

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура

2.1.1. Задания 7-8 класса

Задача №8-1

1. Рассчитаем массу аммиака, содержащуюся в 25 г раствора при -20°C :

$$m(\text{NH}_3) = 25 \cdot 0.615 = 9.52 \text{ г.}$$

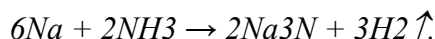
2. Массовая доля аммиака в насыщенном растворе при 20°C равна 32.5%.

Пусть при нагревании раствора до температуры 20°C выделилось x г аммиака. С учётом этого составим выражение, для массовой доли аммиака в конечном растворе при 20°C :

$$(9.52 - x)/(25 - x) = 0.325.$$

Отсюда, масса выделившегося NH_3 равна 2.067 г, что соответствует 0.122 моль.

3. Взаимодействие аммиака с избытком натрия протекает по уравнению с образованием нитрида натрия (Na_3N):



Из уравнения реакции следует, что $n(\text{Na}_3\text{N}) = n(\text{NH}_3) = 0.122$ моль, значит $m(\text{Na}_3\text{N}) = 0.122 \cdot 83 = 10.13$ г.

4. Пусть плотность растворов равна плотности воды, тогда 1 г раствора соответствует 1 мл раствора. Молярная концентрация (моль/л) рассчитывается по формуле:

$$C_m = n(\text{NH}_3)/V(p-p);$$

при -20°C молярная концентрация (моль/л) аммиака в растворе равна:

$$C_m(-20^{\circ}\text{C}) = 0.615/(17 \cdot 0.001) = 36.18 \text{ моль/л};$$

при 20°C молярная концентрация (моль/л) аммиака в растворе равна:

$$C_m(20^{\circ}\text{C}) = 0.325/(17 \cdot 0.001) = 19.12 \text{ моль/л.}$$

Ответ: $n(\text{NH}_3) = 0.122$ моль; $m(\text{Na}_3\text{N}) = 10.13$ г; $C_m(-20^{\circ}\text{C}) = 36.18$ моль/л; $C_m(20^{\circ}\text{C}) = 19.12$ моль/л.

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Расчёт количества выделившегося NH_3	2б.
2.	Установление нитрида натрия	2 б.
3.	Уравнение реакции	2 б.
4.	Определение массы нитрида натрия	2 б.
5.	Расчёт молярной концентрации аммиака в растворах	$1 \times 2 = 2$ б.
	Итого	10 баллов

Задача №8-2

1. Определим формулу оксида **A** и металл **M**. Пусть формула оксида M_xO_y . Массовая доля кислорода равна $100 - 85.276 = 14.724\%$. Составим выражение для атомного фактора:

$$x : y = \frac{\omega(\text{M})}{A(\text{M})} : \frac{\omega(\text{O})}{A(\text{O})} = \frac{85.276}{A(\text{M})} : \frac{14.724}{16}.$$

Отсюда имеем: $A(\text{M}) = (85.276 \cdot y \cdot 16)/(14.724 \cdot x) = 92.667 \cdot y/x$. Результаты расчётов при различных x и y приведены в таблице:

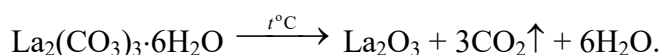
Оксид M_xO_y	x	y	$A(M)$	M
M_2O	2	1	46.3	нет
MO	1	1	92.7	нет
M_2O_3	2	3	139.0	La
MO_2	1	2	185.3	нет
M_2O_5	2	5	231.7	нет
MO_3	1	3	278.0	нет

Таким образом, оксид **A** – La_2O_3 , а металл **M** – лантан (La).

