

9 класс

9-1. Как известно, при разложении твердых веществ могут образоваться продукты в различном агрегатном состоянии. Возможны следующие варианты:

- А) два твердых;
- Б) два газообразных;
- В) газообразный и твердый;
- Г) газообразный и жидкий;
- Д) жидкий и твердый.

Приведите по два примера, иллюстрирующих каждый из указанных вариантов. Напишите соответствующие уравнения реакций.

Решение:

- А) $4\text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{Na}_2\text{S} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$; $\text{KClO}_3 = \text{KCl} + \text{KClO}_4$ (без кат.).
- Б) $\text{NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_3 \uparrow + \text{HCl} \uparrow$; $2\text{N}_2\text{O}_5 = 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$.
- В) $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$; $\text{Ag}_2\text{O} = 2\text{Ag} + \text{O}_2 \uparrow$.
- Г) $2\text{HgO} = 2\text{Hg} + \text{O}_2 \uparrow$; $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$.
- Д) $\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$; $2\text{Na}_2\text{HPO}_4 = \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$.

Рекомендации к оценке:

Уравнения реакций (по 1,0 б) – 10 баллов

Итого – 10 баллов

9-2. Неприятно пахнущий газ А имеет молярную массу больше средней молярной массы воздуха. 112 мл (н.у.) этого газа сожгли в избытке кислорода в присутствии оксида ванадия (V). Продукты сгорания с оставшимся кислородом пропустили в 100 мл воды. К полученному раствору прибавили 100 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0,1 моль/л до нейтральной реакции по лакмусу. После выпаривания раствора и выдерживания полученного твёрдого остатка при температуре 140 °С получили безводное вещество Б с массовой долей натрия 32,4%. При нагревании вещества Б до 600 К, получается соль В с массовой долей натрия 34,6 %.

а) Определите вещества А и Б.

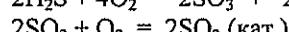
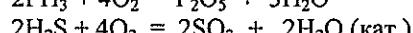
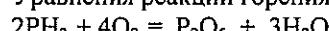
б) Какова формула соли В?

в) Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

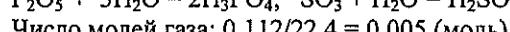
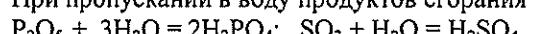
Решение:

Неприятно пахнущие газы, продукты сгорания которых растворяются в воде с образованием кислоты – сероводород (H_2S), оксид серы(IV) (SO_2) и фосфин (PH_3).

Уравнения реакций горения в кислороде:



При пропускании в воду продуктов сгорания образуются:

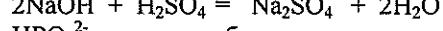


Число молей газа: $0,112/22,4 = 0,005$ (моль)

Число молей щелочи: $0,1 * 0,1 = 0,01$ (моль)

Соотношение числа молей кислоты и щелочи 1:2

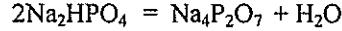
Уравнения реакций нейтрализации:



HPO_4^{2-} – очень слабая кислота, поэтому раствор гидрофосфата натрия имеет почти нейтральную (слабощелочную) реакцию.

Массовые доли натрия в гидрофосфате и сульфате одинаковы: $46/142 = 0,324$.

Однако при нагревании до 600 К сульфат натрия устойчив, а гидрофосфат разлагается с образованием дифосфата натрия:



Массовая доля натрия в дифосфате: $92/266 = 0,346$.

Единственное решение: А - PH_3 ; Б - Na_2HPO_4 ; В - $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

Рекомендации к оценке:

Вещество А – 2 балла

Вещество Б – 2 балла

Вещество В – 2 балла

Уравнения реакций (по 0,5 б) – 4 балла

Итого – 10 баллов

9-3. Ниже приведены продукты взаимодействия двух веществ:

- а) $\rightarrow \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{KCl}$; е) $\rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$;
- б) $\rightarrow \text{I}_2 + \text{KNO}_2$; ж) $\rightarrow \text{SO}_2 + \text{N}_2$;
- в) $\rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$; з) $\rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
- г) $\rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$; и) $\rightarrow \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{S} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$;



Напишите уравнения соответствующих реакций, учитывая, что продукты реакций приведены без стехиометрических коэффициентов.

