

Химия 8 класс

1. 100 г 5 % спиртового раствора иода поместили в выпаривательную чашку и нагрели до полного испарения спирта. Какую масса иода обнаружили в чашке после окончания эксперимента?

ОТВЕТ: 0 г. Иод в условиях эксперимента переходит в газовую фазу.

(5 баллов)

2. Предельная допустимая концентрация (ПДК) аммиака в воздухе составляет $0,2 \text{ мг/м}^3$, а диоксида серы – $0,5 \text{ мг/м}^3$. Какой из газов является более токсичным? Вычислите отношение объемной доли аммиака к объемной доле диоксида серы при их содержании равном ПДК.

ОТВЕТ: Согласно закону Авогадро, равные количества вещества газов занимают равные объёмы, поэтому отношение объемных долей будет равно отношению количеств вещества: $\varphi(\text{NH}_3)/\varphi(\text{SO}_2) = (0,2:17)/(0,5:64) = 1,5$. Единицы измерения совпадают, поэтому переводить их необязательно. Как видно, у аммиака количество больше, значит диоксид серы является более токсичным.

(5 баллов)

3. Навеску кристаллической соды 1,287 г обработали соляной кислотой (избыток). При этом образовалось 100,8 мл газа (н.у.). Рассчитайте, какое количество молекул воды находится в одной молекуле кристаллогидрата. Приведите уравнение взаимодействия кристаллогидрата с хлороводородной кислотой.

ОТВЕТ: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 + (x+1)\text{H}_2\text{O}$ (**4 балла**); $n(\text{CO}_2) = 0.1008/22.4 = 0.0045$ моль (**2 балла**); $n(\text{соды}) = 0,0045$ моль, $M(\text{соды}) = 1,287/0,0045 = 286 \text{ г/моль}$ (**4 балла**); $106 + 18x = 286$, $x = 10$ (**5 баллов**); $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 + 11\text{H}_2\text{O}$ (**5 баллов**)

(20 баллов)

4. В лаборатории имеется раствор уксусной кислоты. Сотрудники лаборатории установили, что раствор имеет $\text{pH} = 2,42$, массовая доля кислоты в нем 5 %, плотность $1,005 \text{ г/см}^3$. Установите, как следует изменить концентрацию кислоты, чтобы ее степень диссоциации увеличилась в 10 раз.

РЕШЕНИЕ: Найдем молярную концентрацию кислоты $C = 10 \cdot \omega \cdot \rho / M = 10 \cdot 5 \cdot 1,005 / 60 = 0,8375 \text{ моль/л}$ (**4 балла**). $\text{pH} = 2,42$, значит $[\text{H}^+] = 3,83 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$ (**3 балла**). Степень диссоциации $\alpha = 3,83 \cdot 10^{-3} / 0,8375 = 4,57 \cdot 10^{-3}$ (0,457 %) (**3 балла**). Константа ионизации $K = \alpha^2 C / (1 - \alpha) = (10 \cdot \alpha)^2 C' / (1 - 10 \cdot \alpha)$, отсюда $C/C' = 100(1 - \alpha) / (1 - 10 \cdot \alpha) = 100 \cdot 0,99543 / (1 - 10 \cdot 0,00457) = 104$ (**6 баллов**). Ответ: концентрацию следует уменьшить в 104 раза (**4 балла**)

(20 баллов)

5. Первым синтетическим пигментом считается египетский синий. Его разработали ещё в четвертом тысячелетии до нашей эры. Долгое время рецепт его приготовления хранился в тайне и передавался от мастера к ученику, в результате чего был даже на время забыт в средние века. Современные методы химии позволяют определить состав без особого

труда. Его можно представить в виде смеси оксидов: SiO_2 (64% по массе), CuO (21% по массе) и CaO (15% по массе).

– Вычислите молярные соотношения компонентов пигмента и запишите его брутто-формулу. К какому классу неорганических соединений его можно отнести?

В качестве исходных компонентов для синтеза египетского синего могли выступать кварцевый песок (SiO_2), известняк (CaCO_3) и какой-либо минерал, содержащий медь, например азурит ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$). Их мелко дробили и тщательно перемешивали, формируя шихту для дальнейшего спекания.

– Напишите уравнение взаимодействия реагентов с получением египетского синего. Определите массовые доли компонентов шихты, учитывая, что дополнительно добавлялись вспомогательные вещества в количестве 10% от общей массы.

Добавками к шихте часто выступали поташ (K_2CO_3) или сода (Na_2CO_3). Они не мешали основной реакции, но помогали проводить спекание при более низкой температуре и сделать пигмент более механически прочным при недостатке меди.

– Почему в присутствии добавок можно было снизить температуру отжига? За счет какой реакции происходило упрочнение структуры пигмента?

