

## 2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

### 2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура

#### 2.1.2. Задания 9 класса

##### Задача №9-1

(Определим вещества  $\mathbf{A}\Gamma_2$  и  $\mathbf{A}_2\Gamma_2$ . Отметим, что хлор является одновалентным, а элемент  $\mathbf{A}$  в одном случае будет одновалентным, а в другом двухвалентным.

Обозначим атомный вес элемента  $\mathbf{A}$  за  $x$ , тогда:

$$\frac{M(\mathbf{A}_2\Gamma_2)}{M(\mathbf{A}\Gamma_2)} = \frac{2x + 71}{x + 71} = 1,739$$

откуда  $x = 201$  г/моль, что соответствует ртути Hg. Тогда  $\mathbf{A}$  – Hg;  $\mathbf{A}\Gamma_2$  – HgCl<sub>2</sub>;  $\mathbf{A}_2\Gamma_2$  – Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>. Поскольку при сжигании исходного вещества  $\mathbf{A}\mathbf{B}$  образуется сернистый газ, логично сделать вывод, что  $\mathbf{A}\mathbf{B}$  – HgS.

При растворении ртути в азотной кислоте образуется соль  $\mathbf{A}_2\mathbf{B}_2$  – Hg<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, обработка которой щелочью приводит к оксиду  $\mathbf{A}\mathbf{O}$  – HgO.

Необычным свойством ртути является взаимодействие с металлами с образованием амальгам, следовательно,  $\mathbf{D}$  – амальгама натрия Na(Hg).

2. Уравнения реакций:

- (1)  $\text{HgS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hg} + \text{SO}_2$ ;
- (2)  $\text{Hg} + \text{Na} \rightarrow \text{Na(Hg)}$ ;
- (3)  $2\text{Na(Hg)} + 2\text{NH}_4\text{Cl} = 2\text{NH}_3 + 2\text{NaCl} + \text{H}_2 + 2\text{Hg}$
- (4)  $6\text{Hg} + 8\text{HNO}_{3(\text{p})} = 3\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ ;
- (5)  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 + 2\text{HCl} = \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{HNO}_3$ ;
- (6)  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = \text{HgO} + \text{Hg} + 2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- (7)  $\text{HgO} + 2\text{HCl} = \text{HgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

3.  $\mathbf{A}\mathbf{B}$  – HgS – киноварь;

$\mathbf{A}\Gamma_2$  – HgCl<sub>2</sub> – сулема;

$\mathbf{A}_2\Gamma_2$  – Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> – каломель.

### Разбалловка

Определение вещества А с расчетом	2 б.
Определение веществ АБ, А <sub>2</sub> В <sub>2</sub> , А <sub>2</sub> Г <sub>2</sub> , АГ <sub>2</sub> , АО, Д	0,5×6 = 3 б.
Уравнения реакций (1) – (7)	0,5×7 б = 3,5 б.
Тривиальные названия АБ, АГ <sub>2</sub> , А <sub>2</sub> Г <sub>2</sub>	1×1,5 = 1,5б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №9-2

1. Рассчитаем сумму массовых долей меди, алюминия, фосфора и водорода в минерале:  
 $\omega(\text{Cu}) + \omega(\text{Al}) + \omega(\text{P}) + \omega(\text{H}) = 7,6923\% + 19,4712\% + 14,9038\% + 2,1635\% = 44,2308\%$ .

Отсюда следует, что в состав минерала входит(ят) ещё элемент(ы). Логика подсказывает, что одним из неуказанных элементов является кислород, который принадлежит к числу самых распространённых элементов земной коры. Если кроме кислорода в состав минерала не входят другие элементы, то его массовая доля равна:  $\omega(\text{O}) = 100 - 44,2308\% = 55,7692\%$ .

2. Составим выражение для атомного фактора соединения состава  $\text{Cu}_x\text{Al}_y\text{P}_z\text{O}_k\text{H}_n$ :

$$x : y : z : k : n = v(\text{Cu}) : v(\text{Al}) : v(\text{P}) : v(\text{O}) : v(\text{H}) = \frac{\omega(\text{Cu})}{A(\text{Cu})} : \frac{\omega(\text{Al})}{A(\text{Al})} : \frac{\omega(\text{P})}{A(\text{P})} : \frac{\omega(\text{O})}{A(\text{O})} : \frac{\omega(\text{H})}{A(\text{H})} =$$

