



Всероссийская химическая олимпиада
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»
2020-2021 учебный год. Заключительный этап

Решения задач для 8 класса с критериями

Задача 8.1

Пункт 1. Установим формулу соли А. Поскольку при добавлении хлорида бария к раствору этой соли выпадает осадок, а атомные массы всех элементов в А лежат в интервале от 15 до 36 а.е.м. остается не так много вариантов – силикат, фосфат, сульфат или сульфит, при этом катион металла, входящий в состав соли – Na, Mg или Al. Зная массовую долю металла легко установить соль. Запишем формулу в общем виде: $\text{Na}_x\text{ЭО}_y$, $\text{Mg}_x(\text{ЭО}_y)_2$ или $\text{Al}_x(\text{ЭО}_y)_3$ в случае алюминия.

$$\text{Для первого случая: } w(\text{Na}) = \frac{M(\text{Na}) * x}{M(\text{соли})} = \frac{23x}{23x + \text{Э} + 16y} = 0,3651$$

$x=1$ или 2, перебирая у находим молярную массу элемента. Решение получается в случае $y=3$: Na_2SO_3

Пункт 2. Теперь установим формулу антидота Х. Центральный элемент в А – сера, ее массовая доля 25,4% в сульфите натрия, следовательно, массовая доля серы в Х 40,5%. Тогда аналогично можно формулу Х:

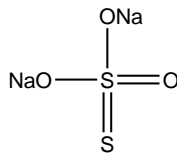
$$w(\text{S}) = \frac{M(\text{S})}{M(\text{соли})} = \frac{32 * x}{23} = 0,3651$$

При $x=2$ получаем формулу Х – $\text{Na}_2\text{S}_3\text{O}_3$, тиосульфат натрия.

Определим формулу кристаллогидрата Х₁. Количество вещества Y (серы): $4,16/32 = 0,13$ моль. По реакции 2 количество тиосульфата натрия такое же, так как Петя получил по массе больше, то излишек – это масса воды в кристаллогидрате, ее количество $11,7/18 = 0,65$ моль.

Отношение количеств тиосульфата натрия к воде составляет $0,13:0,65 = 1:5$, то есть формула Х₁ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 * 5\text{H}_2\text{O}$

Пункт 3. Структурная формула:



Пункт 4. Второй способ получения антидота Х – кипячение серы в растворе соли Б, с массовой долей натрия 33,3%. Легко определить, что это Б – нитрит натрия (Молярная масса этой соли 69 г/моль). Газ Z – веселящий газ N_2O .

Пункт 5. Применяется в качестве легкого анестезирующего веществ в медицине (другие газообразные соединения азота, которые могли бы выделяться в этой реакции, в медицине не применяются).

Пункт 6. При желании все формулы веществ можно подтвердить или определить с помощью приведённых массовых долей

К $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$

G NaSCN

D SO_2

F NaCN

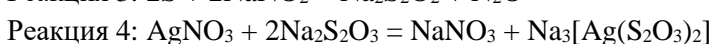
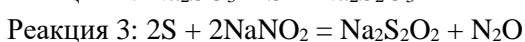
E HgS

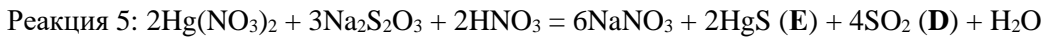
I Cl_2

H Fe

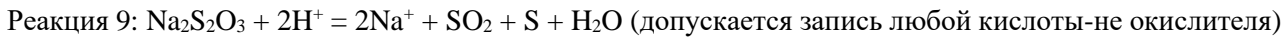
Пункт 7. Количество KI_3 : $0,02\text{л} * 0,1\text{М} = 0,002$ моль. По уравнению реакции 8, количество тиосульфата натрия в 2 раза больше, $0,004$ моль. Тогда его молярная концентрация $C_{\text{M}} = n/V = 0,004/0,01 = 0,4$ моль/л.

Пункт 8. Реакции:





Реакция 6: $\text{Fe}^{3+} + n\text{SCN}^- = [\text{Fe}(\text{SNC})_n]^{3-n}$, (любой вариант для $n = 3-6$, допускается запись этого уравнения в молекулярной форме).



