

9 класс

1. Иодид меди (+1) взаимодействует с перманганатом калия в сернокислой среде. Напишите продукты взаимодействия, расставьте коэффициенты. (5 баллов)

Решение:

$10\text{CuI} + 4\text{KMnO}_4 + 16\text{H}_2\text{SO}_4 = 10\text{CuSO}_4 + 4\text{MnSO}_4 + 5\text{I}_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 16\text{H}_2\text{O}$ (5 баллов); Ошибка в коэффициентах 4 балла; Указаны только продукты 2 балла.

2. Напишите формулы пяти соединений, содержащих суммарно 28 протонов. (5 баллов)

Решение:

Задание решается простым перебором. Легче всего рассматривать двухатомные соединения, в таком случае первая химически разумная формула будет CaO . Далее можно уменьшать номер одного элемента и увеличивать другого: KF , NaCl , MgS , AlP . Примером многоатомной молекулы может быть C_4H_4 (пропин), KOH , NH_4Cl . (Каждый верный пример по 1 баллу)

3. Для приготовления растворов можно использовать как безводные вещества, например, сульфат лития Li_2SO_4 или нитрат натрия NaNO_3 , так и их кристаллогидраты, например, гептагидрат сульфата магния $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ или тригидрат ацетата свинца $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

а) Какие тривиальные названия имеют указанные кристаллогидраты?

б) Какое количество воды (в молях) содержится в 600 г раствора сульфата магния с массовой долей MgSO_4 1,5 %?

в) Какую массу сульфата лития необходимо растворить в 240 мл воды, чтобы получить 5 %-ный (по массе) раствор Li_2SO_4 ?

г) Чему равна массовая доля нитрата натрия в растворе, полученном смешиванием 100 г 35 %-ного (по массе) раствора и 150 г 5 %-ного (по массе) раствора NaNO_3 ?

д) Какую массу 10 %-ного (по массе) раствора сульфата лития необходимо прибавить к 1 кг 37 %-ного (по массе) раствора Li_2SO_4 , чтобы получить 18 %-ный (по массе) раствор?

е) Раствор с какой массовой долей получится, если в 100 г раствора ацетата свинца с массовой долей 8,0 % растворить тригидрат ацетата свинца массой 6 г?

ж) Рассчитайте, какую массу гептагидрата сульфата магния необходимо растворить в 170 мл воды, чтобы получить раствор с массовой долей MgSO_4 4,3 %.

(20 баллов)

Решение:

а) Гептагидрат сульфата магния – английская соль или горькая соль или магнезия или горькозем или эпсомская соль (1 балл за любое из названий и за любое сочетание нескольких названий); тригидрат ацетата свинца – свинцовый сахар (1 балл).

б) $m(\text{MgSO}_4) = \frac{1,5 \cdot 600}{100} = 9$ г; $m(\text{H}_2\text{O}) = 591$ г; $n(\text{H}_2\text{O}) = 32,8$ моль (2 балла)

в) $5 = \frac{x}{240+x} \cdot 100$; $x = 12,6$ г (2 балла)

г) $\omega = \frac{100 \cdot 0,35 + 150 \cdot 0,05}{100+150} \cdot 100 = 17\%$ (3 балла)

д) $18 = \frac{1000 \cdot 0,37 + 0,1 \cdot x}{1000+x} \cdot 100$; $x = 2375$ г = 2,38 кг (3 балла любой ответ)

е) $\omega = \frac{100 \cdot 0,6 + 6 \cdot \frac{325}{379}}{100+6} \cdot 100 = 12,4\%$ (4 балла)

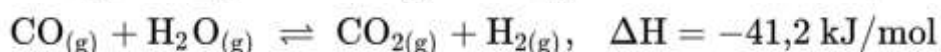
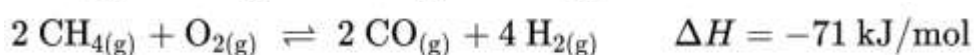
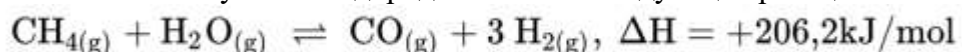
ж) $4,3 = \frac{m \cdot \frac{120}{246}}{170+m} \cdot 100$; $m = 16,4$ г (4 балла)

4. В 100 г воды полностью растворили $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ и пропустили через раствор избыток углекислого газа. В результате выпало 10,5 г осадка. Вычислите массу исходной соли (ответ округлите до десятых), если растворимость выпавшего осадка – 9,6 г/100 мл. Растворимостью газов пренебречь, плотность воды считать равной 1 г/мл. Конечную смесь кипятили с обратным холодильником, при этом осадок растворился и не выпал при охлаждении. Какой процесс произошел? Рассчитайте массовую долю конечного раствора. (20 баллов)

Решение:

При растворении $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (метабисульфит или пиросульфит натрия) происходит его гидролиз по уравнению: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHSO}_3$ (**2 балла**). Пропускание углекислого газа через раствор приводит к образованию угольной кислоты, вытесняющей сернистую из её соли, причем последняя тут же разлагается. Суммарное уравнение: $\text{NaHSO}_3 + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3 + \text{SO}_2$ (**2 балла**). Средний карбонат в избытке кислотных оксидов образовываться не будет. Образование осадка происходит в результате пересыщения раствора гидрокарбонатом натрия, тогда общее его количество можно получить при суммировании растворенной и нерастворенной части. Для нахождения количества растворенного NaHCO_3 необходимо вычислить количество воды в конце реакций, оно уменьшилось в результате взаимодействия с пиросульфитом (**2 балла**). Обозначим массу исходной соли за x , тогда масса прореагировавшей воды $18x/190$ г (**2 балла**). Масса растворенного гидрокарбоната равна $9,6(1 - 0,000947x)$ г (**1 балл**), тогда суммарная его масса составляет $(20,1 - 0,00909x)$ г (**2 балла**). Количество гидрокарбоната в два раза больше пиросульфита (по стехиометрии), тогда получим конечное уравнение $x = 190(20,1 - 0,00909x)/(2 \cdot 84)$ (**2 балла**). Масса исходной соли $22,5$ г (**2 балла**). При кипячении раствора гидрокарбоната происходит его разложение с образованием карбоната: $2 \text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (**2 балла**). Обратный холодильник позволяет улетать углекислому газу, но задерживает воду, поэтому объем воды в конце составит опять 100 мл (**1 балл**). Количество вещества карбоната соответствует начальному количеству пиросульфита, тогда масса карбоната равна $22,5 \cdot 106/190 = 12,55$ г, а его массовая доля $11,2\%$ (**2 балла**).

5. Технологическая схема получения водорода включает следующие реакции:



Примем, что тепло экзотермических стадий используется со средней эффективностью 70% , тепловой баланс для поддержания стационарности процесса должен быть нулевым, а единственным побочным продуктом должен быть углекислый газ. Рассчитайте полный расход метана и выделение углекислого газа в кг на 1 кг водорода. (**20 баллов**)

Решение:

Для решения задачи необходимо вычислить баланс процессов, входящих в схему получения водорода. Для того, чтобы единственным побочным продуктом был углекислый газ, надо весь CO из реакций (1) и (2) конвертировать по реакции (3), или по-другому, производительность третьего процесса в моль/с должна равняться сумме производительности первого и удвоенного второго (**3 балла**). Для теплового баланса мы должны приравнять затраты энергии по реакции (1) к сумме выделяющейся энергии реакций (2) и (3), домноженной на $0,7$ (**3 балла**). Возьмем некоторый интервал времени, за который потрагился 1 моль кислорода и рассчитаем, какие количества других реагентов при этом израсходуются. Для этого обозначим коэффициенты при CO в первой и третьей реакции за x и y соответственно. Тогда можно составить систему:

$$\begin{cases} y = x + 2 \\ 206,2x = 0,7(71 + 41,2y) \end{cases}, \text{ решая которую получаем } \begin{cases} x = 0,6 \\ y = 2,6 \end{cases} \text{ (6 баллов).}$$

Суммарное уравнение всей технологической схемы можно получить, просуммировав все уравнения с учетом найденных коэффициентов: $2,6 \text{CH}_4 + 3,2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 2,6 \text{CO}_2 + 9,6 \text{H}_2$ (**3 балла**). Отсюда выразим относительные массы метана и углекислого газа:

$$m(\text{CH}_4) = (1 \cdot 2,6 \cdot 16) : (9,6 \cdot 2) = 2,17 \text{ (кг)} \quad m(\text{CO}_2) = (1 \cdot 2,6 \cdot 44) : (9,6 \cdot 2) = 5,96 \text{ (кг)} \text{ (по 2,5 балла).}$$

6. Вещество **А** может быть получено из $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$, к раствору которого приливают раствор соды и через смесь пропускают газообразный хлор. Вещество **А** при нагревании разлагается на оксид **Б** и газ **В**. Вещество **А** реагирует с оксидом серы (+4) с образованием соединения **Г**. Вещество **А** нерастворимо в воде и кислотах, но растворяется в смеси азотной кислоты и нитрита калия. При нагревании **А** с концентрированной серной кислотой образуется соединение **Д** и газ **В**, с концентрированной соляной кислотой – соединение **Е** и хлор. При нагревании **А** с азотнокислым раствором нитрата марганца (+2) жидкость окрашивается в фиолетовый цвет из-за образования

соединения **Ж**. Установите формулы веществ **А–Ж** и назовите их. Напишите уравнения реакций. **(30 баллов)**

Решение:

Формула **1 балл**, название **1 балл**. А – PbO_2 оксид свинца (+4); Б – PbO оксид свинца (+2); В – O_2 кислород; Г – PbSO_4 сульфат свинца (+2); Д – PbSO_4 сульфат свинца (+2); Е – PbCl_2 хлорид свинца (+2); Ж – HMnO_4 марганцевая кислота (можно перманганат). – **14 баллов**

