



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

Решения задач для 9 класса с критериями

Задача 9.1

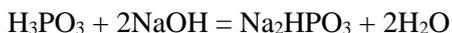
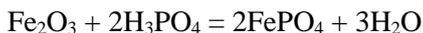
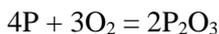
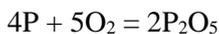
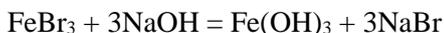
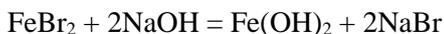
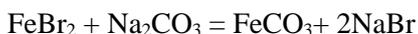
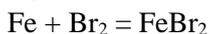
Пункт 1. Железо в водном растворе может находиться в двух степенях окисления: +2 и +3, соответственно, при реакции с бромом будут образовываться бромиды железа (II) и (III). В условии сказано, что мольная доля железа в **В** равна 25%. Таким образом, **А** – FeBr₂, **В** – FeBr₃.

Пункт 2. FeBr₂ при взаимодействии с карбонатом и гидроксидом натрия будет образовывать соответствующие соединения железа, **С** – FeCO₃, **Д** – Fe(OH)₂. Аналогично **Е** – Fe(OH)₃. При прокаливании гидроксида железа (III) могут образовываться различные соединения, но в условии сказано, что в реакциях степени окисления элементов не меняются, **Ф** – Fe₂O₃.

Пункт 3. Определим молярную массу **Х**, $M = m_0 \cdot N_a = 0.031 \text{ кг/моль} = 31 \text{ г/моль}$, это соответствует фосфору. **Х** – P. Фосфор также может образовывать два оксида при взаимодействии с кислородом: P₂O₃ и P₂O₅. Определим, под какой буквой зашифровано каждое соединение: в 27 мл воды содержится 1.5 моль атомов кислорода, столько же содержится в 55 г P₂O₃. Таким образом, **Г** – P₂O₅, **Н** – P₂O₃. При растворении в воде оксиды фосфора образуются кислоты: **И** – H₃PO₄, **Ж** – H₃PO₃.

Пункт 4. В условии сказано, что реагенты берутся в соотношении 1:2, тогда **К** – FePO₄, **Л** – Na₂HPO₃.

Пункт 5. Уравнения реакций:



Критерии

Определены вещества **Х**, **Г**, **Н** с расчетом 3 × 3 = 9 балла
*Если состав веществ **Х**, **Н** не подтвержден расчетом, за них 0 баллов*

Определены вещества **А** – **Л** 1 × 10 = 10 баллов

Написаны уравнения 12 реакций 1 × 12 = 12 баллов
Если реакция не уравнена, то за нее 0 баллов

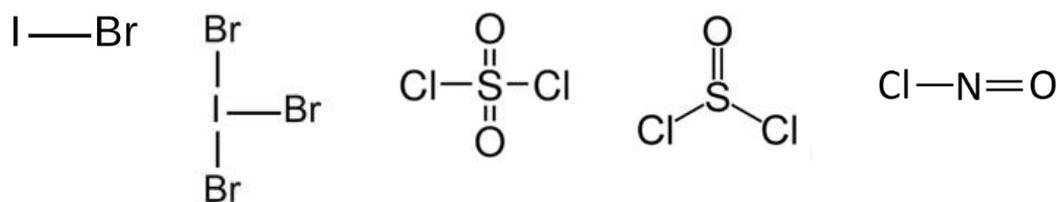
Сумма: 31 балл

Задача 9.2

Пункт 1. На основании данных условий и атомных масс найдем:

AB	AB ₃	CDE	CD ₂ E ₂	FDE	F ₂ D ₃
IBr	IBr ₃	SOCl ₂	SO ₂ Cl ₂	NOCl	N ₂ O ₃

Пункт 2.



Пункт 3. Атом азота содержит 7 протонов. Атом кислорода содержит 8 протонов. Тогда молекула N₂O₃ содержит 38 протонов.

Пункт 4. Пусть $\Phi = \text{Mr}(\Phi)$, а $D = \text{Mr}(D)$. Составим уравнение и выразим Φ :

$$2\Phi + 3D = 50$$
$$\Phi = 25 - 1.5D$$

Так как Φ и D могут принимать только целые и положительные значения, то D может быть только четным и меньше или равно 16:

Сведем значения в таблицу

D	16	14	12	10	8	6	4	2
Φ	1	4	7	10	13	16	19	22
Φ_2D_3	H ₂ S ₃	Be ₂ Si ₃	N ₂ Mg ₃	Ne ₂ Ne ₃	Al ₂ O ₃	S ₂ C ₃	K ₂ Be ₃	Ti ₂ He ₃

Нам подходят 4 варианта, которым соответствуют формулы реальных веществ:

Φ_2D_3	H ₂ S ₃	N ₂ Mg ₃	Al ₂ O ₃	S ₂ C ₃
Формула	H ₂ S ₃	Mg ₃ N ₂	Al ₂ O ₃	C ₃ S ₂

Пункт 5. Рассчитаем количество оксида:

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_{3,1}) = m(\text{Fe}_2\text{O}_{3,1}) / M(\text{Fe}_2\text{O}_{3,1}) = 1000 / (56 \cdot 2 + 16 \cdot 3,1) = 6,2 \text{ моль}$$

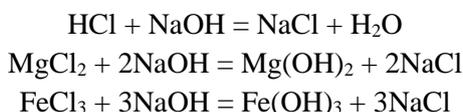
Тогда:

$$N(e^-) = 6,2 \cdot 6,02 \cdot 10^{24} \cdot (2 \cdot 26 + 3,1 \cdot 16) = 3,79 \cdot 10^{27}$$
$$N(n^0) = 6,2 \cdot 6,02 \cdot 10^{24} \cdot (2 \cdot 30 + 3,1 \cdot 8) = 3,17 \cdot 10^{27}$$

Пункт 6. При обработке соединения избытком соляной кислоты:



При приливании к полученному раствору избытка раствора гидроксида натрия:



Пункт 7. Осадок состоит из двух гидроксидов Mg(OH)₂ и Fe(OH)₃, находящихся в мольном отношении 1:2 соответственно.