Решение

- a) $2K_4[Fe(CN)_6] + Cl_2 = 2K_3[Fe(CN)_6] + 2KCl;$
- б) $2KI + 2NO_2 = I_2 + 2KNO_2;$
- в) $3Na_2SO_3 + 2HNO_3 = 3Na_2SO_4 + 2NO + H_2O;$
- г) $4FeS + 7O_2 = 2Fe_2O_3 + 4SO_2;$
- д) $2Cu(NO_3)_2 + 4KI = 2CuI + I_2 + 4KNO_3;$
- е) $2Na_2O_2 + 2CO_2 = 2Na_2CO_3 + O_2;$
- ж) $2S + 2NO_2 = 2SO_2 + N_2;$
- з) $4H_2O_2 + H_2S = H_2SO_4 + 4H_2O;$
- и) $3MnS + 8HNO_3 = 3Mn(NO_3)_2 + 3S + 2NO + 4H_2O;$
- к) $3H_2SeO_3 + HClO_3 = 3H_2SeO_4 + HCl.$

Рекомендации к оценке:

Уравнения реакций (по 1 б) – 10 баллов

Итого – 10 баллов

9-4. Относительная молекулярная масса галогенида металла в 2,794 раза больше относительной молекулярной массы другого галогенида этого же металла. Разность относительных атомных масс галогенов, входящих в состав галогенидов равна 61.

А) Установите формулы галогенидов, если известно, что валентность металла в обоих галогенидах одинакова.

Б) Какие химические свойства характерны для этих галогенидов? Приведите не менее четырёх уравнений реакций, подтверждающих Ваше заключение.

Решение

Учитывая разности относительных атомных масс галогенов, методом подбора находим, какие галогены могут входить в состав галогенидов:

Cl и F: $35,5 - 19 = 16,5$; Br и F: $80 - 19 = 61$; I и F: $127 - 19 = 108$;

Br и Cl: $80 - 35,5 = 44,5$; I и Cl: $127 - 35,5 = 91,5$; I и Br: $127 - 80 = 47$.

Таким образом, условию задачи удовлетворяют Br и F.

А – относительная атомная масса металла. Тогда, согласно условию задачи:

$(A + 80x):(A + 19x) = 2,794$, где x – валентность металла.

Решая это уравнение, находим $A = 15x$.

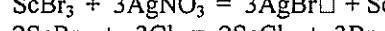
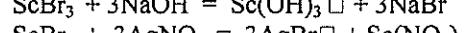
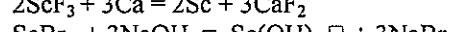
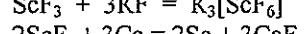
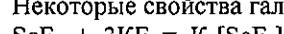
Подставляя численные значения валентности, находим относительную атомную массу металла:

$x = 1, A = 15; x = 2, A = 30; x = 3, A = 45; x = 4, A = 60; x = 5, A = 75; x = 6, A = 90; x = 7, A = 105; x = 8, A = 120.$

Из найденных величин относительной атомной массе металла соответствует только одна – 45, искомый металл – скандий.

Формулы галогенидов: ScF_3 и $ScBr_3$.

Некоторые свойства галогенидов скандия:



Рекомендации к оценке:

Нахождение галогенов – 2 балла

Нахождение галогенидов – 4 балла

Уравнения реакций – 4 балла

Итого – 10 баллов

9-5. Нерастворимая в воде соль реагирует с раствором другой соли с образованием только растворимых продуктов.

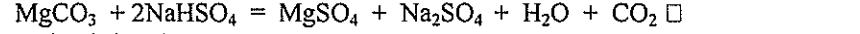
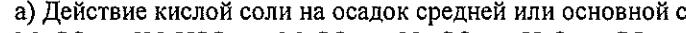
Приведите примеры химических реакций разного типа, отвечающих данному условию.

Решение:

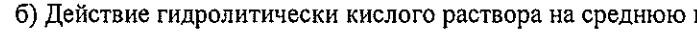
Переход нерастворимой соли в растворимые соединения может происходить в следующих случаях:

1) Кислотно-основные взаимодействия.

а) Действие кислой соли на осадок средней или основной соли:

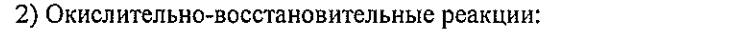


б) Действие гидролитически кислого раствора на среднюю или основную соль.



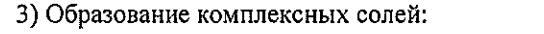
Аналогично будет протекать реакция с основной солью. Раствор хлорида алюминия надо взять в большом избытке, чтобы избежать выпадения осадка основного хлорида алюминия.

2) Окислительно-восстановительные реакции:



(Реакция применяется для извлечения меди из бедных руд, проводится в гидротермальных условиях)

3) Образование комплексных солей:



(Используется для фиксирования в фотографическом процессе.)

Рекомендации к оценке:

За кислотно-основное взаимодействие (по 2 б за каждый тип) – 4 балла

За окислительно-восстановительные реакции – 3 балла

За комплексообразование – 3 балла

Итого – 10 баллов

9-6. К 150 г водного раствора хромата калия с массовой долей 9,7 % добавили некоторую массу оксида хрома (VI). При этом массовая доля хромата калия в растворе уменьшилась до 6,36 %. Раствор выпарили и остаток прокалили. Каков состав (в массовых долях) твердого остатка после прокаливания?

Решение

Число молей хромата калия в исходном растворе: $(150 \cdot 0,097) : 194 = 0,075$ моль.