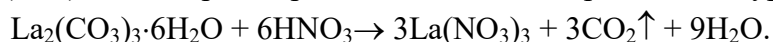
2. Состав кристаллогидрата карбоната лантана $La_xC_yO_zH_k$ или $La_2(CO_3)_3 \cdot nH_2O$. Составим выражение для атомного фактора ($\omega(H)=100-49.12-42.40-6.36=2.12\%$):

$$x:y:z:k = \frac{\omega(La)}{139} : \frac{\omega(C)}{12} : \frac{\omega(O)}{16} : \frac{\omega(H)}{1} = \frac{85.276}{A(M)} : \frac{14.724}{16} = 0.3534:0.53:2.65:2.12 = 1:1.5:7.5:6 = 2:3:15:12.$$

Таким образом, состав кристаллогидрата $ALa_2(CO_3)_3 \cdot 6H_2O$. Реакция термического разложения $La_2(CO_3)_3 \cdot 6H_2O$ описывается уравнением:



2. Растворение $La_2(CO_3)_3 \cdot 6H_2O$ в растворе азотной кислоты протекает по уравнению:



Следовательно, вещество **B** – нитрат лантана (III) ($La(NO_3)_3$).

3. Определим молярную концентрацию $La(NO_3)_3$ в полученном растворе. Из уравнения реакции следует, что $n(La(NO_3)_3)=3n(La_2(CO_3)_3 \cdot 6H_2O)=3 \cdot 5.66/566=0.03$ моль. Таким образом,

$$C_M = n(La(NO_3)_3)/V(p-p) = 0.03/0.5 = 0.06 \text{ моль/л.}$$

Ответ: **M** – La; **A** – $La_2(CO_3)_3 \cdot 6H_2O$; **B** – $La(NO_3)_3$; $C_M(La(NO_3)_3)=0.06$ моль/л.

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Металл M	2 б.
2.	Состав кристаллогидрата	2 б.
3.	Соль B	2 б.
4.	Уравнения реакций	$1 \times 2 = 2$ б.
5.	Расчёт молярной концентрации	2 б.
	Итого	10 баллов

Задача №8-3

. Определить элемент **X** можно разными способами. Один из них – с помощью вещества **З**. Соединение **З** – бинарное и газ. По содержанию элемента **X** логично предположить, что второй элемент значительно более лёгкий, при этом его массовая доля равна всего 8.82%. Допустим, что этим вторым элементом является водород, тогда состав вещества **З** можем записать как XH_n . Отсюда молекулярная масса **З** равна:

$$M(Z) = A(H) \cdot n \cdot 100\% / \omega(H) = 1 \cdot n \cdot 100\% / 8.82 = 11.34 \cdot n.$$

при $n=1$ получаем $M(Z)=11.34$ г/моль, $A(X)=10.34$ г/моль – не подходит;

при $n=2$ получаем $M(Z)=22.68$ г/моль, $A(X)=20.68$ г/моль – не подходит;

при $n=3$ получаем $M(Z)=34.01$ г/моль, $A(X)=31$ г/моль – соответствует фосфору (P).

Таким образом, элемент **X** – P (фосфор), вещество **З** – PH₃ (фосфин).

2. Состав клатрата **И** можно определить с помощью системы уравнений:

$$\begin{aligned}34 \cdot x + 18 \cdot y &= 1100, \\75.27 &= (18 \cdot y) \cdot 100\% / 1100, \\y &= 46, x = 8.\end{aligned}$$

Следовательно, состав клатрата **И** – 8PH₃·46H₂O.

3. Исходя из условия задачи, молекулярная масса вещества **В** равна:

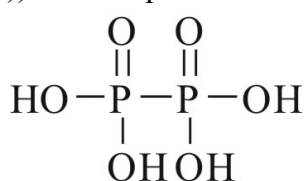
$$30.10 = (2 \cdot 31 \cdot 100\%) / M(\mathbf{B}), M(\mathbf{B}) = 206 \text{ г/моль.}$$

В состав **В** можно записать следующим образом: Na_xP₂O_yH_z. На фрагмент Na_xO_yH_z приходится 144 г/моль, тогда при x=1 масса O_yH_z равна 144-23=121 г/моль, ни одна комбинация целых чисел y и z не подходит;

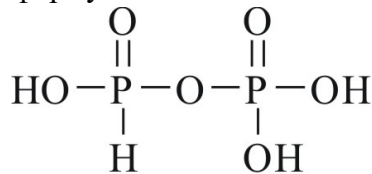
при x=2 масса O_yH_z равна 144-46=98 г/моль, при y=6 значение z=2 – подходит.

Следовательно, состав вещества **В** – Na₂H₂P₂O₆.

