

Второй (муниципальный) этап

11 класс

Решения

№ п/п	1	2	3	4	Всего
Количество баллов	31	21	18	13	83

Задача 1.

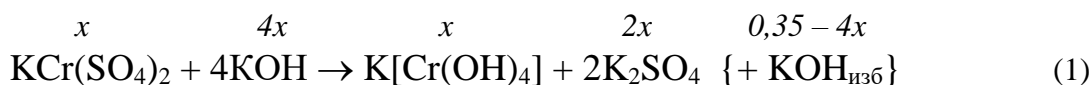
Решение:

I. Взаимодействие $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ с KOH .

$$n(KOH) = \frac{\omega \cdot \rho \cdot V}{M} = \frac{0,25 \cdot 1,235 \cdot 63,48}{56} = 0,35 \text{ моль.}$$

Растворение кристаллогидрата в щелочи свидетельствует о том, что образовался гидроксокомплекс хрома и щелочь была в избытке.

Обозначим x – количество вещества кристаллогидрата, моль.



Таким образом, состав раствора после взаимодействия с KOH :

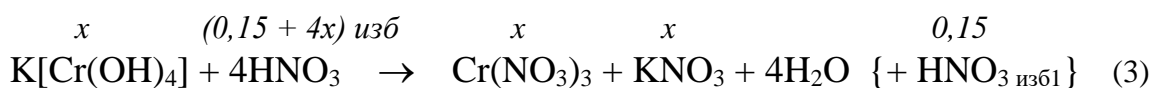
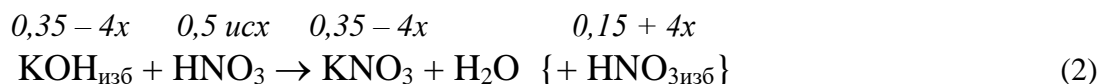
$K[Cr(OH)_4]$ – x моль; K_2SO_4 – $2x$ моль; KOH – $(0,35 - 4x)$ моль

II. Взаимодействие полученного раствора с раствором азотной кислоты.

$$V_{p-ра}(HNO_3) = \frac{m_{p-ра}}{\rho} = \frac{242,3}{1,066} = 227,298 = 227,3 \text{ мл}$$

$$n(HNO_3) = C \cdot V = 2,2 \cdot 0,2273 = 0,5 \text{ моль}$$

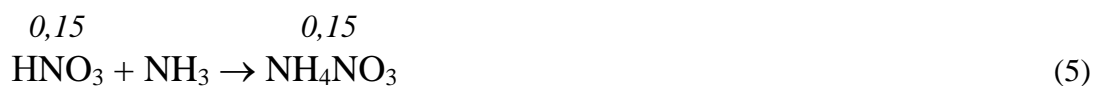
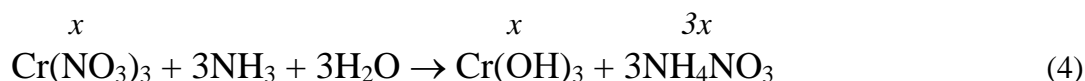
Азотная кислота в избытке по отношению к щелочи. Скорость реакции нейтрализации существенно выше, чем скорость взаимодействия комплексного соединения с азотной кислотой. Тогда имеем следующие реакции:



Таким образом, состав раствора после взаимодействия с HNO_3 :

K_2SO_4 – $2x$ моль; KNO_3 – $(0,35 - 3x)$ моль; $Cr(NO_3)_3$ – x моль; HNO_3 – $0,15$ моль. Причем KNO_3 из реакций (2) и (3).

III. Обработка полученного раствора аммиаком до насыщения. Взаимодействовать будут $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ и HNO_3 :

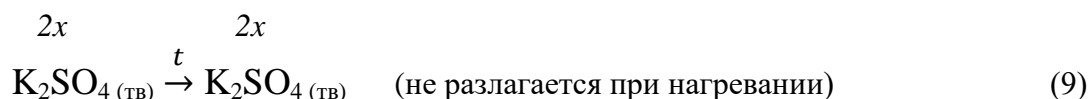


Таким образом, состав раствора после обработки аммиаком:

$\text{K}_2\text{SO}_4 - 2x$ моль; $\text{KNO}_3 - (0,35 - 3x)$ моль; $\text{Cr}(\text{OH})_3 - x$ моль; $\text{NH}_4\text{NO}_3 - 0,15$ моль.