Отношение молярных масс Mg(OH)₂ и Fe(OH)₃ составляет: 58:108.

Таким образом на гидроксид магния приходится 58, а на гидроксид железа (III) 216 массовых частей. Тогда, массовый состав осадка:

$$\omega(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 58 / 216 \cdot 100 = 21\%$$
$$\omega(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 79\%$$

Пункт 8. Для установления состава образца определим количества и массы металлов:

$$n(\text{Fe}) = 51187,5 / 162,5 = 315 \text{ моль}; m(\text{Fe}) = 56 \cdot 315 = 17640 \text{ г}$$
$$n(\text{Mg}) = 16200 / 120 = 135 \text{ моль}; m(\text{Mg}) = 24 \cdot 135 = 3240 \text{ г}$$

Далее найдем массу и количества кислорода, входящего в состав образца:

$$m(O) = 30720 - 17640 - 3240 = 9840 \text{ г}; n(O) = 9840/16 = 615 \text{ моль}$$

Определим, наконец состав образца, известно, что

$$(1-x):(2+x):4,1 = 135:315:615$$

$$x = 0,1$$

Тогда:



Критерии

Приведены 6 молекулярных формул	1 × 6 = 6 баллов
Приведены 5 структурных формул	1 × 5 = 5 баллов
Посчитаны протоны F_2D_3	1 балл
Найдены 4 формульных единицы	2 × 4 = 8 баллов
Правильно рассчитаны количества электронов и нейтронов в $Fe_2O_{3,1}$	1 × 2 = 2 балла
Записана схема реакции	2 балла
Записаны уравнения реакций	1 × 2 = 2 балла
Определено массовое отношение	3 балла
Определены количества металлов в соединении	1 × 2 = 2 балла
Установлена формула соединения	2 балла

Сумма: 33 балла

Задача 9.3

Пункт 1. Определим молярную массу оставшегося газа: $M = \rho \cdot V_m = 32 \text{ г/моль}$, это соответствует кислороду. Зная, что в общей смеси кислорода 20%, можно определить и второй газ. $M_{cp} = \chi_1 \cdot M_1 + \chi_2 \cdot M_2$, где χ – мольная доля компонента. Среднюю молярную массу находим, зная плотность по водороду: $M_{cp} = 43.2$. Определим M_2 , зная M_1 (32 г/моль) и мольные доли обоих газов. $M_2 = 46 \text{ г/моль}$, что соответствует NO_2 (при растворении в воде дает кислый раствор). Таким образом, **X** – NO_2 , **Y** – O_2 , исходное соединение – нитрат. Запишем уравнение разложения нитрата, зная соотношение между газообразными продуктами реакции:



Определим массу твердого остатка, она равна 857 г (2000 – 1143). Из уравнения реакции видим, что $n(X(NO_3)_n) = 2n(X_2O_n)$, запишем выражение для количества вещества через массу и молярную массу неизвестных соединений:

$$\frac{2000}{X+62n} = 2 \cdot \frac{857}{2X+16n},$$

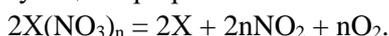
где X – молярная масса катиона, n – его степень окисления.

Решая это уравнение, получаем $X = 32.5n$, перебирая возможные значения n , находим только один разумный вариант при $n = 2$, $X = 65$, катион – цинк, **A** – $Zn(NO_3)_2$.



$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$, вариант $2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$ также считается правильным.

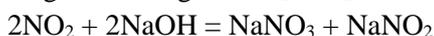
Пункт 2. При разложении соединения **B** $n(NO_2) : n(O_2) = 2 : 1$ (щелочью поглощается NO_2), кислорода больше, чем в предыдущем случае, можно сделать вывод, что перед нами нитрат малоактивного металла, образующий при разложении металл, а не его оксид.



Составим уравнение аналогично предыдущему пункту:

$$\frac{1}{X+62n} = \frac{0.6353}{X},$$

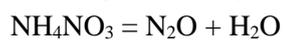
$X = 108n$, при $n = 1$, $X = 108$, катион – серебро, **B** – $AgNO_3$.



Пункт 3. Определим **B** и **Г**, их формула также может быть записана $X(NO_3)_n$.

В случае **B**: $\frac{48n}{X+62n} = 0.5647$, $X = 23n$, при $n = 1$, $X = 23$, катион – натрий, **B** – $NaNO_3$.

В случае Г: $\frac{48n}{X+62n} = 0.6$, $X = 18n$, при $n = 1$, $X = 18$, катион – аммоний, Г – NH_4NO_3 .



Критерии

Определены вещества X и Y	3 × 2 = 6 баллов
---------------------------	-------------------------

Определены вещества А – Г	3 × 4 = 12 баллов
---------------------------	--------------------------

Если состав веществ X, Y, А – Г не подтвержден расчетом, то за них 1 балл

Написаны уравнения б реакций	2 × 6 = 12 баллов
------------------------------	--------------------------

Если реакция не уравнена, то за нее 1 балл

Сумма: **30 баллов**