ОТВЕТ: Для расчета состава обозначим пигмент как $(\text{CaO})_x(\text{CuO})_y(\text{SiO}_2)_z$, тогда можно рассчитать индексы, исходя из массовых долей: $x : y : z = (15/56) : (21/79,5) : (64/60) = 0,268 : 0,264 : 1,07 = 1 : 1 : 4$ (**4 балла**). Тогда брутто-формула пигмента – $\text{CaO} \cdot \text{CuO} \cdot 4\text{SiO}_2$ или $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ (**2 балла**). Это соединение можно отнести к сложным оксидам или двойным солям (**2 балла**). *Просто оксид – бинарное соединение по определению.* Уравнение взаимодействия реагентов: $12 \text{SiO}_2 + \text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2 + 3 \text{CaCO}_3 = 3 \text{CaCuSi}_4\text{O}_{10} + 5 \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (**5 баллов**). Для установления состава шихты просто предположим, что вещества взяли в количествах, равных стехиометрическим коэффициентам: $12 \cdot 60 = 240$ (г) SiO_2 ; $344,5$ г $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$; $3 \cdot 100 = 466,8$ (г) CaCO_3 . Суммарную массу поделим на 0,9, чтобы узнать общую массу шихты $1364,5 / 0,9 = 1516$ (г), и рассчитаем искомые массовые доли: 47,5% SiO_2 ; 22,7% $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$; 19,8% CaCO_3 (**4 балла**). Добавки снижают температуру плавления смеси, она лучше гомогенизируется, улучшается контакт компонентов (**3 балла**). Упрочнение структуры происходит за счет образования стекла, которое выступает аморфной матрицей, связывающей кристаллические фрагменты пигмента. Уравнение реакции образования стекла: $n\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 = \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot (\text{SiO}_2)_n + 2 \text{CO}_2$ (**5 баллов**).

(**25 баллов**)

6. Висмут, Bi , — очень интересный элемент. Он находится в VA подгруппе под двумя ядовитыми элементами: мышьяком и сурьмой, а в 6-м периоде сразу после токсичных ртути, таллия и свинца, и перед опасными радиоактивными элементами периодической таблицы. Тем не менее сам металлический висмут безопасен и использовался, например, как альтернатива свинцу в рыболовных грузилах или охотничьей дроби. При нагревании на воздухе до покраснения висмут сгорает синим пламенем, образуя оксид, содержащий 89,70% висмута.

– Приведите формулу этого оксида. Какова степень окисления висмута в этом оксиде? Какова максимальная степень окисления висмута?

Мало соединений могут окислить висмут до максимальной степени окисления. Даже хлор при реакции с ним не дает высший хлорид, а образует вещество, которое при гидролизе превращается в BiOCl , иногда называемый перламутровым белым. Его с древности использовали как белила для лица, и до сих пор добавляют в некоторые косметические средства. Это соединение удивительно нетоксично – в одном исследовании крысы, которым в течение 2 лет добавляли 5% BiOCl в пищу, не обнаружили никаких побочных эффектов!

– Приведите формулу устойчивого галогенида, в котором висмут находится в максимальной степени окисления. Какое соединение образуется при взаимодействии висмута с хлором? Изобразите форму этой молекулы и приведите значение валентного угла Cl-Bi-Cl в диапазоне 10° (например, $40^\circ\text{--}50^\circ$). Напишите уравнение реакции гидролиза хлорида висмута.

Известна история, как женщина, напудренная перламутровым белым, на курорте вошла в ванну с сероводородом и была шокирована, когда её макияж внезапно изменился с белого на чёрный.

– Приведите уравнение реакции, которая стала причиной этого курьезного случая.

ОТВЕТ: Рассчитаем формулу оксида Bi : $\text{O} = (89.7/209): (10.3/16) = 0.4292 : 0.6438 = 1:1,5 = 2:3$. Формула Bi_2O_3 (**5 баллов**). Степень окисления висмута +3 (**2 балла**). Максимальная степень окисления висмута +5 (**2 балла**), так как он находится в 5 группе. Высокая степень окисления будет устойчивой только если висмут соединяется с самыми электроотрицательными элементами, из галогенов это фтор, BiF_5 (**2 балла**). А при взаимодействии с хлором достигается только с.о. +3: $\text{Bi} + 3/2 \text{Cl}_2 = \text{BiCl}_3$ (**3 балла**). Форма молекулы трихлорида висмута пирамидальная, связи с хлором обеспечивают р-орбитали, но из-за отталкивания оболочек атомов хлора, угол между связями увеличивается и составляет 100° (**3 балла**). Уравнение реакции гидролиза: $\text{BiCl}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{BiOCl} + 2\text{HCl}$ (**3 балла**). Уравнение реакции перламутрового белого с сероводородом: $2 \text{BiOCl} + 3 \text{H}_2\text{S} = \text{Bi}_2\text{S}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{HCl}$ (**5 баллов**).

(**25 баллов**)