Критерии

Установлены молекулярные формулы A, X, X₁ <i>Без расчета 1 балл за вещество</i>	3 × 2 = 6 баллов
Приведена структурная формула X	1 балл
Установлены молекулярные формулы B, Z	2 × 1 = 2 балла
Указано применение Z в медицине	1 балл
Установлены зашифрованные вещества K, D-I	7 × 2 = 14 баллов
Определена молярная концентрация раствора X	3 балла
Написаны уравнения реакций 1-9	9 × 2 = 18 баллов
Сумма: 45 баллов	

Задача 8.2

Решение легче всего начинать с определения вещества **IV**. Найдем количество вещества $n = V/V_m = 50/22,4 = 2,23$ моль. $M(\text{IV}) = m/n = 38/2,23 = 17$ г/моль. Так как по условию в состав входят 4 атома, а один из элементов - водород, то единственным подходящим вариантом остается **NH₃**. Далее вычислим на основании данных об относительной плотности веществ $M(\text{I})$, $M(\text{III})$, $M(\text{IX})$, $M(\text{V})$:

$$M(\text{I}) = D_{\text{IV}}(\text{I}) \cdot M(\text{IV}) = 4,94 \cdot 17 = 84 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{III}) = D_1(\text{III}) \cdot M(\text{I}) = 0,762 \cdot 84 = 64 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{IX}) = D_{\text{III}}(\text{IX}) \cdot M(\text{III}) = 0,656 \cdot 64 = 42 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{V}) = D_{\text{IX}}(\text{V}) \cdot M(\text{IX}) = 2,48 \cdot 42 = 104 \text{ г/моль}$$

I: в состав входит только один элемент с молекулярной массой 84 г/моль, значит формула **Kr**

III: в состав входит кислород, и молекула состоит из 3ех атомов, которые в сумме дают массу 64 г/моль, значит формула **SO₂**

IX: состоит из C и H, в сумме 9 атомов дают массу 42 г/моль. Из вариантов **CH₃₀**, **C₂H₁₈**, **C₃H₆**. Реальной молекулой, подходящей под описание, является только **C₃H₆**

V: **AB₄**, **A₂B₃** возможные формулы вещества **V**. Так как мы не знаем какой из элементов тяжелее, то составим 2 системы уравнений:

$$\begin{cases} |M(A) - M(B)| = 9 \\ M(A) + 4M(B) = 104 \end{cases}$$
$$\begin{cases} |M(A) - M(B)| = 9 \\ 2M(A) + 3M(B) = 104 \end{cases}$$

При раскрытии модуля получаются 4 системы с соответствующими решениями:

$$\begin{cases} M(A) - M(B) = 9 \\ M(A) + 4M(B) = 104 \end{cases} \quad M(A) = 28, M(B) = 19$$

$$\begin{cases} M(B) - M(A) = 9 \\ M(A) + 4M(B) = 104 \end{cases} \quad M(A) = 13,6, M(B) = 22,6$$

$$\begin{cases} M(A) - M(B) = 9 \\ 2M(A) + 3M(B) = 104 \end{cases} \quad M(A) = 26,2, M(B) = 17,2$$

$$\begin{cases} M(B) - M(A) = 9 \\ 2M(A) + 3M(B) = 104 \end{cases} \quad M(A) = 15,4, M(B) = 24,4$$

Таким образом, подходящий вариант **SiF₄**

Теперь перейдем к определению молекулярных масс **VI, VII, X**. Для этого решаем систему из 3ех уравнений:

$$\begin{cases} Mr(VI) + Mr(VII) = 438.5 \\ Mr(VII) + Mr(X) = 450 \text{ Таким образом, } Mr(VI)=208.5, Mr(VII)=230, Mr(X)=220 \\ Mr(X) + Mr(VI) = 428.5 \end{cases}$$

VI: Содержит фосфор, $Mr(VI)=208.5$, в сумме 6 атомов. Факты наводят на общую формулу $PnHal_5$, а молекулярная масса ограничивает нас вариантом PCl_5

VII: Оксид неизвестного неметалла с массой 230. Т.к. число атомов = 7, то речь идет об оксиде элемента из пятой группы. Ответ: As_2O_5

X: Оксид фосфора, включающий 10 атомов, значит формула P_4O_6

Далее определим оставшиеся 2 вещества **II** и **VIII**

$$Mr(II) = Mr(VIII) = \frac{Mr(VI) + Mr(VII) + Mr(X)}{23.5} = 28$$

II: Так как это оксид углерода, то подходит только CO

VIII: Водородное соединение неизвестного элемента **Y**, имеет массу **28** и включает **8** атомов. Можно составить несколько виртуальных формул H_2Y_6 , H_6Y_2 , H_3Y_5 , H_5Y_3 , HY_7 , H_7Y . Под описание подходит H_6Y_2 , $A_r(Y)=11$, тогда ответ B_2H_6

Пункт 1. Молекулярные формулы и массы зашифрованных веществ:

№	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Mr	84	28	64	17	104	208,5	230	28	42	220
Ф-ла	Kr	CO	SO₂	NH₃	SiF₄	PCl₅	As₂O₅	B₂H₆	C₃H₆	P₄O₆

