

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура

2.1.1. Задания 9 класса

Задача №9-1

- (1) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ ($t = 500^\circ\text{C}$, $p = 350$ атм, кат. – Fe_3O_4)
- (2) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ (кат. Pt-Rh)
- (3) $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$
- (4) $\text{NaNO}_3(\text{тв}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) = \text{HNO}_3 + \text{NaHSO}_4$
- (5) $\text{HNO}_3(\text{конц}) + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$
- (6) $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{конц}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- (7) $4\text{HNO}_3 + \text{P}_4\text{O}_{10} = 2\text{N}_2\text{O}_5 + 4\text{HPO}_3$
- (8) $\text{NO}_2 + \text{NO} = \text{N}_2\text{O}_3$
- (9) $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ ($t = 350^\circ\text{C}$, взрыв)
- (10) $\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} = \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$
- (11) $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{CONH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ($t = 200^\circ\text{C}$, $p = 20$ Мпа)
- (12) $2\text{NaNO}_3 \rightarrow 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2$

Соединение	Вещество	Название
А	N_2	Азот
Б	NH_3	Аммиак
В	NO	Оксид азота (II)
Г	NO_2	Оксид азота (IV)
Д	HNO_3	Азотная кислота
Е	NaNO_3	Нитрат натрия
Ж	NH_4NO_3	Нитрат аммония
З	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	Нитрат меди
И	N_2O_5	Оксид азота (V)
К	N_2O_3	Оксид азота (III)
Л	NH_2CONH_2	Мочевина
М	NaNO_2	Нитрит натрия

2. Нитрат натрия (NaNO_3) имеет тривиальное название *чилийская селитра*. Название образовалось, в честь места, где добывают нитрат натрия.

3. Смесь азотной (HNO_3) и соляной кислоты (HCl) в определенном соотношении называется «царской водкой». Ее особенность заключается в способности растворять золото, «царя» металлов, а также некоторые другие благородные металлы, за счет генерации сильнейшего окислителя – атомарного хлора.

4. Мочевина (NH_2CONH_2) в других номенклатурах имеет названия: карбамид, диамид угольной кислоты.

Разбалловка

1. Вещества А-М с названиями (без названия соединений максимум за задание – 3 б из расчета 0,25x12 = 3)	0,5x12 б. = 6 б
2. Тривиальное название нитрата натрия. Происхождение названия.	0,5 б 0,5 б
3. Название смеси азотной и соляной кислоты. Ее Особенность.	0,5 б 0,5 б
4. Дополнительные названия мочевины	1 б.х 2 = 2 б.
ИТОГО	10б.

Задача №9-2

1. Необходимо установить состав элементов в соединении А

$$Ca: S: H: O = \frac{23,28}{40} : \frac{18,62}{32} : \frac{55,75}{16} : \frac{2,35}{1} = 1: 1: 6: 4$$

Брутто-формула будет выглядеть следующим образом:

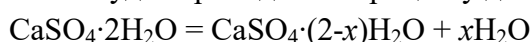


Один из вариантов соединения: $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (соединение А)

По систематической номенклатуре носит название: дигидрат сульфата кальция

Тривиальное название – гипс.

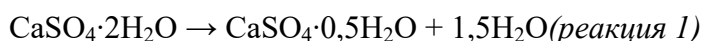
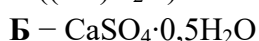
2. После нагревания массовая доля кальция увеличивается до 27,61%. Небольшое нагревание гипса будет приводить к процессу дегидратации:



$$\omega(Ca) = \frac{A(Ca)}{M(CaSO_4 \cdot (2-x)H_2O)} \rightarrow M(CaSO_4 \cdot (2-x)H_2O) = \frac{40}{0,2761} = 144,9 \text{ г/моль}$$

$$M(CaSO_4) = 136 \text{ г/моль}$$

$$M((2-x)H_2O) = 144,9 - 136 = 8,9 \text{ г/моль} \rightarrow 2-x = 0,5 \rightarrow x = 1,5$$



$CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ – полуводный сульфат кальция, гипсовый алебастр. Используют в строительстве, изготовлении поделок, декоративных украшений, статуэток. При смешивании с водой образует гипс и затвердевает.