Именно эту смесь веществ выпарили.

IV. Прокаливание смеси. Уравнения реакций:



Таким образом, состав сухого остатка после прокаливания:

$\text{KNO}_2 - (0,35 - 3x)$ моль; $\text{Cr}_2\text{O}_3 - 0,5x$ моль; $\text{K}_2\text{SO}_4 - 2x$ моль.

$$m(\text{сух. ост.}) = m(\text{KNO}_2) + m(\text{Cr}_2\text{O}_3) + m(\text{K}_2\text{SO}_4)$$

$$33,975 = (0,35 - 3x) \cdot 85 + 0,5x \cdot 152 + 2x \cdot 174$$

$x = 0,025$ моль – это количество вещества кристаллогидрата.

V. Расчет массы кристаллогидрата

Таким образом $n(\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 0,025$ моль

$$m(\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = 0,025 \cdot 499 = 12,475 \text{ г.}$$

VI. Расчет массы раствора перед пропусканием в него аммиака:

$$m_{\text{р-ра}} = m_{\text{к/г}} + m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) + m_{\text{р-ра}}(\text{HNO}_3) = 12,475 + 63,48 \cdot 1,235 + 242,3 = 333,1728 = 333,2 \text{ г}$$

VII. Расчет массовых долей веществ в растворе перед пропусканием в него аммиака:

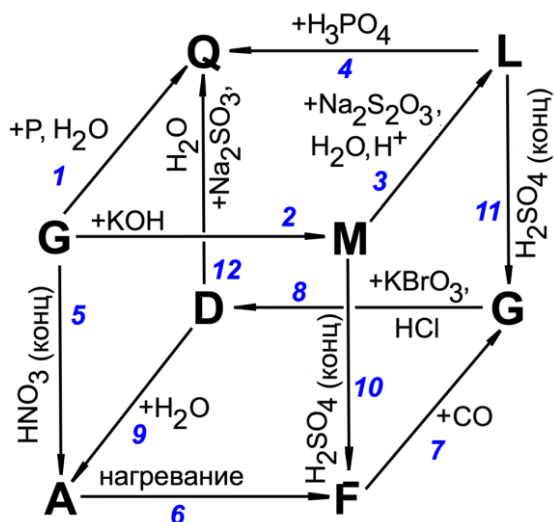
Состав раствора	n, моль	n, моль при $x = 0,025$ моль	$m_{\text{в-ва}} = n \cdot M$, г	ω , % $\omega = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100\% = \frac{m_{\text{в-ва}}}{333,2} \cdot 100\%$
K_2SO_4	$2x$	0,05	$0,05 \cdot 174 = 8,7$	2,61
$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$	x	0,025	$0,025 \cdot 238 = 5,95$	1,79
KNO_3	$0,35 - 3x$	0,275	$0,275 \cdot 101 = 27,775$	8,34
HNO_3	$0,15$	0,15	$0,15 \cdot 63 = 9,45$	2,84

Система оценивания:

1) Определены количества вещества гидроксида калия и азотной кислоты – по 0,5 балла	1 балл
2) Отмечено, что кислота в избытке и в правильной последовательности записаны уравнения реакций с азотной кислотой (реакции (2) и (3))	1 балл
3) Запись уравнений реакций (8 уравнений по 1 баллу) Примечание: в уравнениях (1), (2) и (3) вещества, находящиеся в избытке, можно не записывать. Запись (9) может быть представлена в тексте решения словами, а не в виде процесса	9 баллов
4) По уравнениям реакций (1) – (6), (8) – (9) правильно определены количественные соотношения веществ	8 баллов
5) Определено количество вещества кристаллогидрата	5 баллов
6) Правильно определен вещественный состав раствора до пропускания аммиака	4 балла
7) Определена масса кристаллогидрата	0,5 балла
8) Определена масса раствора	0,5 балла
9) Определены массовые доли веществ в растворе (4 вещества по 0,5 балла)	2 балла
ИТОГО:	31 балл

Задача 2.

Решение:



1. Формулы веществ: **A** – HIO₃, **D** – ICl₃, **G** – I₂, **F** – I₂O₅, **Q** – HI, **L** – KI, **M** – KIO₃.

