

Химия 9 класс

1. Предложите три разнотипных примера, когда при добавлении азотной кислоты к водному раствору соли образуется осадок, невзирая на то, что все нитраты растворимы. Для каждого примера приведите по одному уравнению реакции.

ОТВЕТ: Окисление соли $3K_2S + 8HNO_3 = 6KNO_3 + 3S + 2NO + 4H_2O$ (1,5 балла); разрушение комплексной соли $[Ag(NH_3)_2]Br + 2HNO_3 = AgBr + 2NH_4Br$ (1,5 балла); разложение соли неустойчивой кислоты $Na_2S_2O_3 + 2HNO_3 = 2NaNO_3 + SO_2 + S + H_2O$ (2 балла)

(5 баллов)

2. А и Б – оксиды одного и того же элемента, причём его степень окисления в оксиде А на 2 больше, чем в оксиде Б. Массовая доля элемента в оксиде Б больше его массовой доли в оксиде А в 1,291 раза. Определите этот элемент.

ОТВЕТ: в общем виде формулы А и Б будут выглядеть как $Э_2O_{x+2}$ и $Э_2O_x$ соответственно. Отношение массовых долей элемента будет выражаться как $(2A_Э + 16(x+2))/(2A_Э + 16x) = 1,291$. Преобразуем и выразим $A_Э$ через x : $2A_Э + 16x + 32 = 2,582A_Э + 20,656x$; $0,582A_Э = 32 - 4,656x$; $A_Э = 55 - 8x$. Осуществляем перебор: $x = 1$, $A_Э = 47$ (нет совпадений), $x = 2$, $A_Э = 39$ (К, подходит по формуле, не подходит по признаку переменной валентности), $x = 3$, $A_Э = 31$ (Р, подходит), $x = 4$, $A_Э = 23$ (Na, не подходит по валентности), $x = 5$, $A_Э = 15$ (нет совпадений), $x = 6$, $A_Э = 7$ (Li, не подходит по валентности). Элемент – фосфор (P_2O_3 и P_2O_5) (5 баллов). За ответ без перебора ставится 3 балла. За ответ без расчетов – 0 баллов.

(5 баллов)

3. Некоторое ядовитое соединение при комнатной температуре является газом с неприятным запахом. Плотность по водороду 27. Может самовоспламеняться на воздухе. При сгорании соединение образует пламя характерного зеленого цвета, один из продуктов горения – твердое вещество. Установите формулу данного соединения. Приведите его название. Напишите уравнение реакции взаимодействия соединения с кислородом.

ОТВЕТ: $M(в-ва) = 27 \cdot 2 = 54$ г/моль (3 балла); зеленый цвет пламени при сгорании и твердый продукт характерны для соединений бора, значит соединение относится к классу бороводородов (боранов) (8 баллов); М соответствует тетраборан (боробутан) B_4H_{10} (5 баллов); $2B_4H_{10} + 11O_2 = 4B_2O_3 + 10H_2O$ (4 балла)

(20 баллов)

4. Навеску оксида железа неизвестного состава массой 0,1 г растворили в хлороводородной кислоте. Железо в растворе восстановили до степени окисления +2. На реакцию с полученным раствором потребовалось 14,5 мл раствора дихромата калия с концентрацией 0,0149 моль/л. Какой оксид железа был взят? Ответ докажете расчетами. Приведите уравнения описанных реакций; реагент и условия, необходимые для восстановления железа, предложите самостоятельно.