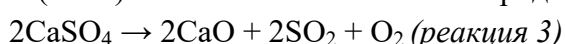
$\mathbf{В}$ – ангидрит, безводный сульфат кальция $CaSO_4$. Нерастворим в воде, поэтому не может затвердевать.



Чтобы сульфат кальция снова стал захватывать воду его прокаливают при 1000°C , но при 1200°C он разлагается.

$$\omega(Ca) = \frac{A(Ca)}{M(\Gamma)} \rightarrow M(\Gamma) = \frac{40}{0,4815 + 0,2328} = 56 \text{ г/моль}$$

$$M(\Gamma - Ca) = 56 - 40 = 16 \text{ г/моль} - \text{кислород} \rightarrow \Gamma - CaO$$



$\mathbf{Д}$ – сернистый газ SO_2

А	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Б	$CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$
В	$CaSO_4$

Г	CaO
Д	SO ₂

Разбалловка

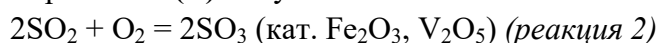
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формула А	1 б
	Систематическое название А	0,5 б
	Тривиальное название А	0,5 б
2	Формулы соединений Б-Д	1x4 = 4 б
3.	Уравнения реакций (1)-(3)	1x3 = 3 б
4.	Применение вещества Б	0,5 б
	Название вещества Б	0,5 б
	Итого	10 б.

Задача №9-3

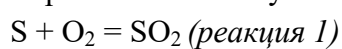
Вещество **В** является серной кислотой H₂SO₄. В промышленности серную кислоту получают по реакции:



Серный газ (**Б**) получают каталитическим окислением сернистого газа (**А**):



Сернистый газ получается при сгорании серы (элемент **Х**):

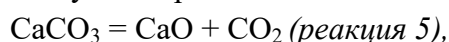


Можно себя проверить по массовой доле серы в диоксиде серы.

Минерал **Д** представляет собой карбонат кальция. По массовым долям находим соотношение элементов в соединении.

$$x: C: O = \frac{40}{M} : \frac{12}{12} : \frac{48}{16} = \frac{40}{M} : 1 : 3$$

По таблице Менделеева металл определяется как кальций. Абсорбент **Г** (CaO) получают по следующей реакции:



2) В 2 т нефти содержится 1,5 % серы.

$$m_S = 2000 \cdot 0,015 = 30 \text{ кг} = 30000 \text{ г}$$

$$n_S = \frac{30000}{32} = 937,5 \text{ моль}$$

По реакциям (1) и (4) количество вещества оксида кальция будет равно 937,5 моль. Только 25% оксида кальция может улавливать диоксид серы, поэтому

$$n_{\text{CaO}} = \frac{937,5}{0,25} = 3750 \text{ моль}$$

$$m_{\text{CaO}} = 3750 \cdot 56 = 210000 \text{ г} = 210 \text{ кг}$$

3. Для получения 100 кг серной кислоты по реакции (3) понадобится серный газ **Б**:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{100}{98} = 1,02 \text{ кмоль}$$

$$n_{\text{SO}_3} = 1,02 \text{ кмоль, так как реакция идет с выходом 99\%} \rightarrow n_{\text{SO}_3} = \frac{1,02}{0,99} = 1,03 \text{ кмоль}$$

