



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

## Решения задач для 8 класса с критериями

### Задача 8.1

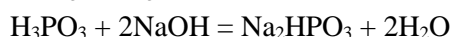
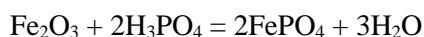
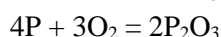
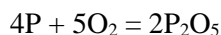
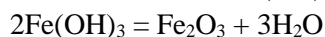
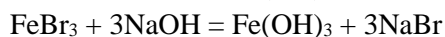
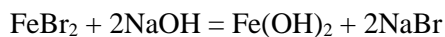
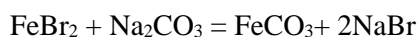
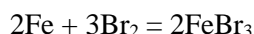
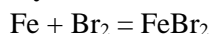
**Пункт 1.** Железо в водном растворе может находиться в двух степенях окисления: +2 и +3, соответственно, при реакции с бромом будут образовываться бромиды железа (II) и (III). В условии сказано, что мольная доля железа в **В** равна 25%. Таким образом, **А** – FeBr<sub>2</sub>, **В** – FeBr<sub>3</sub>.

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

**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: P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Определим, под какой буквой зашифровано каждое соединение: в 27 мл воды содержится 1.5 моль атомов кислорода, столько же содержится в 55 г P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Таким образом, **Г** – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, **Н** – P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. При растворении в воде оксиды фосфора образуются кислоты: **И** – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, **Ж** – H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>.

**Пункт 4.** В условии сказано, что реагенты берутся в соотношении 1:2, тогда **К** – FePO<sub>4</sub>, **Л** – Na<sub>2</sub>HPO<sub>3</sub>.

**Пункт 5.** Уравнения реакций:



### Критерии

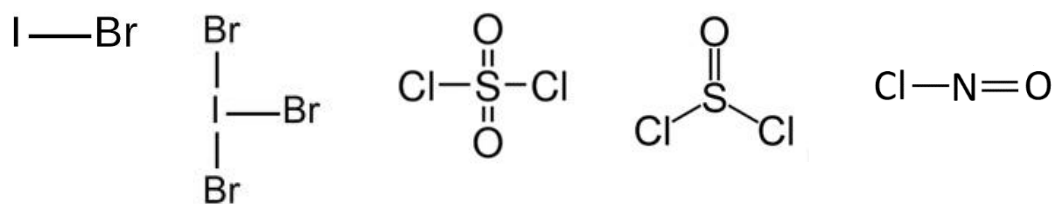
Определены вещества <b>Х, Г, Н</b> с расчетом	<b>3 × 3 = 9 балла</b>
<i>Если состав веществ <b>Х, Н</b> не подтвержден расчетом, за них 0 баллов</i>	
Определены вещества <b>А – Л</b>	<b>1 × 10 = 10 баллов</b>
Написаны уравнения 12 реакций	<b>1 × 12 = 12 баллов</b>
<i>Если реакция не уравнена, то за нее 0 баллов</i>	

Сумма: **31 балл**

### Задача 8.2

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

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

**Пункт 2.**

**Пункт 3.** Атом азота содержит 7 протонов. Атом кислорода содержит 8 протонов. Тогда молекула N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> содержит 38 протонов.

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

$$\begin{aligned}
 2\Phi + 3\text{Д} &= 50 \\
 \Phi &= 25 - 1.5\text{Д}
 \end{aligned}$$

Так как  $\Phi$  и  $\text{Д}$  могут принимать только целые и положительные значения, то  $\text{Д}$  может быть только четным и меньше или равно 16:

Сведем значения в таблицу

$\text{Д}$	16	14	12	10	8	6	4	2
$\Phi$	1	4	7	10	13	16	19	22
$\Phi_2\text{Д}_3$	H <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Be <sub>2</sub> Si <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> Mg <sub>3</sub>	Ne <sub>2</sub> Ne <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> Be <sub>3</sub>	Ti <sub>2</sub> He <sub>3</sub>

Нам подходят 4 варианта, которым соответствуют формулы реальных веществ:

$\Phi_2\text{Д}_3$	H <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> Mg <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S <sub>2</sub> C <sub>3</sub>
Формула	H <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Mg <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>

**Пункт 5.** Рассчитаем количество оксида:

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

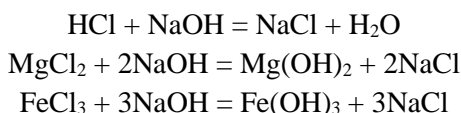
Тогда:

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

**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)<sub>2</sub> и Fe(OH)<sub>3</sub>, находящихся в мольном отношении 1:2 соответственно.