4. При небольшом нагревании вещества **А** происходит потеря массы, равная 108 г/моль. Вероятно, молекула **А** теряет воду, что соответствует 6 молекулам воды (108/18). Отсюда возможный состав **А** – Na₂H₂P₂O₆·6H₂O, что подтверждается массовой долей фосфора ω_P=19.75%. Следовательно кислота **К** имеет состав H₄P₂O₆, а указание на то, что она четырёхосновная позволяет установить, что это *фосфорноватая* кислота, которая со временем изомеризуется в трёхосновную *фосфористوفосфорную* кислоту **Л** (H₃(PHO₂)(PO₄)). Ниже приведены структурные формулы этих кислот:



фосфорноватая кислота



фосфористوفосфорная кислота

5. По массовой доле и числу атомов фосфора (элемент **X**) в составе соединений **Б**, **Г**, **Д**, **Е** и **Ж** устанавливаем их состав. Рассмотрим на примере веществ **Б** и **Ж**.

$M(\mathbf{Б}) = A(\text{P}) \cdot n(\text{P}) \cdot 100\% / \omega(\text{P}) = 31 \cdot 1 \cdot 100 / 30.39 = 102 \text{ г/моль}$; т.к. в состав **Б** входит один атом фосфора то, на «остаток» (состав остатка очевиден по условию Na_xO_yH_z) приходится 71 г/моль. Если принять, что x=1 (один атом Na), то на долю O_yH_z приходится 48 г/моль, что соответствует 3 атомам кислорода. Значит состав **Б** – NaPO₃ (метафосфат натрия).

$M(\mathbf{Ж}) = A(\text{P}) \cdot n(\text{P}) \cdot 100\% / \omega(\text{P}) = 31 \cdot 2 \cdot 100 / 32.63 = 190 \text{ г/моль}$; т.к. в состав **Ж** входит два атома фосфора то, на «остаток» (состав остатка очевиден по условию Na_xO_yH_z) приходится 128 г/моль.

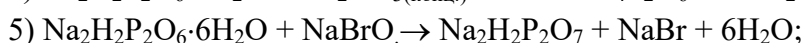
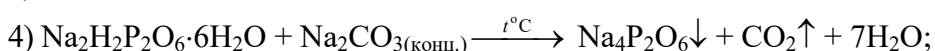
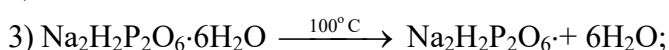
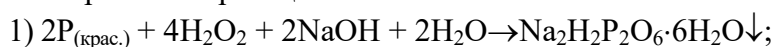
при x=1 масса O_yH_z равна 128-23=105 г/моль, ни одна комбинация целых чисел y и z не подходит;

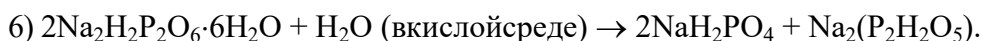
при x=2 масса O_yH_z равна 128-46=82 г/моль, при y=5 значение z=2 – подходит.

Следовательно, состав вещества **Ж** – Na₂H₂P₂O₅ или Na₂(P₂H₂O₅).

Аналогично может быть рассчитан состав веществ **Г**, **Д** и **Е**.

6. Уравнения реакций:





Ответ: **Х** – $\text{P}_{(\text{красн.})}$; **А** – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; **Б** – NaPO_3 ; **В** – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6$; **Г** – $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_6$; **Д** – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$; **Е** – NaH_2PO_4 ; **Ж** – $\text{Na}_2(\text{P}_2\text{H}_2\text{O}_5)$; **З** – PH_3 ; **И** – $8\text{PH}_3 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$; **К** – $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$; **Л** – $\text{H}_3(\text{PHO}_2)(\text{PO}_4)$.

