

8 класс

1. В формульной единице кристаллогидрата нитрата меди каждый 2 атом – атом кислорода. Установите состав кристаллогидрата. Определите массовую долю воды в кристаллогидрате. (5 баллов)

Решение:

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – 2 балла. $\omega = \frac{3 \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\% = 22,31\%$ – 3 балла. Всего 5 баллов.

2. Массовая доля кислорода в оксиде составляет 47%, определите этот оксид. (5 баллов)

Решение:

Любой оксид можно представить в виде $\text{Э}_x\text{O}_y$, тогда можно составить отношение $x:y = (53/\text{A}_\text{Э}):(47/16)$, из чего вытекает, что $\text{A}_\text{Э} = 18y/x$ (2 балла). Примем x за 2 (самая распространенная степень окисления кислорода), тогда уравнение упростится до $\text{A}_\text{Э} = 9y$, при этом y должен соответствовать степени окисления неизвестного элемента. При $y = 3$ получаем $\text{A}_\text{Э} = 27$, что хорошо сходится с алюминием. Остальные значения дают либо неподходящие атомные массы, либо несоответствующие валентности. Ответ: Al_2O_3 (3 балла). (За формулу без рассуждения ставилось 3 балла)

3. В составе вещества А есть только азот и водород. При нагревании 3,2 г вещества А разложение протекает без образования твердого остатка. При пропускании полученной газовой смеси через серную кислоту объем уменьшается в 2 раза. Неабсорбированный газ, представляющий собой смесь водорода и азота, при н. у. занимает объем 2,24 л и имеет плотность 0,670 г/л. Определите химическую формулу соединения А. (20 баллов)

Решение:

Масса и молярная масса газовой смеси $m(\text{смеси}) = 2,24 \cdot 0,67 = 1,5$ г; $M(\text{смеси}) = 22,4 \cdot 0,67 = 15$ г/моль (по 2 балла, всего 4 балла).

$M(\text{смеси}) = 28 \cdot x + 2 \cdot (1-x) = 15$, количество азота $n(\text{N}_2) = 0,5$ моль; $n(\text{H}_2) = 0,5$ моль (4 балла).

Кислота поглотила $m(\text{погл}) = 3,2 - 1,5 = 1,7$ г, $V(\text{погл}) = 2,24$ л, $V(\text{общий}) = 4,48$ л (4 балла).

$M(\text{погл}) = 22,4 \cdot (1,7/2,24) = 17$ г/моль, соответствует аммиаку (2 балла).

$n(\text{NH}_3) = 1$ моль. $n(\text{NH}_3):n(\text{N}_2):n(\text{H}_2) = 1:0,5:0,5 = 2:1:1$ (2 балла), следовательно $n(\text{N}):n(\text{H}) = 4:8 = 1:2$ (2 балла), исходное соединение гидразин N_2H_4 (2 балла). Всего 20 баллов.

4. Если нагреть кристаллы белого цвета (вещество А), то образуется газ (Б), который поддерживает горение, а также остается белый остаток (В). После растворения остатка в воде и добавления нитрата серебра образуется белый осадок (Г). Смесь вещества А и красного фосфора воспламеняется при трении с образованием В и Д. Определите формулы веществ А, Б, В, Г и Д. Рассчитайте массу вещества А, необходимую для получения газа Б в количестве, достаточном для полного сгорания 4,48 л сероводорода? Привести уравнения всех описанных реакций. (20 баллов)

Решение:

А – KClO_3 ; Б – O_2 ; В – KCl ; Г – AgCl ; Д – P_2O_5 (по 2 балла за формулу).

$2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$; (2 балла)

$\text{KCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl} \downarrow + \text{KNO}_3$; (2 балла)

$6\text{P} + 5\text{KClO}_3 = 3\text{P}_2\text{O}_5 + 5\text{KCl}$ (можно с образованием P_4O_{10}) (2 балла).

$2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$ (1 балл).

$n(\text{H}_2\text{S}) = 4,48/22,4 = 0,2$ моль; $n(\text{O}_2) = 0,3$ моль; $n(\text{KClO}_3) = 0,2$ моль (1 балл).

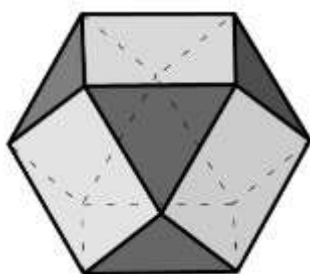
$m(\text{KClO}_3) = 0,2 \cdot 122,5 = 24,5$ г (2 балла). Всего 20 баллов.