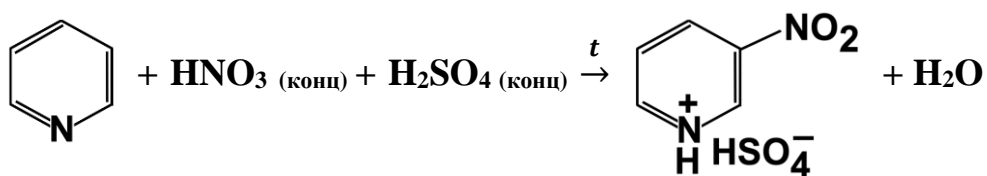
2. Уравнения химических реакций:

- 1) $5I_2 + 2P + 8H_2O \rightarrow 10HI + 2H_3PO_4$
- 2) $3I_2 + 6KOH_{(горяч.)} \rightarrow KIO_3 + 5KI + 3H_2O$
- 3) $4KIO_3 + 3Na_2S_2O_3 + 3H_2O \rightarrow 4KI + 3Na_2SO_4 + 3H_2SO_4$
- 4) $KI + H_3PO_4 \rightarrow HI + KH_2PO_4$
- 5) $I_2 + 10HNO_3_{(конц.)} \rightarrow 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$
- 6) $2HIO_3 \rightarrow I_2O_5 + H_2O$
- 7) $I_2O_5 + 5CO \rightarrow I_2 + 5CO_2$
- 8) $I_2 + KBrO_3 + 6HCl \rightarrow 2ICl_3 + KBr + 3H_2O$
- 9) $5ICl_3 + 9H_2O \rightarrow 3HIO_3 + I_2 + 15HCl$
- 10) $2KIO_3 + 2H_2SO_4_{(конц.)} \rightarrow I_2O_5 + 2KHSO_4 + H_2O$
- 11) $8KI + 9H_2SO_4_{(конц.)} \rightarrow 4I_2 + H_2S + 8KHSO_4 + 4H_2O$
- 12) $ICl_3 + 2Na_2SO_3 + 2H_2O \rightarrow HI + 2Na_2SO_4 + 3HCl$

3. Элементный состав вещества F можно определить по реакции (5) взаимодействия йода с концентрированной азотной кислотой, в результате которой образуется йодноватая кислота. В дальнейшем превращении эту кислоту нагревают, происходит дегидратация с образованием кислотного оксида. Поэтому вещество F состоит из атомов двух элементов: йода и кислорода. Расчет формулы химического соединения:

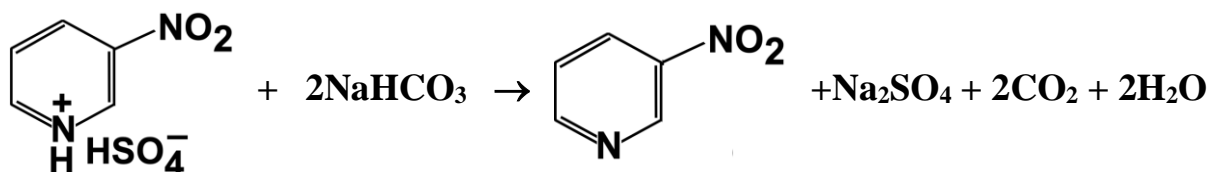
$$\omega(I) = 76,03 \% ; \quad \omega(O) = 23,97 \%$$

3.



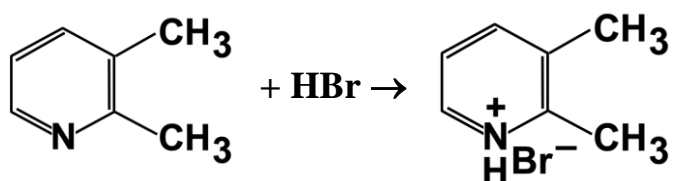
гидросульфат 3-нитропиридиния

4.



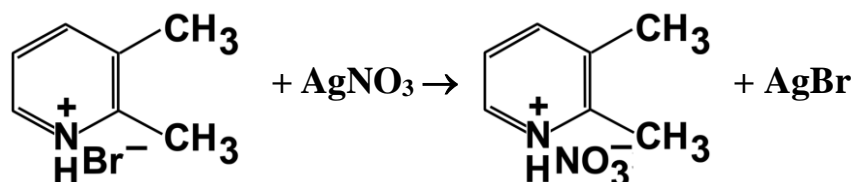
3-нитропиридин

5.