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

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

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

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

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

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

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

Определим, наконец состав образца, известно, что

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

$$x = 0,1$$

Тогда:

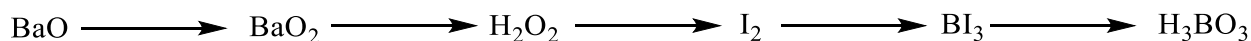


### Критерии

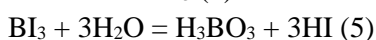
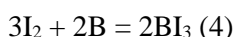
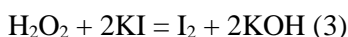
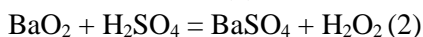
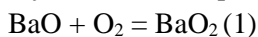
Приведены 6 молекулярных формул	1 × 6 = 6 баллов
Приведены 5 структурных формул	1 × 5 = 5 баллов
Посчитаны протоны $F_2D_3$	1 балл
Найдены 4 формульных единицы	2 × 4 = 8 баллов
Правильно рассчитаны количества электронов и нейтронов в $Fe_2O_{3,1}$	1 × 2 = 2 балла
Записана схема реакции	2 балла
Записаны 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 8.3



**Пункт 1.** Уравнения указанных реакций:



**Пункт 2.** BaO – оксид (основный оксид), BaO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – пероксиды, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> – кислота.

**Пункт 3.** Рассчитаем массу перекиси в 30% растворе:

$$m_{\text{чист}}(\text{H}_2\text{O}_2) = 2000 \cdot 1,112 \cdot 0,3 = 667,2 \text{ г}$$

Рассчитаем массу 3% раствора, который можно приготовить из этого количества перекиси:

$$m(3\% \text{ H}_2\text{O}_2) = 667,2 / 0,03 = 22240 \text{ г}$$

Найдём объём 3% раствора перекиси:

$$V(3\% \text{ H}_2\text{O}_2) = 22240 / (1,009 \cdot 1000) = 22,0 \text{ л}$$

Получаем, что из 2 л 30% раствора можно приготовить 22 литра 3% раствора.

**Пункт 4.**

Рассчитаем массы компонентов в 100 г антисептика:

$$m_{\text{спирта}} = 100 \times 0,73 = 73 \text{ г}$$

$$m_{\text{глицерина}} = 100 \times 0,02 = 2 \text{ г}$$

$$m_{\text{перекиси}} = 100 \times 0,00143 = 0,143 \text{ г}$$

Рассчитаем объёмы жидкостей:

$$V_{\text{спирта}}(96\%) = (73/0,96)/0,8014 = 95 \text{ мл}$$

$$V_{\text{глицерина}}(98\%) = (2/0,98)/1,2558 = 1,63 \text{ мл}$$

$$V_{\text{перекиси}}(30\%) = (0,143/0,3)/1,112 = 0,43 \text{ мл}$$

Найдём массу воды по разности:

$$m_{\text{воды}} = 100 - 73/0,96 - 2/0,98 - 0,143/0,3 = 21,4 \text{ г}$$

$$V_{\text{воды}} = 21,4 \text{ мл.}$$

**Пункт 5.** Описана реакция  $I_{2(тв)} = I_{2(газ)}$

Рассчитаем количество иода, перешедшего в газовую фазу:

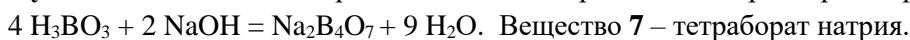
$$m(I_{2(газ)}) = 3 * 0,3 = 0,9 \text{ г}$$

Посчитаем количество молекул в данном газе:

$$N(I_{2(газ)}) = 0,9 * 6,02 * 10^{23} / 254 = 2,13 * 10^{21}$$

Газ будет фиолетовым.

**Пункт 6.** Реакция борной кислоты с гидроксидом натрия в растворе:



4 моль      2 моль      1 моль

6,18 г      2,0 г

0,1 моль    0,05 моль    0,025 моль

Масса кристаллогидрата после упаривания раствора 9,535 г.

Молярная масса кристаллов  $9,535:0,025=381,4$  г/моль.

Масса кристаллов после прокаливания 5,03 г.

Следовательно, молярная масса безводных кристаллов  $5,03:0,025=201,2$  г/моль.

Масса воды в полученном кристаллогидрате равна 4,505 г, следовательно, масса воды в моле кристаллогидрата равна  $4,505 / 0,025 = 180,2$  г.

Следовательно, на одну молекулу тетрабората приходится 10 молекул воды.

Формула кристаллогидрата  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (минерал бора).

В медицине борная кислота используется как антисептик, например, в отоларингологии.

### Критерии

Приведены все реакции из пункта 1 (5 штук)	<b>1 × 5 = 5 баллов</b>
Приведены 4 класса веществ <b>1-3, 6</b>	<b>1 × 4 = 4 балла</b>
Правильно рассчитан объём 3% раствора перекиси	<b>4 балла</b>
Правильно определены объёмы спирта, глицерина, 30% перекиси, воды	<b>6 баллов</b>
Рассчитано количество молекул газообразного иода	<b>2 балла</b>
Указан цвет паров иода	<b>1 балл</b>
Записана реакция борной кислоты с NaOH	<b>2 балла</b>
Рассчитаны молярная масса кристаллогидрата и безводного тетрабората	<b>2 × 1 = 2 балла</b>
Записана формула кристаллогидрата с верным количеством воды	<b>1 балл</b>
Описано применение борной кислоты как антисептика	<b>1 балл</b>
Сумма:	<b>28 баллов</b>