При добавлении оксида хрома (VI) протекает реакция: $K_2CrO_4 + CrO_3 = K_2Cr_2O_7$ (1)

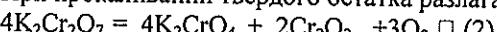
Пусть добавили x моль оксида хрома (VI). Тогда после реакции в растворе будут находиться: $(0,075 - x)$ моль K_2CrO_4 и x моль $K_2Cr_2O_7$ (см. уравнение 1).

По условию в конечном растворе $W(K_2CrO_4) = (0,075 - x) \cdot 194 / (150 + 100x) = 0,0636$.

Решая это уравнение, находим $x = 0,025$ (моль). Значит в конечном растворе имеется:

0,05 моль хромата и 0,025 моль дихромата.

При прокаливании твердого остатка разлагается только дихромат:



Твердый остаток состоит из K_2CrO_4 и Cr_2O_3 (см. уравнение 2).

Число молей K_2CrO_4 : $(0,05 + 0,025)$ моль.

Число молей Cr_2O_3 : 0,0125 (моль).

Масса твердого остатка: $0,075 \cdot 194 + 0,0125 \cdot 152 = 16,45$ г

$W(K_2CrO_4) = 14,55 / 16,45 = 0,8845$ или 88,45%.

$W(Cr_2O_3) = 1,9 / 16,45 = 0,1155$ или 11,55%.

Рекомендации к оценке:

Уравнения реакций (1 и 2) по 2 б – 4 балла

Состав конечного раствора – 2 балла

Состав твердого остатка – 3 балла

Расчет массовых долей – 1 балл

Итого – 10 баллов

9-7. В электролизер с платиновыми электродами поместили 250 мл водного раствора сульфата меди (II) с концентрацией 0,8 моль/л и плотностью 1,14 г/мл и пропустили ток силой 7,236 А в течение 20 часов. После окончания электролиза к раствору добавили 100 г 16%-ного раствора гидроксида натрия. Раствор охладили до 7 °C, после чего выпали бесцветные кристаллы.

А) Напишите уравнения описанных в задаче реакций. Какое вещество выпало в осадок?

Б) Какова масса выпавшего осадка, если известно, что в насыщенном при этой температуре растворе может содержаться 7,1% растворенного вещества?

Примечания: а) считать, что все процессы идут количественно, а образующиеся при электролизе газы полностью удаляются из электролизера; б) заряд одного моль электронов равен –96485 Кл.

Решение

1) При электролизе водного раствора сульфата меди (II) могут протекать два процесса:



$2H_2O = 2H_2 + O_2$ (2), если полностью разложится $CuSO_4$.

Общее количество пропущенного электричества: $7,236 \cdot 20 = 144,72$ (А-час) или 520992 (Кл), что соответствует $520992 / 96485 = 5,4$ моль-эквивалентов любого вещества, выделившегося на электродах.

2) Находим массу раствора после электролиза.

а) исходная масса раствора сульфата меди (II): $250 \cdot 1,14 = 285$ (г).

б) число молей $CuSO_4$: $0,8 \cdot 0,25 = 0,2$ (моль), что составляет 0,4 моль-экв. Значит весь сульфат меди подвергся электролизу, и начался электролиз воды (см. уравнение 2).

в) по уравнению 1 находим массу выделившихся веществ из раствора:

2 моль $CuSO_4$ выделяют $(128 + 32)$ г меди и кислорода

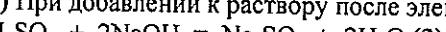
0,2 моль « « 16 г « «

г) число моль-экв. разложившейся воды: $5,4 - 0,4 = 5$ (моль-экв.), что составляет $9 \cdot 5 = 45$ (г).

д) масса раствора после электролиза: $285 - 16 - 45 = 224$ (г).

е) в этом растворе образовалось 0,2 моль H_2SO_4 (см. уравнение 1).

3) При добавлении к раствору после электролиза раствора $NaOH$ идет реакция:



Число молей прилитого $NaOH$: $(100 \cdot 0,16) : 40 = 0,4$ (моль).

Масса образовавшегося Na_2SO_4 : $0,2 \cdot 142 = 28,4$ (г) (см. уравнение 3).

Масса образовавшегося раствора: $224 + 100 = 324$ (г).

Сульфат натрия кристаллизуется в виде $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$

Пусть выпало x (г) кристаллогидрата. Тогда масса оставшегося раствора равна $(324 - x)$ (г), а масса сульфата натрия в нём $0,071(324 - x)$ (г).

С другой стороны, масса Na_2SO_4 , оставшегося в растворе, равна $142 \cdot (0,2 - x/322)$.

$0,071 \cdot (324 - x) = 142 \cdot (0,2 - x/322)$

$x = 14,58$ (г)

Рекомендации к оценке:

Уравнения реакций по 1 б – 3 балла

Масса раствора после электролиза – 4 балла

Состав и масса выпавшего осадка – 3 балла

Итого – 10 баллов