5. 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, а из раствора выделялся газ с плотностью по водороду 32. 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. (20 баллов)

Решение:

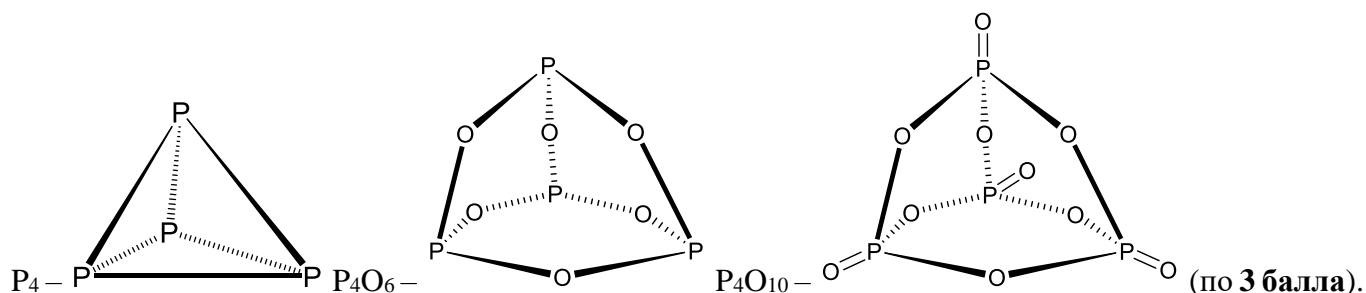
При растворении $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (метабисульфит или пиросульфит натрия) происходит его гидролиз по уравнению: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHSO}_3$ (**2 балла**). Пропускание углекислого газа через раствор приводит к образованию угольной кислоты, вытесняющей 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. Плотность по водороду выделяющегося газа – дополнительная подсказка о промежуточном образовании бисульфита. Образование осадка происходит в результате пересыщения раствора гидрокарбонатом натрия (**1 балл**), 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 (**3 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 $x = 190(20,1 - 0,00909x)/(2 \cdot 84)$ (**3 балла**). Ответ 22,5 г (**4 балла**).

б. Фосфор существует в нескольких аллотропных модификациях, одна из которых, белый фосфор, P_4 , состоит из молекул с тетраэдрической структурой. Нарисуйте структуру молекулы P_4 , показав все химические связи. Белый фосфор самовозгорается на воздухе с образованием смеси оксида фосфора (III) и оксида фосфора (V). Напишите уравнения этих реакций. Структура каждого оксида также основана на правильном тетраэдре. Атомы фосфора остаются в вершинах, но больше не связаны друг с другом, а соединены мостиковыми атомами кислорода. Оксид фосфора (V), кроме того, имеет дополнительный атом кислорода, связанный с каждым атомом фосфора в вершинах тетраэдра. Нарисуйте структуру оксидов фосфора.



Количественный метод определения содержания фосфатов в водном растворе включает добавление молибдата аммония, $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, с образованием осадка молибдофосфата аммония. Структура этого твердого вещества основана на кубооктаэдре (показан выше). Атомы молибдена лежат в каждой вершине кубооктаэдра, и они соединены друг с другом атомами кислорода по каждому ребру. Еще один атом кислорода присоединяется к каждой вершине. Фосфат при этом лежит во внутренней полости, координируясь каждым атомом кислорода сразу на три атома молибдена. Рассчитайте степень окисления молибдена в молибдате аммония. Учтите, что ни один атом не меняет свою степень окисления при образовании молибдофосфата аммония, рассчитайте общую формулу молибдофосфата аммония. (**30 баллов**)

Решение:



Реакции окисления: $\text{P}_4 + 3\text{O}_2 = \text{P}_4\text{O}_6$ или $\text{P}_4 + 3\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_3$; $\text{P}_4 + 5\text{O}_2 = \text{P}_4\text{O}_{10}$ или $\text{P}_4 + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$ (по **2 балла**). Степень окисления молибдена в молибдате: +6 (**2 балла**). В кубооктаэдре 12 вершин, значит атомов молибдена тоже 12 (**2 балла**), ребер – 24 (**2 балла**), значит кислородов 36 (ребра + вершины) (**2 балла**). В фосфате 4 кислорода, которые должны координироваться на 12 атомов молибдена, то есть внутри кубооктаэдра помещается один фосфат-ион. Таким образом, общая формула описанной частицы – $(\text{PO}_4)\text{Mo}_{12}\text{O}_{36}$ (**3 балла**). Рассчитаем её заряд, для этого просуммируем все степени окисления:

$$+5 + 4 \cdot (-2) + 12 \cdot (+6) + 36 \cdot (-2) = -3 \text{ (3 балла)}$$

Значит общая формула будет $(\text{NH}_4)_3(\text{PO}_4)\text{Mo}_{12}\text{O}_{36}$ или $(\text{NH}_4)_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ (**3 балла**).