бромид 2,3-диметилпиридиния

6.



нитрат 2,3-диметилпиридиния

Система оценивания:

1. Составлены уравнения химических реакций с обязательным использованием структурных формул органических веществ (1 уравнение – 1 балл)	6 баллов
2. Указаны условия осуществления процессов: в реакциях 1–3 нагревание (температура); в реакциях 4–6 стандартные условия (то есть в уравнениях над стрелками не указаны никакие символы!) (1 уравнение – 1 балл)	6 баллов
3. Даны названия шести соединениям (1 соединение – 1 балл)	6 баллов
ИТОГО:	18 баллов

Задача 4.

Решение:

1. Расчет количественного содержания этана и бутана в смеси.

Пусть x моль – количество вещества этана C_2H_6 в смеси;

y моль – количество вещества бутана C_4H_{10} в смеси,

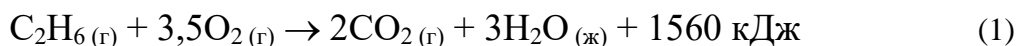
так как по условию $m(\text{смесь } C_2H_6 \text{ и } C_4H_{10}) = 5,24 \text{ г}$, а $\varphi(C_4H_{10}) = 80 \%$, можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} 30x + 58y = 5,24 \\ \frac{y}{y + x} = 0,80 \end{cases}$$

Откуда $x = 0,02$ моль (C_2H_6); $y = 0,08$ моль (C_4H_{10}).

2. Расчет количества теплоты, выделившейся при сжигании смеси.

Термохимические уравнения:



Примечание: Термохимическое уравнение – это уравнение химической реакции, в котором указаны агрегатные состояния веществ и тепловой эффект реакции. Тепловой эффект реакции может быть выражен в виде теплоты или в виде энтальпии.

По уравнению (1) с учетом $n(C_2H_6) = 0,02$ моль выделится теплоты:

$$Q_{(1)} = 0,02 \cdot 1560 = 31,2 \text{ кДж}$$

По уравнению (2) с учетом $n(C_4H_{10}) = 0,08$ моль выделится теплоты:

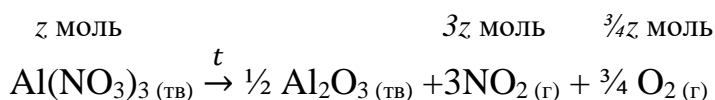
$$Q_{(2)} = 0,08 \cdot 2877 = 230,16 \text{ кДж}$$

Общее количество теплоты:

$$Q = Q_{(1)} + Q_{(2)} = 31,2 + 230,16 = 261,36 \text{ кДж}$$

3. Расчет количества вещества нитрата алюминия

Уравнение термического разложения $Al(NO_3)_3$:



По условию $m(\text{смеси газов}) = 111,934 \text{ г}$

Обозначим z моль – количество вещества $Al(NO_3)_3$

Тогда: $3z \cdot 46 + \frac{3}{4} z \cdot 32 = 111,934$. Откуда $z = 0,69$ моль

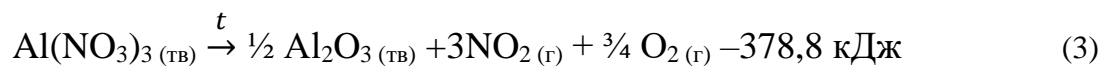
4. Расчет теплового эффекта реакции разложения 1 моль соли $Al(NO_3)_3$

Таким образом, для разложения 0,69 моль соли $Al(NO_3)_3$ потребовалось 261,36 кДж тепла.

Тогда тепловой эффект реакции разложения 1 моль $Al(NO_3)_3$ составит:

$$Q(\text{соли}) = -\frac{Q}{n(\text{соли})} = -\frac{261,36}{0,69} = -378,8 \text{ кДж}$$

Термохимическое уравнение разложения нитрата алюминия:



Система оценивания:

Рассчитано количественное содержание этана и бутана в смеси	4 балла
Определено общее количество теплоты	3 балла
Рассчитано количество вещества нитрата алюминия	2 балла
Рассчитан тепловой эффект реакции разложения 1 моль соли $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	1 балл
Записаны термохимические уравнения реакций (1) – (3) (1 уравнение – 1 балл)	3 балла
ИТОГО:	13 баллов