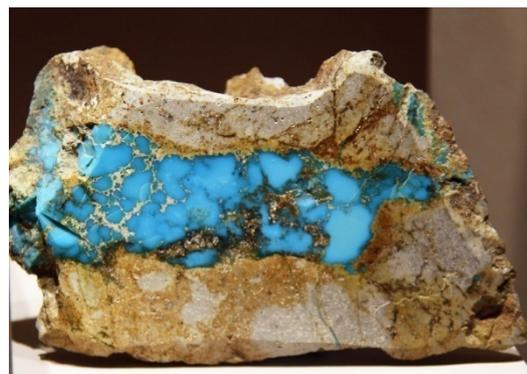
$$= \frac{7.6923}{64} : \frac{19.4712}{27} : \frac{14.9038}{31} : \frac{55.7692}{16} : \frac{2.1635}{1} =$$

$$= 0.12019 : 0.72116 : 0.48077 : 3.4856 : 2.1635 =$$

$$= 1 : 6 : 4 : 29 : 18.$$

Таким образом, молекулярная формула неизвестного минерала –  $\text{CuAl}_6\text{P}_4\text{O}_{29}\text{H}_{18}$  – гидратированный двойной гидроксофосфат алюминия и меди ( $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Этот минерал известен как бирюза,

**Ответ:**  $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .



### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Гипотеза о наличии кислорода в минерале	2 б.
2.	Составление атомного фактора	4 б.
3.	Установление химической формулы бирюзы (в любой форме)	2 б.
4.	Установление названия бирюзы (в любой форме)	2 б.
	<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №9-3

1. Запишем в общем виде реакцию взаимодействия металла **X** с соляной кислотой:



Как видим из уравнения реакции,  $n(\mathbf{X}) = 2/yn(\text{H}_2)$

$$n(\text{H}_2) = V/V_m = 6.72 / 22.4 = 0.3 \text{ моль}$$

$$n(\mathbf{X}) = 2/y \times n(\text{H}_2) = 0.6/y \text{ моль}$$

Если  $y = 1$ , то  $n(\mathbf{X}) = 0.6$  моль,  $M(\mathbf{X}) = m/n = 5.4 / 0.6 = 9$  г/моль, что соответствует бериллию, но он не одновалентный металл, поэтому не подходит.

Если  $y = 2$ , то  $n(\mathbf{X}) = 0.3$  моль,  $M(\mathbf{X}) = 5.4 / 0.3 = 18$  г/моль – элемента с такой молярной массой нет.

Если  $y = 3$ , то  $n(\mathbf{X}) = 0.2$  моль,  $M(\mathbf{X}) = 5.4 / 0.2 = 27$  г/моль, что соответствует алюминию, следовательно, **X – Al**

Алюминий является амфотерным металлом, способен растворяться в щелочах с выделением водорода, что также соответствует условию задачи.

Число протонов в ядре атома химического элемента определяет заряд ядра атома и равно порядковому номеру элемента в Периодической системе. Порядковый номер алюминия – 13, следовательно, в ядре атома алюминия содержится **13 протонов**.

Конфигурация электронной оболочки алюминия:  **$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$** .

2. Если алюминий реагирует с соляной кислотой, то образуется хлорид алюминия, который при действии щелочи превращается в гидроксид алюминия (вещество **Y**), который при избытке щелочи переходит в комплексную соль – тетра (гекса-) гидроксоалюминат натрия (вещество **Z**). Разложение гидроксида при нагревании приводит к получению оксида алюминия (вещество **K**), что можно подтвердить расчетом:

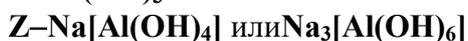
Возьмем 1 моль  $\text{Al}(\text{OH})_3$

$$m(\text{Al}(\text{OH})_3) = n \times M = 1 \times 78 = 78 \text{ г. Из схемы } 2\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ следует, что}$$

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0.5n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0.5 \text{ моль, } m(\text{Al}_2\text{O}_3) = n \times M = 0.5 \times 102 = 51 \text{ г}$$

$$\text{Потеря массы} = (78 - 51) / 78 = 0.3462 \text{ (34.62\%)}, \text{ что соответствует условию.}$$

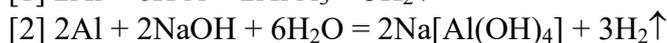
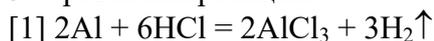
Таким образом,



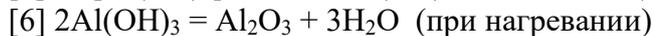
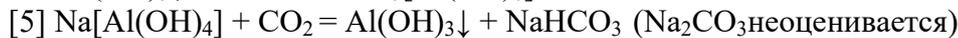
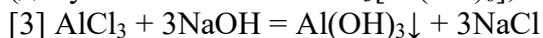
**тетрагидроксоалюминат натрия или гексагидроксоалюминат натрия**



3. Уравнения реакций:



(допустимо написание  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ ,  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$ )