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение элемента Х	0.5 б.
2.	Соединения А-Л (кроме И)	$0.5 \times 10 = \mathbf{5 \text{ б.}}$
3.	Соединение И	1б.
4.	Структурные формулы К и Л	$0.25 \times 2 = \mathbf{0.5 \text{ б.}}$
5.	Уравнения <i>реакций 1-6</i>	$0.5 \times 6 = \mathbf{3 \text{ б.}}$
	Итого	10 баллов

Задача №8-4

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Каждое ошибочное утверждение 1, 4, 5, 7, 10, 12, 16, 18, 21, 24.	1 б.
2.	Если верное утверждение отмечено как ошибочное – снимается 0.5 балла.	
	Итого	10 баллов

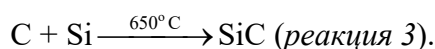
Задача № 8-5

1. Состав *желтой кровяной соли* – известного аналитического реагента на ионы железа (III), следующий $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. При температуре 650°C это вещество разлагается:

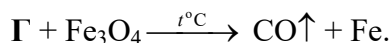


2. Газ **А**, имеющий плотность по водороду 14 это азот N_2 ($M(\text{А})=M(\text{H}_2) \cdot 14$).

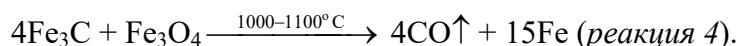
3. *Карборунд* (вещество **Ж**) это карбид кремния SiC . То, что вещество **В** – простое вещество, следует из условия (**Ж** – бинарное, а **Е** – простое вещества). Элементы «соседи», удовлетворяющие условию – углерод (**В**) и кремний (**Е**). Реакция сплавления при $1200\text{--}1300^\circ\text{C}$ записывается:



4. Состав газа **З** нетрудно установить по молекулярной массе, равной 28 г/моль ($(M(\text{З})=M(\text{H}_2) \cdot 14)$). Речь идёт об *угарном газе* (оксид углерода (II)) CO . Железная окалина – двойной оксид железа (II) и (III). Исходя из этого, а также сведений из условия задачи схематично запишем уравнение *реакции 4*:



Вещество **Г** – бинарное (по условию), из уравнения реакции следует, что в его состав входит железо и углерод (Fe_nC_m). Количество выделившегося CO равно $8.96/22.4=0.4$ моль, следовательно масса углерода в **Г** равна $0.4 \cdot 12=4.8$ г. Отсюда масса железа в **Г** равна $72 - 4.8 = 67.2$, что соответствует 1.2 моль Fe . Отношение $n:m$ в Fe_nC_m составляет $1.2 : 0.4 = 3 : 1$. Отсюда состав **Г** – Fe_3C – *цементит* или *белый чугун*. Таким образом, уравнение *реакции 4* имеет вид:



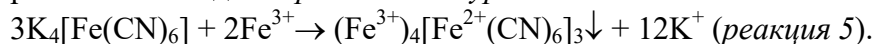
5. Согласно п.п.2-4 в состав *желтой кровяной соли* входят следующие (четыре по условию) элементы: К, Fe, С и N. Условию задачи удовлетворяет цианид калия – KCN (вещество **Б**). Взаимодействие сульфида золота (III) с концентрированным раствором цианида калия (*реакция 2*) записывается как:



Состав соли **Д** рассчитывается из её молекулярной массы:

$n(\text{Au}_2\text{S}_3) = 98/490 = 0.2 \cdot \text{моль}$, $n(\text{Au}) = 0.4 \cdot \text{моль}$, $M(\text{Д}) = 136/0.4m$ (m – число Au в **Д**);
при $m=1$ $M(\text{Д}) = 136/0.4=340$ г/моль. Разница $340 - 197 = 143$ г/моль, что соответствует массе фрагмента $\text{K}(\text{CN})_4$, следовательно состав **Д** - $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_4]$.

6. Аналитическое применение $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – обнаружение ионов железа (III) с образованием ярко-синего осадка *берлинской лазури*:



Ответ: *желтая кровяная соль* – $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, **А** – N_2 ; **Б** – KCN; **В** – C; **Г** - Fe_3C ; **Д** – $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_4]$; **Е** – Si; **Ж** - SiC; **З** - CO.

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение А и З	$0.25 \times 2 = \mathbf{0.5}$ б.
2.	Определение Б - Е	$0.75 \times 6 = \mathbf{4.5}$ б.
3.	Определение состава <i>желтой кровяной соли</i>	$\mathbf{0.5}$ б.
4.	Уравнения реакций 1, 2, 5	$1 \times 3 = \mathbf{3}$ б.
5.	Уравнения реакций 3, 4	$0.75 \times 2 = \mathbf{1.5}$ б.
	Итого	10 баллов