{Ca}^{2+}]^3 [\text{PO}_4^{3-}]^2$$

Пусть в 1 л воды максимально может раствориться x моль соли. Тогда в растворе будет находится $3x$ моль ионов кальция и $2x$ моль фосфат-ионов. Тогда:

$$PР = (3x)^3(2x)^2$$

Найдем x :

$$x^5 = PР/27/4$$

$$x = 3.92 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$$

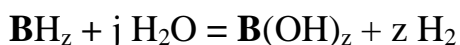
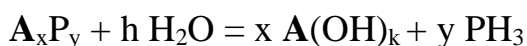
Для расчета растворимости в мг/л умножим полученный результат на молярную массу соли $3.92 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л} \cdot 0.310 \text{ мг/моль} = 1.2 \text{ мг/л}$

4. Имеется эквимольная смесь фосфида металла А и гидрида металла В. Масса фосфида в 3.35 раз превышает массу гидрида. При гидролизе данной смеси образуется газовая смесь с плотностью по углекислому газу 0.53. Чему равна сумма атомных масс металлов А и В?

Ответ: 63

Пусть формула фосфида A_xP_y , а гидрида — BH_z .

Запишем схемы реакций гидролиза:



Найдем среднюю молярную массу смеси полученных газов (водорода и фосфина):

$$M_{ср} = D_{CO_2} M(CO_2) = 23.32 \text{ г/моль}$$

Пусть мольная доля водорода в смеси составляет i . Тогда:

$$iM(H_2) + (1 - i)M(PH_3) = M_{ср}$$

$$2i + 34(1 - i) = 23.32$$

$$i = 0.33$$

Это значит, что количества водорода и фосфина относятся как $1 : 2 = z : y$. Так как z — индекс в формуле гидрида металла, разумно принять его за 1. Тогда $z = 1, y = 2$. Тогда формулы веществ: BH, A_2P_3 .

По условию смесь веществ эквимольная, а значит раз массы веществ относятся как 1:3.35, то и их молярные массы относятся так же.

$$(3M(A) + 31 \cdot 2)/(M(B) + 1) = 3.35$$

Отсюда:



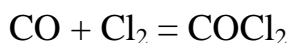
$$M(A) = (3.35(M(B) + 1) - 62)/3$$

Перебираем одновалентные металлы, которые могут быть использованы в качестве В. Ищем разумное значение молярной массы А (необходимо, чтобы А был двухвалентным). Находим $M(A) = 24$ г/моль (магний) при $M(B) = 39$ г/моль (калий). Сумма 63 г/моль.

5. Угарный газ реагирует с хлором с образованием фосгена. Какая часть угарного газа связалась с хлором в условиях равновесия (округление до сотых), если для реакции был взят двукратный избыток хлора, а константа равновесия, выраженная через мольные доли веществ, составила 5.4?

Ответ: 0.75

Запишем уравнение реакции:



Пусть изначально было 1 моль CO и 2 моль Cl₂. При равновесии образовалось x моль фосгена. Тогда количества CO и хлора при равновесии (1 - x) и (2 - x) моль, соответственно. Общее количество веществ при равновесии $x + (1 - x) + (2 - x) = 3 - x$ моль. Тогда мольные доли CO, хлора и фосгена равны $(1 - x)/(3 - x)$, $(2 - x)/(3 - x)$, $x/(3 - x)$, соответственно. Запишем константу равновесия через мольные доли:

$$K = \frac{x/(3 - x)}{(1 - x)/(3 - x) \cdot (2 - x)/(3 - x)}$$

Преобразуем выражение и решим полученное квадратное уравнение:

$$x^2 - x(3K + 3)/(K + 1) + 2K/(K + 1) = 0$$

$$x^2 - 3x + 1.6875 = 0$$

$$x_1 = 0.75; \quad x_2 = 2.25$$

Второй корень не подходит, так как тогда концентрации в равновесных условиях окажутся отрицательными. Значит, в реакцию вступило 0.75 моль CO. Так как мы полагали, что изначально его 1 моль, степень расходования составила 0.75.

6. Приведите формулу оксида серы с атомной долей кислорода 66.7%

Ответ: SO₂

Обратите внимание: в условии дана атомная, а не массовая доля. Это значит, что количества атомов серы и кислорода в искомой молекуле относятся как $33.3 : 66.7 = 1 : 2$. А значит это оксид SO₂



7. Каких атомов — азота или меди — больше в земной коре и во сколько раз? Массовые доли азота и меди в земной коре примерно равны между собой и составляют 0.01%. Приведите отношение количеств атомов азота к количеству атомов меди с точностью до десятых.

Ответ: 4.5

Количество атомов связано с массой через молярную массу:

$$N = N_A m / M$$

Тогда отношение количеств атомов:

$$N(\text{N})/N(\text{Cu}) = (N_A m(\text{N})/M(\text{N})) / (N_A m(\text{Cu})/M(\text{Cu}))$$

Массовые доли рассматриваемых элементов совпадают, а значит совпадают и их массы. Тогда:

$$N(\text{N})/N(\text{Cu}) = M(\text{Cu})/M(\text{N}) = 4.5$$

Ответ 4.6 также считался правильным