ОТВЕТ: $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,0149 \cdot 0,0145 = 0,000216$ моль (2 балла); т.к. железо отдает 1 электрон, а дихромат принимает 6 электронов, то $n(\text{Fe}) = 0,000216 \cdot 6 = 0,00130$ моль (3 балла); $m(\text{Fe}) = 0,0013 \cdot 56 = 0,0726$ г (2 балла); $m(\text{O}) = 0,0272$ г, $n(\text{O}) = 0,0272/16 = 0,0017$ моль (2 балла); $0,0017:0,0013 = 4:3$; Fe_3O_4 (3 балла); $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + 2\text{FeCl}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$ (2 балла); $2\text{FeCl}_3 + \text{Zn}$ (в присутствии HCl) $= 2\text{FeCl}_2 + \text{ZnCl}_2$ (3 балла); $6\text{FeCl}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 14\text{HCl} = 6\text{FeCl}_3 + 2\text{CrCl}_3 + 2\text{KCl} + 7\text{H}_2\text{O}$ (3 балла)

(20 баллов)

5. Растворение вещества, как и химические процессы, сопровождается тепловым эффектом. При этом количество выделяющейся или поглощаемой энергии зависит от кристаллической формы соединения, и, в частности, отличается для кристаллогидратов различного состава. В таблице представлены теплоты растворения сульфата меди и его гидратов при одинаковых условиях. Основываясь на этих данных, можно определить неизвестное содержание воды в образце сульфата меди. Для этого растворение проводят в калориметре (термоизолированном сосуде с водой, внутри которого находится емкость для исследуемого процесса), а после установления теплового равновесия, измеряют разницу температур. Предварительно проводят эксперимент с эталонным веществом.

Вещество	CuSO_4	$\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Теплота растворения, Дж/г	389,67	217,88	71,23	-46,09

Почему отличаются теплоты растворения разных форм одной соли? Напишите формулу, по которой можно рассчитать теплоту растворения (Q), зная изменение температуры (Δt) в калориметре. Вам понадобятся дополнительные литературные и экспериментальные данные, укажите, какие. Какой параметр системы нельзя измерить напрямую, вследствие чего и нужен эксперимент с эталоном?

В ходе измерений было найдено, что при растворении 3 г NH_4Cl ($Q_{\text{раств}} = -284$ Дж/г) Δt составило $-0,60$ °С, а при растворении 3 г образца CuSO_4 в тех же условиях Δt составило $0,32$ °С. Вычислите теплоту растворения образца сульфата меди. Какие формы соли в нём присутствуют? Вычислите массовую долю воды в исследованном образце.

ОТВЕТ: теплота растворения складывается из теплоты, необходимой на разрушение кристаллической решетки (отрицательная) и теплоты сольватации образовавшихся ионов (положительная). Кристаллизационная вода уже входит в координационную сферу ионов (в нашем случае меди) и уменьшает теплоту сольватации. Таким образом, общая теплота растворения становится более отрицательной (3 балла). Теплота связана с изменением температуры через теплоемкость $Q = C \cdot \Delta t$. Теплоемкость всей системы складывается из теплоемкости самого калориметра, теплоемкости налитой в него воды и теплоемкости добавленных компонентов (в нашем случае соли). Последней величиной можно пренебречь в силу маленькой массы добавляемых соединений. Теплоемкость воды пропорциональна её массе. Таким образом, получаем уравнение $Q = (C_{\text{кал}} + C_{\text{воды}} \cdot m_{\text{воды}}) \cdot \Delta t$ (3 балла). Удельную теплоемкость воды находим в литературе, её массу можно измерить. Теплоемкость калориметра напрямую не измеряется, для её определения и нужен эксперимент с эталоном (3 балла). Одинаковые условия растворения эталона и определяемого образца означают, что теплоёмкость системы остается неизменной, значит отношение тепловых эффектов равно отношению изменений температур. $Q_{\text{раств}} : -284 = 0,32 : -0,60$ Откуда $Q_{\text{раств}}$ исследуемого образца получается равным $151,5$ Дж/г (3 балла).

Это значение лежит в интервале между теплотой растворения моногидрата и тригидрата (2 балла). Считая, что они не влияют друг на друга при растворении, и обозначив массовую долю тригидрата за x , можно вычислить его содержание по уравнению $217,88(1-x) + 71,23x = 151,5$, $x = 0,45$ (2 балла). Исходя из соотношения масс солей можно вычислить массовую долю воды в образце. $\omega_{\text{воды}}(\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 18/177,5 = 0,101$; $\omega_{\text{воды}}(\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 3 \cdot 18/213,5 = 0,253$; $\omega_{\text{воды}}(\text{в образце}) = 0,101 \cdot 0,55 + 0,253 \cdot 0,45 = 0,169 \approx 17\%$ (4 балла).