Пункт 2. Реакции:

Реакция 1: $PCl_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HCl$

Реакция 2: $As_2O_5 + 3H_2O = 2H_3AsO_4$

Реакция 3: $B_2H_6 + 6H_2O = 2H_3BO_3 + 6H_2$

Критерии

Установлены молекулярные массы I-X	1 × 10 = 10 баллов
Установлены молекулярные формулы I-X	1 × 10 = 10 баллов
Написаны уравнения реакций 1-3	2 × 3 = 6 баллов
Сумма: 26 баллов	

Задача 8.3

Пункт 1. Рассчитаем массовую долю NaCl в растворе:

$$\omega(NaCl) = \frac{7,36г}{184г} = 0,04$$

По таблице плотностей определяем, что плотность раствора = **1,027 г/мл**

Пункт 2. Массовая доля соли одинакова для двух случаев:

$$\omega(\text{соли}) = \frac{11г}{100г + 11г} = 0,1$$

А вот объем конечных растворов разный:

$$V(NaCl) = \frac{m}{\rho} = \frac{111}{1.071} = 103.6 \text{ мл}$$

$$V(KNO_3) = \frac{m}{\rho} = \frac{111}{1.063} = 104.4 \text{ мл}$$

Пункт 3. Основываясь на данных взвешивания, $m(H_2O)=150.47г$, $m(KNO_3)=9.58г$, $m(p-ра1)=160,05г$.

$$\omega(\text{соли}) = \frac{9,58г}{160,05} = 0,06$$

Плотность раствора **1,036 г/мл**

Пункт 4. После упаривания масса соли осталась прежней, а вот масса раствора изменилась:

$$m(p-ра2) = 119,65 г$$

$$\omega(KNO_3) = \frac{9,58\text{г}}{119,65} = 0,08$$

Плотность раствора **1,049 г/мл**

Пункт 5. Так как плотность конечного раствора составляет 1,13 г/мл, то массовая доля соли = 20 %. Составим уравнение, обозначив массу добавленной соли за x :

$$\omega(KNO_3) = 0,2 = \frac{9,58\text{г} + x}{119,65 + x}$$

$x = 17,94$ г, а масса раствора = **137,6 г**

Пункт 6. Теперь обозначим за y массу добавленной воды.

$$m(\text{раствора})_{\text{стакан1}} = 137,6 + y$$

$$m(\text{раствора})_{\text{стакан2}} = (137,6 + y)/2 + 85$$

$$m(\text{раствора})_{\text{стакан3}} = (137,6 + y)/2 + 5$$

Зная, что $m(\text{раствора})_{\text{стакан2}} = 2m(\text{раствора})_{\text{стакан3}}$, составим уравнение:

$$\frac{137,6 + y}{2} + 85 = 2 * \left(\frac{137,6 + y}{2} + 5 \right)$$

$y = 12,4$ г масса добавленной воды

Пункт 7. $m(\text{соли})_{\text{стакан1}} = 17,94 + 9,58 = 27,5$ г,

После равного разлива по новым стаканам масса соли уменьшается вдвое:

$$m(\text{соли})_{\text{стакан1}}/2 = m(\text{соли})_{\text{стакан2}} = m(\text{соли})_{\text{стакан3}} = 13,75\text{г},$$

После добавления воды масса раствора в стакане 2 равна 160г: $m(\text{раствора})_{\text{стакан2}} = (137,6 + 12,4)/2 + 85 = 160\text{г}$.
Найдем массовую долю соли в стакане 2:

$$\omega(KNO_3)_{\text{ст. 2}} = \frac{13,75}{160} = 0,086$$

После добавления дополнительной порции соли масса раствора в стакане 3 равна 80г:
 $m(\text{раствора})_{\text{стакан3}} = (137,6 + 12,4)/2 + 5 = 80\text{г}$. Найдем массовую долю в стакане 3:

$$\omega(KNO_3)_{\text{ст. 3}} = \frac{13,75 + 5}{80} = 0,234$$

$$\omega(KNO_3)_{\text{ст. 3}} - \omega(KNO_3)_{\text{ст. 2}} = 0,234 - 0,086 = 0,148$$

Критерии

Определена плотность раствора NaCl	1 балл
Рассчитаны изменения объемов	2 × 1 = 2 балла
Определена плотность до упаривания	2 балла
Определена плотность после упаривания	2 балла
Рассчитана масса добавленной соли и получившегося раствора KNO ₃	7 баллов
Рассчитано, сколько воды добавили	6 баллов
Определена разница в массовых долях	5 баллов

Сумма: **25 баллов**