4. Кремний не реагирует с соляной кислотой, в реакцию будет вступать только алюминий:

$$\text{В } 3.6 \text{ г сплава содержится: } m(\text{Al}) = 3.6 \times 0.9 = 3.24 \text{ г}$$

$$n(\text{Al}) = m / M = 3.24 / 27 = 0.12 \text{ моль}$$

В 91.25 г 20% соляной кислоты:

$$m(\text{HCl}) = 91.25 \times 0.2 = 18.25 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = m / M = 18.25 / 36.5 = 0.5 \text{ моль}$$

Алюминий в недостатке, поэтому расчет ведем по нему:

$$n(\text{AlCl}_3) = n(\text{Al}) = 0.12 \text{ моль}$$

$$m(\text{AlCl}_3) = n \times M = 0.12 \times 133.5 = 16.02 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2) = 1.5n(\text{Al}) = 0.12 \times 1.5 = 0.18 \text{ моль (0.36 г)}$$

$$V(\text{H}_2) = n \times V_M = 0.18 \times 22.4 = 4.032 \text{ л}$$

$$\text{В реакцию с } 0.12 \text{ моль Al вступит: } n(\text{HCl})_{\text{прореаг}} = 3n(\text{Al}) = 0.36 \text{ моль}$$

$$\text{Останется: } n(\text{HCl})_{\text{ост.}} = 0.5 - 0.36 = 0.14 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCl})_{\text{ост.}} = n \times M = 0.14 \times 36.5 = 5.11 \text{ г}$$

$$\text{Масса раствора: } m(\text{р-ра}) = 91.25 + 3.24 - 0.36 = 94.13 \text{ г}$$

$$\omega(\text{AlCl}_3) = 16.02 / 94.13 = 0.1702 \text{ (17.02\%)}$$

$$\omega(\text{HCl}) = 5.11 / 94.13 = 0.0543 \text{ (5.43\%)}$$

### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение металла <b>X</b>	1 б.
	Количество протонов в ядре	0,5 б.
	Электронная конфигурация	0,5 б.
2	Формулы веществ <b>Y</b> , <b>Z</b> и <b>K</b>	3×0,5=1,5 б.
	Название вещества <b>Z</b>	0,5 б.
3.	Уравнения реакций	6×0,5 = 3 б.
4.	Массовые доли веществ в растворе	2×1 = 2 б.
	Объем газа	1 б.
	<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №9-4

Возможно несколько вариантов решений. Одно из них выглядит следующим образом.

1. Из приведённых в таблице из условия задачи данных по плотности веществ ( $d$ , г/л), можно рассчитать молекулярные массы ( $M$ , г/моль) газообразных веществ ( $M = d \cdot V_m$ , где  $V_m = 22,4$  л/моль). Простые и бинарные вещества, удовлетворяющие полученным молекулярным массам приведены в таблице ниже:

Газ	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>Г</b>	<b>E</b>	<b>З</b>
$M$ , г/моль	28	2	17	48	32	44
Вещество	$\text{N}_2$	$\text{H}_2$	$\text{NH}_3$	$\text{O}_3$	$\text{O}_2$	$\text{N}_2\text{O}$
$\omega_N$ , %	100	-	82,35	-	-	63,64

Таким образом, неизвестный элемент **X** – азот.

2. Определим остальные неизвестные вещества. Исходя из уравнения реакции (2) возможным продуктом **D** является  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ :



(вывод о том, что **Ж** – вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ), можно сделать исходя из плотности и жидкого агрегатного состояния, указанных в таблице из условий).

Вещество **D** – нитрат аммония ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), что подтверждается массовой долей N ( $\omega_N = 35\%$ ).

Бинарное вещество **И** – оксид. Выполненные расчеты по определению состава **И** приведём в таблице:

Оксид	$\text{Э}_2\text{O}$	$\text{ЭO}$	$\text{Э}_2\text{O}_3$	$\text{ЭO}_2$	$\text{Э}_2\text{O}_5$	$\text{ЭO}_3$	$\text{Э}_2\text{O}_7$
$M(\text{Э}_x\text{O}_y)$	43,5	43,5	130,5	87,00	217,5	130,5	304,5
$A(\text{Э})$	13,75	27,50	41,25	55,00	68,75	82,5	96,26
<b>Э</b>	-	-	-	<b>Mn</b>	-	-	-

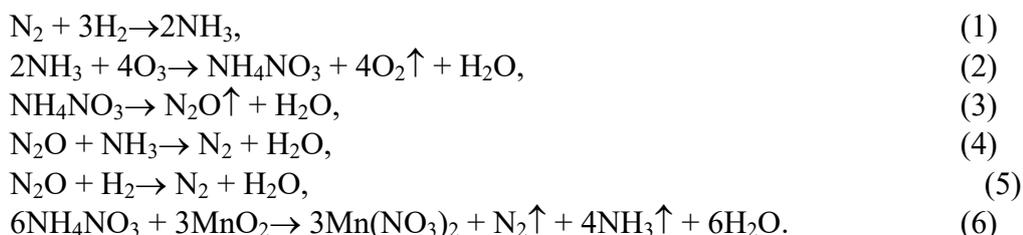
Таким образом, оксид **И** – диоксид марганца (IV) ( $\text{MnO}_2$ ).