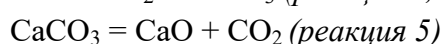
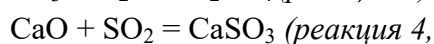
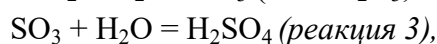
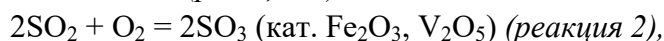
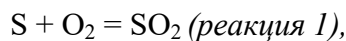
По реакции (2) выход продукта составляет 91%

$$n_{\text{SO}_2} = \frac{1,03}{0,91} = 1,13 \text{ кмоль}$$

По реакции (1) $n_{\text{SO}_2} = 1,13 \text{ кмоль} = n_{\text{S}}$

$$m_{\text{S}} = 1,13 \cdot 32 = 36,16 \text{ кг}$$

$$m_{\text{нефти}} = \frac{36,16}{0,015} = 2410,7 \text{ кг}$$



Х	S
А	SO ₂
Б	SO ₃
В	H ₂ SO ₄
Г	CaO
Д	CaCO ₃

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Элемент Х Соединения А-Д	1 б 0,5x5 = 2,5 б
2	Реакции (1) – (5)	0,5x5 = 2,5 б
3.	Расчет массы оксида кальция	2 б
4.	Расчет массы нефти для получения 100 кг серной кислоты	2 б
	Итого	10 б.

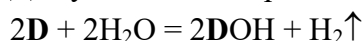
Задача №9-4

1. Металл **Х** можно установить, исходя из его массовой доли в соединении **А**. Реакция **Х**→**А** является реакцией горения и приводит к образованию оксида, в котором $\omega(\text{O}) = 100 - 52,94 = 47,09\%$. Запишем оксид **А** в общем виде как **X₂O_n**, тогда

$$M_r(\text{X}_2\text{O}_n) = 16n/0,4706 = 34nA_r(\text{X}) = (34n - 16n)/2 = 9n$$

При $n=3$ $A_r(\text{X}) = 27$, что соответствует алюминию **Al**

Для установления реагента **W** запишем уравнение реакции его получения:



$$n(\text{H}_2) = V/V_m = 5,6/22,4 = 0,25 \text{ моль}$$

По уравнению реакции $n(\mathbf{D}) = 2n(\text{H}_2) = 0,5 \text{ моль}$

$$M(\mathbf{D}) = m/n = 11,5/0,5 = 23 \text{ г/моль, что соответствует натрию}$$

Тогда **W**–**NaOH**

Чтобы установить реагент **Z**, запишем уравнение реакции его нейтрализации гидроксидом натрия:



$$n(\text{NaOH}) = V \times \rho \times \omega / M = 10.71 \times 1.12 \times 0.2 / 40 = 0.06 \text{ моль}$$

По уравнению реакции $n(\text{H}_2\text{Y}) = \frac{1}{2} n(\text{NaOH}) = 0.03 \text{ моль}$

$M(\text{H}_2\text{A}) = m/n = 2.94/0.03 = 98 \text{ г/моль}$, что соответствует серной кислоте

Таким образом, **Z**– H_2SO_4 .

Электронная конфигурация **Al**: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

2. При сгорании алюминия образуется оксид алюминия Al_2O_3 (вещество **A**). Как сам алюминий, так и его оксид и гидроксид проявляют амфотерные свойства, поэтому способны растворяться в избытке гидроксида натрия с образованием гидроксокомплексов состава $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ или $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$. Для установления точного состава комплекса можно воспользоваться данными о массовой доле алюминия в нем, что позволяет однозначно установить вещество **B**– $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$. Растворение алюминия, его оксида или гидроксокомплекса в серной кислоте приводит к образованию соли **Q**– сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, при обработке которого недостатком гидроксида натрия можно получить осадок гидроксида алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ (соединения **C**).

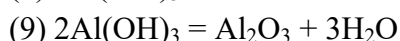
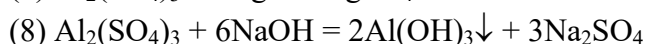
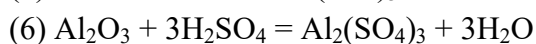
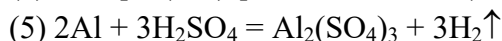
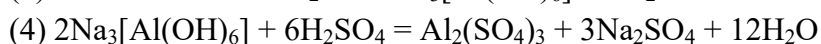
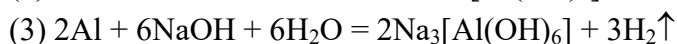
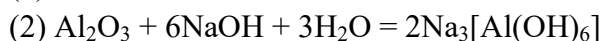
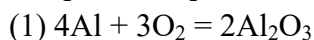
Таким образом, **A**– Al_2O_3