(20 баллов)

6. Перед вами первый вариант периодической таблицы Дмитрия Ивановича Менделеева, опубликованный в 1969 году. В отличие от наших современных таблиц, в этой версии группы элементов расположены в горизонтальных рядах, а элементы упорядочены по их атомным массам (принятым в то время).

Таблице предстояла ещё серьёзная эволюция, и в ней можно обнаружить ряд ошибок.

Одна ошибка – это масса элемента индия (In). Чтобы определить атомную массу индия, известное количество металла растворили в соляной кислоте, добавили раствор гидроксида натрия, а затем прокалили, получив тугоплавкий белый порошок.

Напишите устаревшее название подобных тугоплавких соединений (оно сохранилось в обозначении некоторых групп элементов). Приведите уравнения осуществленных в ходе анализа реакций.

Когда Менделеев создал свою первую таблицу, индий был только что открыт, и его химические свойства не были полностью изучены. Какую валентность ошибочно приписали индию, судя по приведенному атомному весу? Ответ обоснуйте расчетами.

Менделеев также неправильно поместил таллий (Tl) с щелочными металлами. Причиной тому было то, что таллий хоть и может образовывать соли в степени окисления +3, но гораздо более устойчивой является степень окисления +1. В связи с этим, например, добавление иодида калия к растворам Tl^{3+} не приводит к образованию иодида таллия(III), а сопровождается образованием желтого осадка и интенсивно окрашенного раствора. Приведите уравнение реакции нитрата таллия(III) с иодидом калия. Тем не менее, черно-коричневое соединение с формулой TlI_3 существует. Изобразите его структуру, укажите степени окисления атомов.

В современном виде в таблице Менделеева закончен 7 период, но ученые работают над новыми открытиями. А какой номер будет у следующего элемента, соответствующего благородному газу?

ОТВЕТ: Анализ металла проводился по следующим реакциям: $2\text{In} + 6\text{HCl} = 2\text{InCl}_3 + 3\text{H}_2$; $\text{InCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{In}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl}$; $2\text{In}(\text{OH})_3 = \text{In}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (3 уравнения по 3 балла).

Конечный продукт – тугоплавкий оксид, которые раньше называли землями (2 балла), отсюда названия щелочноземельных и редкоземельных элементов. Приведенный в таблице атомный вес индия – 75,6 г/моль. В этом случае в 1 г индия содержалось бы 0,0132 моль его атомов. Масса оксида получится та же самая, тогда молярная масса, приходящаяся на 1 моль индия в нем, будет равна $1,21/0,0132 = 91,5$ (г/моль). То есть на один атом индия приходится дополнительно $91,5 - 75,6 = 15,9$ (г/моль), соответствующие одному атому кислорода. Значит предполагавшаяся формула была InO , а индию приписывали валентность (II) (5 баллов). Реакция таллия(III) с иодидом сопровождается окислением последнего до молекулярного иода: $\text{Tl}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{KI} = \text{TlI} + \text{I}_2 + 3\text{KNO}_3$ или $\text{Tl}(\text{NO}_3)_3 + 4\text{KI} = \text{TlI} + \text{KI}_3 + 3\text{KNO}_3$ (5 баллов). Формуле TlI_3 соответствует трийодид таллия(I) со структурой $\text{Tl}^+ [\text{I}-\text{I}-\text{I}]^-$ (3 балла). Степень окисления +1 у таллия и $-1/3$ у иода

(1 балл). Заполнение электронной оболочки до следующего благородного газа примечательно тем, что должен будет заполняться новый тип орбитали – *g*-орбиталь, на которой может поместиться 18 электронов. Таким образом, номер будет равен $118 + 2 + 6 + 10 + 14 + 18 = 168$ (5 баллов). Если учтен только *f*-уровень (номер будет 150), выставляется 2 балла.

(30 баллов)