Исходя из уравнения реакции (6) возможным продуктом **K** является  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ :



Вещество **И** – нитрат марганца ( $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ ), что подтверждается массовой долей N ( $\omega_N = 15,64\%$ ).

3. Перечисленные в условии задачи схемы превращений можно представить следующими уравнениями реакций:

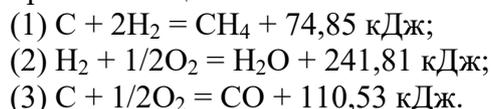


### Разбалловка

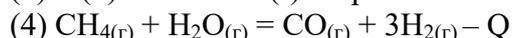
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение элемента X	<b>2 б.</b>
2	Определение веществ А-К	<b>10×0,5 = 5 б.</b>
3.	Уравнения реакций (1)-(6)	<b>6×0,5 = 3 б.</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 б.</b>

### Задача № 9-5

1. Под теплотами образования подразумевается тепловой эффект получения вещества из простых веществ:



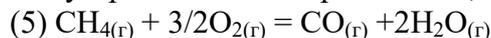
Согласно закону Гесса можно из трех уравнений составить уравнение (4), для этого возьмем (1) и (2) со знаком (-) и прибавим к ним выражение (3), в итоге получим:



Для расчета теплового эффекта совершим те же математические операции:

$$Q_4 = Q_3 - Q_2 - Q_1 = 110,53 - 74,85 - 241,81 = -206,13 \text{ кДж} - \text{реакция эндотермическая.}$$

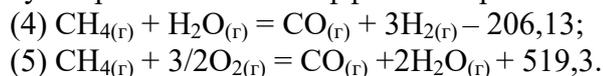
2. Реакция неполного сгорания метана выглядит следующим образом, если она используется для устранения эндотермичности, значит, реакция – экзотермическая:



Рассчитаем по аналогии ее тепловой эффект:

$$Q = Q_3 + 2Q_2 - Q_4 = 110,53 + 2 \cdot 241,81 - 74,85 = 519,3 \text{ кДж.}$$

Необходимо рассчитать в каких соотношениях нужно взять реакции (4) и (5), что их суммарный тепловой эффект был равен 0.



Умножим (4) на x, а (5) на y. Произведем расчет теплоты.

$$-206,13 \cdot x + 519,3 \cdot y = 0$$

$x = 2,52 \cdot y$ , т.е. если в реакции (5) принимает участие 1 моль  $\text{CH}_4$ , то в реакции (4) принимает участие 2,52 моль, суммарное число 3,52 моль.

Кислород является только участником реакции (5), если в ней участвует 1 моль метана, то количество вещества кислорода составит 1,5 моль.

$$\text{Мольное соотношение будет равно: } \frac{n_{\text{CH}_4}}{n_{\text{O}_2}} = \frac{3,52}{1,5} = 2,35 \text{ или } n_{\text{CH}_4} : n_{\text{O}_2} = 2,35 : 1$$

3. Средняя молекулярная масса смеси равна  $M_{\text{ср}} = 29 \cdot 0,77 = 22,33 \text{ г/моль}$

Найдем соотношение метана и кислорода:

x – мольная доля метана; y – мольная доля кислорода

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ 16x + 32y = 22,33 \end{cases}$$

Решаем систему уравнений:  $x = 0,60$ ;  $y = 0,40$ , т.е. на 3 моль метана приходится 2 моль кислорода.

Согласно (5) реакции, для сжигания 2 моль кислорода нужно 1,33 моль метана, значит оставшийся метан будет реагировать по реакции (4) – 1,67 моль.

Тепловой эффект процесса будет равен:

$$Q = 1,33 \cdot 519,3 - 1,67 \cdot 206,13 = \mathbf{346,4 \text{ кДж}}$$

*Разбалловка*

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Расчет теплового эффекта паровой конверсии метана	<b>2 б.</b>
2	Расчет теплового эффекта реакции неполного сгорания метана	<b>2 б.</b>
3.	Определение соотношения объемов метана и кислорода	<b>3 б.</b>
4.	Расчет мольного соотношения метан:кислород для условия 3	<b>1 б.</b>
5.	Расчет теплового эффекта	<b>2 б.</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>