B– $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$

C– $\text{Al}(\text{OH})_3$

Q– $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

3. Уравнения реакций:



Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы металла X и веществ W и Z Электронная конфигурация X	$3 \times 1 = 3 \text{ б}$ 0,5 б
2	Формулы веществ A–C и соли Q	$4 \times 0,5 = 2 \text{ б}$
3.	Уравнения реакций 1–9	$9 \times 0,5 = 4,5 \text{ б}$
	Итого	10 б.

Задача № 9-5

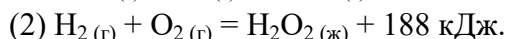
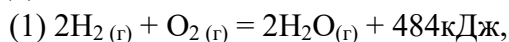
1. Пероксид водорода используется в качестве окислителя для ракетного топлива.

2. На месте взрыва нашли железную канистру, пероксид водорода является неустойчивым соединением. При воздействии катализаторов она разлагается с образованием воды и кислорода, который может вспыхнуть.

Уравнение реакции: $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{Q}$

Железо является переходным металлом, поэтому является хорошим катализатором разложения пероксида водорода. Взрыв произошел в момент, когда переливали жидкость из пластиковой канистры в железную.

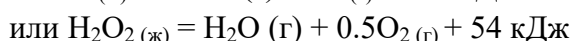
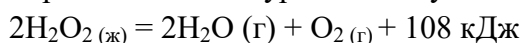
3. Для составления термохимического уравнения реакции воспользуемся уравнениями (1) и (2)



Составим уравнение (3): $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{ж}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$

Для того, чтобы получить уравнение (3), уравнение (2) умножить на коэффициент (-2), и сложить с уравнением (1). Тепловой эффект будет следующим: $Q = 484 - 2 \cdot 188 = 108 \text{ кДж}$.

Термохимическое уравнение будет иметь следующий вид:



4. Для расчета температуры взрыва и взрывной волны нужно определить, сколько энергии выделилось в результате реакции.

В результате разложения 2 моль H_2O_2 выделяется 108 кДж энергии.

В данном случае, при массе 10 кг перекиси: $n_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{10000}{34} = 294,12 \text{ моль}$

Тепловой эффект реакции составил: $Q_p = \frac{294,12 \cdot 108}{2} = 15882 \text{ кДж}$

Для расчета температуры воспользуемся формулой:

$$Q = c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot m \cdot (t_2 - t_1) \rightarrow \Delta t = \frac{Q_p}{c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot m}$$

$$\rightarrow \Delta t = \frac{15887 \cdot 1000}{4,184 \cdot 10000} = 379,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Учитывая, что начальная температура была 25°C , тогда во время взрыва температура достигала: $T = 25 + 379,6 = 404,6^\circ\text{C}$.

Для расчета взрывной волны воспользуемся уравнением состояния идеального газа.

$$pV = \nu RT \rightarrow V = \frac{\nu RT}{p},$$

где $p = 760 \text{ мм.рт.ст} = 101325 \text{ Па}$

$R = 8,314 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$

$T = 404,6 + 273 = 677,6 \text{ К}$

$\nu = 294,12 \cdot 3/2 = 441,18 \text{ моль}$ (по уравнению реакции образуется 3 моль газов из 2 моль пероксида водорода).

$$V = \frac{441,18 \cdot 8,314 \cdot 677,6}{101325} = 24,53 \text{ м}^3$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Применение пероксида водорода	1 б
2	Причина взрыва пероксида водорода	2 б
3.	Термохимическое уравнение разложения пероксида водорода	2 б
4.	Расчет температуры взрыва	3 б
5.	Расчет объема взрывной волны	2 б
	Итого	10 баллов